

Aprendizaje universitario: Análisis sobre el tema calor y temperatura en los cambios de estado

Héctor Odetti, Claudia Falicoff, Liliana Contini y Pablo Húmpola¹

Abstract (University learning: analysis on the topic heat and temperature in the changes of state)

Applying the reasoning scheme proposed by Toulmin (1958) to the analysis of the answer of university students on an instrument of evaluation, that deals fundamentally with the relationships between heat and temperature in the changes of state, it is shown that there was not conceptual change in the pupils after attending and passing a course of General Chemistry in the University.

Resumen

Aplicando el esquema de razonamiento propuesto por Toulmin (1958) al análisis de las respuesta de alumnos universitarios sobre un instrumento de evaluación, que trata fundamentalmente de las relaciones entre calor y temperatura en los cambios de estado, se pone de manifiesto que no hubo cambio conceptual en el alumnado después de cursar y aprobar Química General en la Universidad.

Introducción

La Didáctica de las Ciencias es una necesidad, incluso en el ámbito universitario, donde aún perdura la vieja creencia que con la sola transmisión de los conceptos se asegura la calidad de la educación en este nivel. Los conceptos de calor y temperatura en los cambios de estado representan un tema conflictivo, de muy difícil comprensión, en el que, según nuestra experiencia, fallan recurrentemente nuestros alumnos. Por tal motivo, es de interés para nuestro grupo de investigación poder encontrar las principales dificultades en el aprendizaje de este tema en los alumnos universitarios de una carrera de química

para, en un etapa posterior, desarrollar estrategias didácticas que lleven a su correcta comprensión. Se trabajó con alumnos de primer año en dos momentos del cursado: a) los que comienzan a cursar Química General (primer asignatura con contenidos de química de la carrera) y b) los que comienzan a cursar Química Inorgánica (segunda química) a los que se les tomó el mismo cuestionario.

Hipótesis de trabajo

La misma consistió en verificar que ante una situación física cotidiana, perduran en las estructuras mentales de los estudiantes universitarios esquemas explicativos incorrectos, pues no se produce el cambio conceptual que se espera logren, luego de cursar y aprobar una asignatura donde se desarrollan los temas planteados en la apartado anterior. Esto conlleva necesariamente al planteo tradicional de la enseñanza de la Química en nuestra Universidad.

Materiales y métodos:

Se seleccionaron aleatoriamente dos muestras de alumnos, una al inicio del cursado de Química General, grupo 1 (n = 40) y la otra al inicio del cursado de Química Inorgánica, grupo 2 (n = 44) y a ambas se le tomó el mismo cuestionario que consta de cuatro preguntas con varios incisos cada una. Para su elaboración se utilizó parte del instrumento propuesto por el Ministerio de Educación de la Nación para la evaluación de la capacitación de los circuitos correspondientes a la Educación General Básica 1 y 2 (Anexo 1). Para considerar una respuesta como correcta, se utilizó, para cada una de ellas, el esquema de razonamiento propuesto por Toulmin (1958).

Por lo tanto, para considerar una respuesta como válida fue necesario que los encuestados, apoyándose en los datos, llegasen a una conclusión mediante justificación. El respaldo, las condiciones de refutación y las restricciones no se consideraron un requisito para considerar una respuesta como correcta. A modo de ejemplo, en el Anexo 2, se muestra el esquema adaptado, con datos, conclusión, justificación y respaldo para las preguntas 1-b y 3-a.

