

Implementación del simulador digital PhET en la enseñanza de la Ley de Gay-Lussac: Secuencia didáctica a distancia en el bachillerato

Alejandro Alcaraz González, Myriam Elizabeth Cobián Aguayo

Implementation of the PhET digital simulator in teaching Gay-Lussac's Law: A distance learning sequence in high school

Resumen

Las prácticas experimentales son esenciales en la enseñanza, ya que enriquecen la teoría con experiencias directas, promoviendo un aprendizaje profundo y duradero. En la educación actual, se adoptan estrategias como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para desarrollar habilidades científicas. En la enseñanza de Temas Selectos de Química en el bachillerato, la Ley de Gay-Lussac se aborda a través de prácticas experimentales, enfrentando desafíos como limitaciones de tiempo e infraestructura. Para superar esto, se usan simuladores digitales como PhET, que permiten a los estudiantes experimentar fenómenos químicos en tiempo real. Una secuencia didáctica a distancia implementada en un bachillerato general presencial en 2023, utilizando PhET, demostró la eficacia de estas herramientas digitales en la enseñanza. Los estudiantes trabajaron en equipo y reconocieron la Ley de Gay-Lussac mediante simulaciones en un problema específico, lo que resultó en una mejora en su rendimiento académico. La metodología no solo facilitó la comprensión teórica, sino que también desempeñó habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico, demostrando que las herramientas digitales pueden complementar eficazmente la enseñanza.

Palabras clave: temas selectos de química 1; bachillerato; secuencia didáctica a distancia; ley de Gay-Lussac; simulador

Abstract

Experimental practices are essential in teaching, since they enrich theory with direct experiences, promoting deep and lasting learning. In current education, strategies such as Problem-Based Learning (PBL) are adopted to develop scientific skills. In teaching Selected Topics in High School Chemistry, Gay-Lussac's Law is addressed through experimental practices, facing challenges such as time and infrastructure limitations. To overcome this, digital simulators such as PhET are used, which allow students to experience chemical phenomena in real time. A distance teaching sequence implemented in a face-to-face general high school in 2023, using PhET, demonstrated the effectiveness of these digital tools in teaching. Students worked as a team and recognized Gay-Lussac's Law through simulations on a specific problem, which resulted in an improvement in their academic performance. The methodology not only facilitated theoretical understanding, but also developed problem-solving and critical thinking skills, demonstrating that digital tools can effectively complement teaching.

Keywords: selected chemistry 1 topics; high school; distance learning sequence; Gay-Lussac law; simulator

Introducción y contextualización

Las prácticas experimentales son fundamentales en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que proporcionan experiencias directas que enriquecen y complementan la teoría académica. Según Castillo et al. (2013), al involucrar a los estudiantes en la observación de fenómenos y en la manipulación de variables, se facilita una comprensión profunda de los conceptos científicos. Este tipo de interacción permite un aprendizaje significativo y duradero, esencial para la resolución de problemas.

En la educación contemporánea, los programas de estudio han sido reestructurados para centrar a los estudiantes como protagonistas de su aprendizaje. Esto ha dado lugar a la adopción de metodologías como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, reflexivo y creativo (Julca-Asto y Duran-Llano, 2022; Hernández et al., 2024). El ABP se apoya en el entrenamiento cognitivo para la resolución de problemas y en un diseño curricular adaptado a la realidad del estudiante (Morales y Landa, 2004; Santillán Campos, 2006).

En el área de química del bachillerato general, las prácticas experimentales son esenciales, aunque la enseñanza presencial enfrenta desafíos como la falta de tiempo y recursos (Espinoza-Ríos et al., 2016). Para mitigar estas limitaciones, se han desarrollado herramientas digitales como los simuladores. La plataforma PhET, creada por la Universidad de Colorado, ha sido una de las más utilizadas para la enseñanza de fenómenos químicos, permitiendo a los estudiantes experimentar con simulaciones interactivas (Carrión-Paredes et al., 2020). Aunque los simuladores no replican completamente las condiciones reales, su efectividad radica en que promueven la resolución de problemas y la aplicación de habilidades científicas en contextos similares a los del mundo real (Delgado Pérez et al., 2021; Cobián Aguayo y Alcaraz González, 2024).

