

Comprensión del punto de ebullición en estudiantes con distintos perfiles motivacionales: un estudio comparativo

Understanding the boiling point in students with different motivational profiles: a comparative study

María G. Serna Díaz ^a, Joselito Medina Marín ^b

Abstract:

This study examines how two groups of students—one with a scientific vocation (Science Club) and another with no prior interest in experimentation—construct explanations about the boiling point of water through a guided experimental activity. Initial data revealed misconceptions widely reported in the literature, particularly regarding the nature of bubbles during boiling. After the intervention, both groups showed significant improvement, although with differences in explanatory depth: the Science Club developed causal reasoning, while the other group relied primarily on empirical observations. The findings confirm that experimental learning strengthens scientific understanding across diverse student profiles.

Keywords: Boiling point, Experimental learning, Scientific reasoning

Resumen:

Este estudio analiza cómo dos grupos de estudiantes; uno con vocación científica (Club de Ciencias) y otro sin interés previo por la experimentación, ambos grupos construyen explicaciones sobre el punto de ebullición del agua mediante una actividad experimental guiada. Los datos iniciales revelaron concepciones erróneas sobre las variables que afectan el punto de ebullición del agua, especialmente sobre la naturaleza de las burbujas durante la ebullición. Tras la intervención, ambos grupos mejoraron significativamente, aunque con diferencias en la profundidad explicativa: Los integrantes del club desarrollaron razonamiento causal, mientras que el otro grupo se basó en observaciones empíricas. Los resultados confirman que el aprendizaje experimental fortalece la comprensión científica en cualquier perfil estudiantil.

Palabras Clave: punto de ebullición, aprendizaje experimental, razonamiento científico

Introducción

En un artículo de la *Royal Society of Chemistry* (RSC, 2020), titulado *Students' ideas about changes of state*, se documenta que en un estudio con más de 700 estudiantes de entre 12 y 17 años, muchos creían erróneamente que las burbujas del agua hirviendo estaban formadas por moléculas de oxígeno e hidrógeno, o que el agua “se rompía” en sus componentes al hervir. De forma similar, en una encuesta aplicada a 400 estudiantes de bachillerato de la Preparatoria No. 1 de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), esta concepción

equivocada se encontró en más del 80% de los encuestados.

La comprensión del punto de ebullición, según las progresiones de aprendizaje planteadas por la Secretaría de Educación Pública (SEP) desde preescolar hasta educación media superior, abarca lo siguiente:

Nivel preescolar: Observación y memorización. “El agua se convierte en vapor”, “se ve humo”.

Primaria: Comprensión fenomenológica. “El agua hierve a 100 °C”.

Secundaria: Razonamiento científico. Interpretación de datos y modelos moleculares.

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Preparatoria No. 1 | Pachuca de Soto, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2846-6908>, Email: maria_serna10342@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Ingeniería y Arquitectura | Pachuca de Soto, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-0937-8707>, Email: jmedina@uaeh.edu.mx

Media superior: Formular, probar y refinar explicaciones científicas mediante modelos termodinámicos que modifican el punto de ebullición (SEP, 2023).

Desde una perspectiva científica y aplicada, el punto de ebullición es fundamental para comprender procesos de transferencia de calor en la vida cotidiana, así como en destilación, refrigeración, sistemas térmicos y generación de energía (İnanlı et al., 2024).

Enseñar el punto de ebullición únicamente como un “número fijo” conduce a concepciones equivocadas como las observadas en las encuestas. Investigaciones en educación química señalan que trabajar con fenómenos observables y medibles (por ejemplo, cuantificar cómo cambia el punto de ebullición con solutos o presión) favorece la construcción de explicaciones mecanicistas; es decir, permite pasar de describir a explicar mediante causas. Estudios recientes comparan metodologías teóricas y experimentales, y muestran mejores resultados cuando se emplea aprendizaje basado en fenómenos y actividades de laboratorio guiado que permitan manipular variables (Schalott et al., 2024).

En estudiantes de bachillerato, medir el punto de ebullición con precisión implica reconocer variables como presión atmosférica local, presencia de solutos o calentamiento no uniforme. Esto es esencial para comprender e interpretar el fenómeno. Recursos educativos recientes subrayan la importancia de establecer condiciones estándar y reportarlas adecuadamente para lograr una comprensión sólida de fenómenos cotidianos (Zou et al., 2024).

Diversas investigaciones en didáctica de las ciencias demuestran que los estudiantes no construyen conceptos científicos de forma uniforme. Las diferencias en intereses, motivación y afinidad hacia las ciencias influyen en la manera en que explican los fenómenos naturales. Los estudiantes con mayor vocación científica emplean aproximaciones más profundas y analíticas, mientras que aquellos con menor inclinación hacia la ciencia recurren con más frecuencia a explicaciones intuitivas o basadas en su experiencia cotidiana (Basantes-Andrade & Guevara-Betancourt, 2024).