Un reto en la enseñanza experimental es la formulación de secuencias didácticas que no se limiten a demostraciones, sino que favorezcan el desarrollo de habilidades y una comprensión profunda de los fenómenos (Salinas V. y Pérez J., 2023). En este sentido, es fundamental integrar experiencias que combinen conocimientos teóricos y prácticos para abordar problemas significativos.

Dentro de este contexto, la Secretaría de Educación Pública (SEP) incluyó la asignatura "Temas Selectos de Química 1" (TSQ1) en el plan de estudios del bachillerato general, específicamente en el quinto semestre. Este curso tiene como objetivo que los estudiantes identifiquen y comprendan las características de los gases y sus leyes, aplicando estos conocimientos en contextos cotidianos e industriales (SEP, 2013). En particular, el bloque 1 de la asignatura se enfoca en los gases ideales y sus leyes, destacando la ley de Gay-Lussac, que establece que la presión de un gas, a volumen constante, es proporcional a su temperatura absoluta (Martínez-Reina y Amado-González, 2016).

Este bloque no solo aborda los aspectos teóricos, sino que fomenta el trabajo colaborativo y la aplicación práctica del conocimiento. La implementación de simulaciones interactivas con el simulador PhET, por ejemplo, permite a los estudiantes relacionar las variables de estado con las características de los gases y aplicar las leyes de los gases para la resolución de problemas (Carrión-Paredes et al., 2020). Un ejemplo concreto es el análisis de la ley de Gay-Lussac en situaciones reales,

como la relación entre la temperatura pulmonar y la presión de los gases inhalados o el aumento de presión en los neumáticos por la exposición al calor del asfalto (UNAM, Facultad de Medicina, 2019; Valencia, 2019).

Esta experiencia didáctica, basada en el uso de simulaciones digitales, tiene como objetivo que los estudiantes de bachillerato general presencial comprendan la Ley de Gay-Lussac a través de su aplicación en un problema específico. Además, se propone su implementación en bachilleratos a distancia como una opción viable para facilitar el aprendizaje de este tema.

Descripción de la secuencia didáctica

Durante el mes de agosto del periodo 2023-1, en el bachillerato general Colegió de Ciencias y Letras de Tepic Campus Bonaterra (CCLT campus Bonaterra), localizado en Tepic, Nayarit se abordaron en TSQ1 conocimientos teóricos y ejercicios de cálculo sobre la ley de Gay-Lussac con el fin de tener un acercamiento e identificar conceptos fundamentales del tema. Más tarde, en el mes de septiembre se implementó la secuencia didáctica que fue desarrollada en dos grupos; A y B, con 28 y 30 estudiantes; que cursaban el quinto semestre en el bachillerato de químicos-biológicos y físicos-matemáticos respectivamente.

Primero, se informó a los estudiantes de que realizarían la práctica titulada "Reconocimiento de la Ley de Gay-Lussac". Para esto, se formaron siete equipos de cuatro a cinco estudiantes en cada salón, utilizando la técnica de numeración. Esta técnica consiste en asignar un número del uno al cinco a cada estudiante y luego agrupar a aquellos con el mismo número, asegurando la formación de equipos homogéneos. A continuación, se les explicó a los alumnos que utilizarían el simulador PhET: "Propiedades de los Gases" (Rouinfar et al., 2023), en el cual, una vez definido el valor para la cantidad de sustancia (partículas) y volumen (cm^3), se empieza a hacer una variación en la temperatura (K), que permitirá determinar la presión correspondiente (atm) en el recipiente (Rouinfar et al., 2024). Con los datos obtenidos y analizados, los estudiantes podrán reconocer la Ley de Gay-Lussac en un problema específico; por lo que se plantea la secuencia didáctica de la tabla 1, que es el objeto principal de este artículo. Es importante señalar que, en la primera sesión de cada semana, el docente proporcionaba las instrucciones detalladas en la Tabla 1. Los equipos de alumnos debían completar cada etapa de forma remota a lo largo de la semana y entregar sus resultados digitalmente.

Aprendizajes esperados

Relaciona las variables de estado con las características de los gases.

Aplica y analiza las leyes de los gases para la resolución de problemas.

Problema:

Comprueba mediante la simulación la veracidad de la ley de Gay-Lussac para un gas ideal que tiene 600 partículas pesadas a un volumen constante.

ETAPA	ACTIVIDAD
1) Interacción con el simulador PhET y fijar variables.	1. Se abre el simulador PhET (Rouinfar et al., 2023). 2- Se cargan las variables constantes del problema (600 partículas pesadas y volumen constante). 3. Se toma captura de pantalla de las condiciones iniciales. Nota: Se entrega un trabajo digital siguiendo el instrumento de evaluación adjunto en el apartado de Anexo 1.
2) Simulación y obtención de datos.	4. Se registra la temperatura inicial del gas (300 K) con su presión (atm) correspondiente. 5. Se realizan por lo menos cinco cambios de aumento de temperatura (K); estos aumentos deben de ser proporcionales. Y al realizarlos se anota de forma correspondiente su presión. Evitando que el recipiente se abra. 6. Se realizan capturas de pantalla a cada uno de los cambios de temperatura y su registro en Excel. Nota: Se entrega un trabajo digital siguiendo el instrumento de evaluación adjunto en el apartado de Anexo 1.
3) Construcción del gráfico	7. Se grafican los datos generados usando la herramienta grafico de dispersión con línea suavizada y marcadores de Excel; donde el en eje Y se coloca la presión y en el eje X la temperatura del gas. 8. Se agrega una línea de tendencia lineal y el valor de R cuadrada del gráfico.
4) Análisis de simulación	9. Se analizan los datos de la tabla y su gráfico con la ecuación de la ley de Gay-Lussac, y se argumenta: ¿Se cumple la ley de Gay-Lussac en este problema? Nota: Se entrega un trabajo digital con todas las etapas siguiendo el instrumento de evaluación adjunto en el apartado de Anexo 1.

Productos esperados

1. Captura de pantalla de las condiciones iniciales del problema en el simulador.
2. Obtención de datos mediante la simulación.

3. Construcción del gráfico de la Ley de Gay-Lussac

4. Análisis de datos y gráfico con la ley de Gay-Lussac, argumentado si cumple esta simulación con la ley.

Referencias

- Rouinfar A., Malley C., Barbera J. (2024). PhET Interactive Simulations. PhET: propiedades de los gases. Universidad de Colorado. <https://phet.colorado.edu/es/simulations/gas-properties>
- Damino F. (2020). Ley de Gay Lussac con simulador PhET. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=AAzv1p--fml>

Análisis de conocimientos, competencias y habilidades previas requeridas para la ejecución de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica se dividió en cuatro etapas, donde los estudiantes: 1) identificaron las partes del simulador y los datos del problema, 2) Obtuvieron y registraron la presión del gas al cambiar su temperatura mediante la simulación, 3) Construyeron el gráfico usando los datos de la simulación y señalaron el coeficiente de determinación (R cuadrada) y 4) Análisis de datos y gráfico con la ley de Gay-Lussac para dar respuesta si se cumple con el objeto de estudio.