Sin embargo, la evidencia muestra que la motivación por sí sola no determina la posibilidad de construir explicaciones científicas correctas. Ambos grupos pueden lograr comprensiones adecuadas cuando se utilizan estrategias de enseñanza explícitas y orientadas a confrontar ideas previas. Esto coincide con estudios que señalan que la calidad de las actividades, el acompañamiento docente y el uso de modelos conceptuales claros son determinantes para que todos los estudiantes comprendan conceptos fundamentales como el punto de fusión, los cambios de estado o la conservación de la materia (Pabuçcu & Geban, 2021).

En este estudio se analizaron dos grupos de estudiantes. El primero estuvo conformado por integrantes del Club de Ciencias de la Preparatoria No. 1, quienes manifiestan vocación e interés por las actividades científicas. El segundo grupo estuvo formado por estudiantes que no muestran interés por prácticas experimentales y que participaron únicamente por no haber asistido previamente a actividades de laboratorio. Ambos grupos realizaron la misma actividad experimental guiada cuyo propósito fue explorar los “secretos del punto de ebullición”.

El objetivo del presente estudio es comprender los procesos cognitivos mediante los cuales ambos grupos construyeron una explicación sobre el fenómeno del punto de ebullición del agua.

Metodología

Grupo de estudio. Se realizó un estudio de tipo transversal con 22 estudiantes que cursan el tercer semestre de bachillerato en la preparatoria 1 de la UAEH. 11 estudiantes pertenecen al club de ciencias, en donde desarrollan habilidades científicas y de investigación en talleres semanales y 11 estudiantes no quienes no pertenecen a este club y además han mostrado poco interés en las ciencias experimentales, debido a que no son regulares en las clases de laboratorio y presentan bajo rendimiento en la asignatura de química.

Estrategia experimental.

A todos los estudiantes se les aplicó un cuestionario diagnóstico con el fin de evaluar sus conocimientos previos sobre el punto de ebullición del agua. El instrumento consideró cinco aspectos fundamentales:

1. La temperatura de ebullición del agua (100 °C en condiciones normales).
2. Los factores que modifican el punto de ebullición.
3. El efecto de agregar sal al agua.
4. La explicación del proceso de ebullición a nivel molecular.
5. Los cambios en el punto de ebullición en ciudades de gran altitud.

En seguida, los estudiantes realizaron la actividad experimental guiada en donde se les solicitó:

- a) Medir la temperatura de ebullición del agua utilizando un sensor de temperatura de Ni-Cr-Ni adaptado a un equipo Cassy Lab 2 de Leybold® en condiciones de:
 - I) Presión ambiental normal.
 - II) Presión ambiental disminuida a través de un equipo de vacío.
- b) Realizarla medición de la temperatura a presión ambiente considerando concentraciones de cloruro de sodio de 0%, 3.5 % y 10 %

Todas las mediciones fueron realizadas por triplicado.

Análisis de experimentación

Finalmente se solicitó de forma guiada el análisis de los resultados observados con el siguiente formato:

1. El agua hierve cuando la presión de vapor del líquido...
2. Si disminuye la presión del sistema, el punto de ebullición...
3. Añadir sal al agua hace que su punto de ebullición...
4. La relación cualitativa de la elevación ebulloscópica es:
5. A presión ambiental en Pachuca, el agua pura hierve a
6. El vacío favorece la ebullición porque:
7. Si aumentas la concentración de NaCl, la T....

***Se aplicaron las siguientes preguntas guía para las conclusiones finales

1. ¿Cuál condición presentó la menor T y por qué?
2. ¿Cómo cambió T con el % de NaCl? ¿Es lineal en tu rango?
3. Señala dos fuentes de error y cómo afectarían el valor de T de ebullición.
4. ¿Qué evidencia de tus gráficas apoya tus conclusiones?

*** Se aplicó un segundo cuestionario que incluyó las cinco preguntas iniciales, más cinco preguntas adicionales orientadas al análisis y la comprensión conceptual del punto de ebullición.

Resultados

La Tabla 1 muestra los porcentajes de aciertos obtenidos en la evaluación previa al experimento. En general, se observa un mayor dominio conceptual por parte de los integrantes del club de ciencia, quienes alcanzaron la proporción más alta de respuestas correctas en comparación con el grupo de estudiantes sin interés en actividades experimentales.

Tabla 1

Resultados de análisis previo al experimento

Pregunta	Todos (%)	Integrantes del club (%)	No integrante del club (%)
1. Punto de ebullición del agua (100 °C)	75	75	75
2. Factor que modifica el punto de ebullición	63	83	42
3. Efecto de agregar sal al agua	46	50	42
4. Nivel molecular al hervir el agua	50	67	33
5. Ebullición en ciudad de gran altitud	42	67	17

En la tabla 2 se observa el análisis total de la comparación entre los dos grupos de estudio presenta los porcentajes de respuestas correctas a una serie de 10 preguntas relacionadas con conceptos de ebullición y factores que la modifican.