En cada una de las etapas, se requiere la articulación de conocimientos previos de varias asignaturas entre ellos: Química 1 donde se revisan teóricamente conceptos de los estados de agregación de la materia (SEP, 2012), Física 1 en la cual se aborda la cuantificación y medición de sucesos (SEP, 2012), Tecnología de la información y comunicación 1 (TICS 1) se desempeña la destreza con el procesador tanto de texto y de información, y presentación electrónica (SEP, 2018) y Matemáticas 1 la cual aborda cálculos básicos y funciones (SEP, 2017). De igual forma se debe tener precedente en la asignatura de TSQ1 en particular con el tema de Gay-Lussac (SEP 2013; Martínez-Reina y Amado-González, 2016) que es el tema del presente trabajo.

Análisis de los productos obtenidos con la secuencia didáctica

La secuencia didáctica fue desarrollada en el semestre 2023-1 en el mes de septiembre, con dos grupos de estudiantes (A y B). Los cuales propusieron que al gas confinado (600 partículas pesadas) se le aumentará 50 K en cada cambio de temperatura para conocer su presión (atm) correspondiente (Tabla 2), esto mediante las indicaciones que se presentan en la secuencia didáctica y fuentes de apoyo.

Temperatura (K)	Presión (atm)
300	69.8
350	81.5
400	93.3
450	105.2
500	116.6
550	128.5

Tabla 2. Datos de temperatura y presión del gas simulador

La recta que representa el comportamiento de los datos obtenidos por la simulación se llama isovolumétrica o isocora y tiene el valor de $y=0.2347x-0.5914$, que presenta un coeficiente de correlación de 1 (Figura 1), que en términos generales es lo ideal, esto debido a que se utilizó un simulador controlado. Asimismo, el valor de la pendiente corresponde a la constante de proporcionalidad de la ley de Gay Lussac en cada lectura; $K = P/T$. De acuerdo con los resultados planteados, se reconoce en los trabajos de los estudiantes que el problema cumple o sigue con la ley de Gay-Lussac.

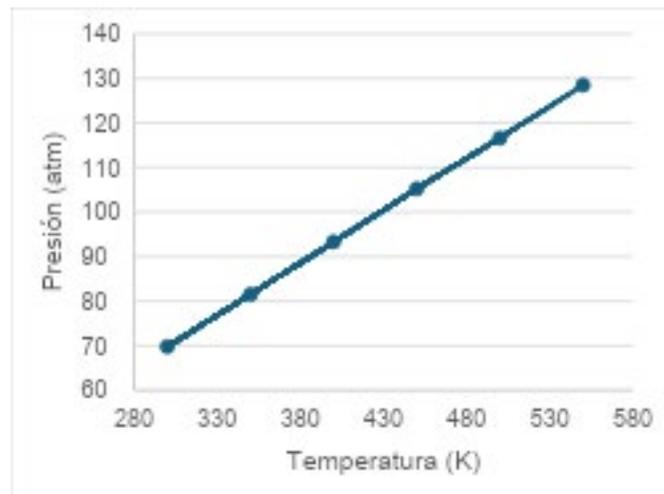


Figura 1. Gráfico de ley de Gay-Lussac usando los datos de simulación

Uno de los productos desarrollados en la Tabla 1 por los estudiantes mediante la secuencia didáctica se encuentra disponible en el material de apoyo titulado “Anexo 4_Etapa 4”. Estos fueron valorados por el docente a cargo de la asignatura utilizando el instrumento de evaluación que se encuentran en el material de apoyo nombrado Anexo 1.

Es importante destacar que, en todos los trabajos de los alumnos, se reconoce en la conclusión dos aspectos clave: 1) la identificación de la ley de Gay-Lussac a un problema específico mediante el uso del simulador, y 2) el reconocimiento del simulador como una herramienta motivadora que facilita el aprendizaje.

Desde la perspectiva docente, se observó un aumento en las calificaciones de los estudiantes entre la primera y la segunda evaluación mensual. En la primera evaluación, que incluyó teoría y ejercicios prácticos, el promedio de calificaciones fue de 7.0 ± 0.2 en el grupo A y 7.5 ± 0.6 en el grupo B. Sin embargo, en la segunda evaluación, que integró esta secuencia didáctica, los promedios aumentaron a 8.6 ± 0.4 en el grupo A y 9.5 ± 0.3 en el grupo B. Este incremento en las calificaciones puede atribuirse a que, como señalaron los estudiantes en sus trabajos, la práctica fue motivadora y desafiante. Además, López Guerrero et al. (2018) destacan en su investigación que el uso de nuevas metodologías basadas en TICs es más efectivo que la enseñanza convencional, lo que podría explicar la mejora en las calificaciones de los estudiantes.

Aprendizajes adquiridos con la implementación de la secuencia didáctica

Los aprendizajes establecidos en la secuencia didáctica se cumplieron, debido a que esta no solo incluía actividades teóricas sino también de problemas prácticos específicos que motiva y está dentro del alcance de los estudiantes, todo esto mediante la simulación virtual, lo cual provoca alcanzar un nivel cognitivo más elevado, ya que los estudiantes no solo requieren de comprender los fundamentos teóricos de la ley de Gay-Lussac, sino también el desarrollo del pensamiento crítico el cual involucra un análisis del problema, con el fin de darle solución haciendo uso de sus recursos mediante el apoyo docente (Carrión-Paredes et al., 2020; Delgado Pérez et al., 2021).

Al trabajar con la secuencia didáctica se observó por parte del docente mediante la observación que los estudiantes desarrollaron puntos del diseño curricular entre los que señala Santillán Campos (2016): toman la responsabilidad de aprender y crear alianzas entre alumnos y profesor (aprendizaje multidireccional); son vistos como sujetos que pueden aprender por cuenta propia; trabajan en equipos para resolver problemas relacionándose entre sí y con los docentes; localizan recursos; participan activamente en la resolución del problema; identifican necesidades de aprendizaje, investigan, aprenden, aplican y resuelven problemas; evalúan su propio proceso, así como los demás miembros del equipo y de todo el grupo.

Conclusiones

La implementación de una secuencia didáctica a distancia centrada en la Ley de Gay-Lussac mediante el uso del simulador PhET ha demostrado ser una estrategia eficaz para la enseñanza en la asignatura de TSQ 1 en el Bachillerato General Presencial del CCLT campus Bonaterra. A pesar de las limitaciones de tiempo y recursos en las instituciones educativas, las simulaciones interactivas han permitido a los estudiantes visualizar y experimentar fenómenos químicos en tiempo real, complementando la teoría con experiencias prácticas. Este ABP utilizó una metodología que no solo ha facilitado la comprensión teórica, sino que también ha desempeñado el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Todos los estudiantes lograron reconocer la ley de Gay-Lussac en el problema especificado y se identificó de forma visual una mejora en su rendimiento académico, por sus evaluaciones mensuales. La utilización de herramientas digitales como PhET ha permitido una adaptación efectiva a los retos de la enseñanza, proporcionando una experiencia educativa enriquecedora que fomenta la autonomía, la colaboración y el aprendizaje. Además, esta herramienta es versátil y puede emplearse tanto en bachilleratos presenciales como en modalidades a distancia.

Fuente bibliográfica

- Carrión-Paredes, F. A., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., y Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *Cienciamatría*, 6(3), 193-216. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Castillo A., Ramírez M. y González M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Revista Omnia*. 19(2), 11-24. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73728678002.pdf>
- Cobián Aguayo M. E., y Alcaraz González A. (2024). Implementación de BioInteractive como herramienta educativa a distancia para destacar la importancia del cambio global en la asignatura de Ecología. *Revista Mexicana De Bachillerato a Distancia*, 16(32). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.20074751e.2024.32.89552>
- Delgado Pérez N., Kiausowa M. y Escobar Hernández, A. (2021). Simulador virtual PhET para aprender Química en época de COVID-19. *Revista Dilema contemporáneos: educación, política y valores*. 8 (3). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2641>
- Espinoza-Ríos E., González-López K. y Hernández-Ramírez L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Revista Entramado*. 12(1). 266-281. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>
- Hernández Valdepeña, M. A., Sandoval Guillén, B. J., y Bermúdez García, E. (2024). Implementación de una secuencia didáctica a distancia para cuantificación de almidón en alimentos por espectrofotometría. *Educación Química*, 35(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.2.86394>