El análisis cognitivo correspondiente a cada tipo de razonamiento, basado en los resultados de la tabla 2 y a las respuestas de ambos grupos en el reporte final de la actividad, se presenta de la siguiente manera:

1. Valor estándar (100 °C)

En los integrantes del club hubo ligera confusión, mientras los estudiantes que no integran el club recordaron la información de una forma más concisa.

2. Factor que modifica la ebullición

Ambos mejoran, pero los estudiantes que no integran el club destacaron al observar el experimento.

3. Efecto de la sal

Gran mejora con respecto al diagnóstico, ambos comprendieron parcialmente el efecto coligativo.

4. Nivel molecular (energía cinética)

El Club logró comprensión conceptual y los estudiantes que no integran el club, observacional.

5. Altitud y ebullición

Ambos mejoraron sustancialmente con respecto al diagnóstico, basado en sus observaciones en el reporte esto se debió a la experiencia visual.

6. Variables modificadas en el experimento

Los estudiantes que no integran el club mejoran más al recordar qué se manipuló mientras los integrantes del club confunden presión/densidad.

7. Sal y ebullición (repetición aplicada)

Consistente con la 3; comprensión parcial consolidada.

8. Comparación presión baja / normal

Gran mejora en ambos grupos con respecto a la idea diagnóstica; evidencia de comprensión empírica.

9. Evidencia de ebullición (termómetro)

Los integrantes del club interpretan científicamente y los estudiantes que no integran el club se guían por lo visual.

Tabla 2

Análisis de razonamiento antes y después del experimento

Tipo de pregunta	Integrantes del Club Pre	Integrantes del Club Post	No integrantes del club Pre	No integrantes del club Post
1. Valor estándar (100 °C)	63 %	50 %	50 %	83 %
2. Factor que modifica la ebullición	38 %	75 %	25 %	92 %
3. Efecto de la sal	25 %	63 %	17 %	67 %
4. Nivel molecular (energía cinética)	25 %	88 %	8 %	75 %
5. Altitud y ebullición	13 %	75 %	17 %	83 %
6. Variables modificadas en el experimento		38 %		75 %
7. Sal y ebullición (repetición aplicada)		63 %		67 %
8. Comparación presión baja / normal		75 %		75 %
9. Evidencia de ebullición (termómetro)		75 %		42 %
10. Explicación de por qué el punto de ebullición no es fijo (variables múltiples)		88 %		58 %

10. Explicación de por qué el punto de ebullición no es fijo (variables múltiples)

Los integrantes del club integran causas, mientras los estudiantes que no integran el club aún se quedan en descripción.

En conjunto, los resultados avalan la idea ampliamente respaldada de que el aprendizaje experimental o basado en indagación potencia la comprensión científica, especialmente en lo que respecta a conceptualización, razonamiento causal y capacidades explicativas profundas (Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. 2012).

Conclusión

1. Los estudiantes del Club de Ciencias presentaron una mejora del 25%, con énfasis en la comprensión causal y relacional entre presión, temperatura y energía molecular.
2. Los estudiantes que no pertenecen al club mostraron una ganancia del 32%, basada en observación empírica y retención factual.
3. En conjunto, los resultados confirman que el aprendizaje experimental potencia la comprensión científica, incluso entre grupos con niveles de motivación distintos.
4. Los alumnos integrantes del club lograron explicar por qué cambia el punto de ebullición, mientras que los del grupo que no pertenecen al

club comprendieron cuándo cambia, asociando la observación visual (burbujas, temperatura, altitud) con el fenómeno físico que experimentaron.

Referencias

- Royal Society of Chemistry. (2020). *Students "ideas about changes of state"* RSC Education. <https://edu.rsc.org/changes-of-state/students-ideas-about-changes-of-state-beyond-appearances/4017768.article>
- Secretaría de Educación Pública. (2023). Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS). Gobierno de México. <https://www.spanishdict.com/translate/el%20document9>
- Inanlu, M. J., Ganesan, V., Upot, N. V., Wang, C., Suo, Z., Rabbi, K. F., Kabirzadeh, P., Bakhshi, A., Fu, W., & Thukral, T. S. (2024). Unveiling the fundamentals of flow boiling heat transfer enhancement on structured surfaces. *Science Advances*, 10(45). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adp8632>
- Scharlott, L. J., Rippey, D. W., Rosa, V., & Becker, N. M. (2024). Progression toward Causal Mechanistic Reasoning through Phenomenon-Based Learning in Introductory Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 777–788. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00517>
- Zou, Y. et al., *Assessment of conceptual understanding in student learning (evaporation/ebullición)*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. (2024). Castro, R. (2011). *Teoría social y salud*. Buenos Aires: Lugar editorial.
- Basantes-Andrade, A. & Guevara-Betancourt, S. (2024). *Misconceptions in the Learning of Natural Sciences: A Systematic Review*. *Education Sciences*, 14(5), 497. <https://doi.org/10.3390/educsci14050497>
- Pabuçcu, A., & Geban, Ö. (2021). Students' conceptions and misconceptions about phase changes: A systematic review. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(2), 289–310.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415–421.