- Julca-Asto M. J. M. y Duran-Llano K. L. (2022). El método Aprendizaje basado en problemas (ABP) en el proceso enseñanza – aprendizaje. *Polo del Conocimiento*, 7(6), 2310-2321. (<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4195>)
- López Guerrero M., López Guerrero G. y Rojano Ramos S. (2018). Uso de un simulador para facilitar el aprendizaje de las reacciones de óxido-reducción. Estudio de caso en la Universidad de Málaga. *Revista Educación Química*, 29(3), 79-98. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63728>
- Martínez-Reina M. y Amado-González E. (2016). Filatelia y didáctica de la Química: un ejemplo con los Gases Ideales. *Revista Cubana de Química*, 28(3), 843-869, e-ISSN: 2224-5421.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas- Problem based learning. *Theoría*, Vol. 13(1), (Págs. 145-157).
- Rouinfar A., Malley C. y Barbera J. (2024). PhET Interactive Simulations. PhET: propiedades de los gases. Universidad de Colorado. <https://phet.colorado.edu/es/simulations/gas-properties>
- Salinas V. y Pérez J. (2023). Desafíos de la enseñanza de Química en pandemia covid-19: ventajas y limitaciones. *Revista Innova Educación*, 5(4), 65-82. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05v.004>
- Santillán Campos, F. (2006). El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning. *Revista Iberoamericana de Educación*. Vol. 40, (2).
- SEP (2012). Programa de estudios de Física 1. Secretaría de Educación Medio Superior. https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/12615/5/images/BT_Fisica_1.pdf
- SEP (2012). Programa de estudios de Química 1. Secretaría de Educación Medio Superior. México. https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/12615/5/images/BT_Quimica_1.pdf
- SEP (2012). Programa de estudios de Tecnología de la Información y la Comunicación 1. Secretaría de Educación Medio Superior. https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/12615/5/images/BT_TIC.pdf
- SEP (2013). Programa de estudio de Temas Selectos de Química 1. Secretaría de Educación Medio Superior. <https://dgb.sep.gob.mx/storage/recursos/2023/08/tCwTyTIHQ-ts-quimica-i-1.pdf>
- SEP (2017). Programa de estudios de Matemáticas 1. Secretaría de Educación Medio Superior. <https://dgb.sep.gob.mx/storage/recursos/2023/08/6Ritj8N3To-Matematicas-I.pdf>
- UNAM, Facultad de Medicina. (2019). Leyes generales de los gases: su aplicación en Fisiología. Unidad temática II. <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/11/3-leyes-de-los-gases.pdf>

Valencia, I. (2019). Ley de Gay-Lussac. *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAED/FES Iztacala-UNAM. https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2885/mod_resource/content/1/UAPA-Ley-Gay-Lussac/index.html

Alejandro Alcaraz González

alejandro.alcaraz.ce100@dgeti.sems.gob.mx

Centro de Estudios Tecnológico Industrial y de Servicios No.100-DGETI NO.100-DGETI
Colegio De Ciencias y Letras de Tepic Campus Bonaterra

[0009-0002-5907-1631](tel:0009-0002-5907-1631)

Myriam Elizabeth Cobian Aguayo

my.cobian6@gmail.com

Centro de Estudios Tecnológico Industrial y de Servicios No.100-DGETI

[0009-0009-0603-5662](tel:0009-0009-0603-5662)

En la traducción de los artículos de la Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia se utiliza en ocasiones una herramienta de inteligencia artificial como Google Translate, ChatGPT-4o o DeepL, con revisión humana posterior, cuidando siempre el estilo y aportación de los autores.