El grupo de alumnos que tiene aprobado Quí-

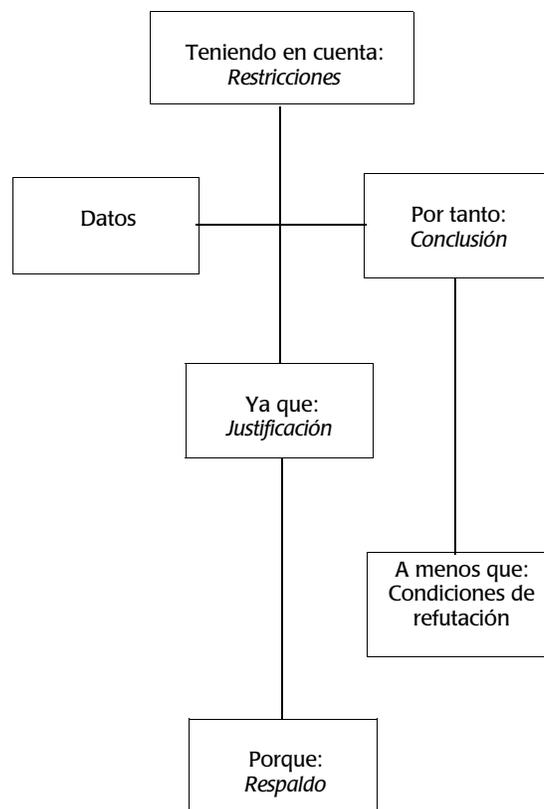
¹ Departamento de Química. General e Inorgánica. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. cc 242. (3000). Santa Fe. Argentina.

Fax: +54 (342) 457 1100. Teléfono: +54 (342) 4575 212

E-mail: hodetti@fbc.unl.edu.ar

Recibido: 27 de septiembre de 1999; **aceptado:** 12 de julio de 2000.

Este trabajo es parte de un proyecto de investigación subvencionado por la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D).



mica General e inicia el cursado de Química Inorgánica ha desarrollado los siguientes contenidos:

Estado gaseoso: Propiedades generales. Presión. Temperatura. Volumen. Ley de Boyle. Ley de Gay Lussac-Charles. Ley de las combinaciones volumétricas. Ecuación de estado de los gases ideales. Valores de la constante R . Mezcla de gases: Ley de Dalton. Difusión de gases: Ley de Graham. Teoría Cinético molecular: postulados, deducciones. Ecuación de Clausius-Krüning. Gases reales: causas de las desviaciones de las leyes de los gases ideales. Ecuación de Van der Waals. Densidad de gases y vapores. Licuación de gases: isoterma de Andrews. Punto crítico.

Estado líquido: Propiedades generales. Viscosidad. Capilaridad. Tensión superficial. Presión de vapor. Ecuación de Clapeyron. Evaporación: leyes. Ebullición: leyes. Curvas de calentamiento de un líquido. Calor de evaporación. Relaciones entre los puntos de ebullición.

Estado sólido: Propiedades generales. Forma externa de los cristales. Estructura interna de los cristales.

les. Red cristalina. Tipos de cristales. Fusión: leyes. Curvas de calentamiento de un sólido. Sublimación. Calor de sublimación. Diagrama de equilibrio de fases de una sustancia. Punto triple. Reglas de las fases de Gibbs.

Termoquímica: Primera ley de la termoquímica. Trabajo. Calor. Energía interna. Unidades. Calor de reacción a volumen constante. Calorímetro. Calor de reacción a presión constante. Entalpía. Leyes de Lavoisier-Laplace y de Hess. Ecuaciones termoquímicas. Calores de formación. Combustión. Disolución. Dilución y neutralización. Segunda ley de la termoquímica: entropía. Energía libre. Cálculos termoquímicos.

Resultados y discusión

Los resultados e incorrecciones de los alumnos encuestados fueron:

Grupo 1

Correctas	4
Incorrectas	30
No responde	6

PROBLEMA 1 (a)

Observaciones de las incorrectas

- 16 parten de 0 °C
- 10 ubican mal las coordenadas
- 8 desconocen la curva de calentamiento del agua.
- 7 siguen hasta la fase vapor
- 4 no respetan el dato de tiempo (1')
- Aclaración: existe más de un error en algunas respuestas

PROBLEMA 1 (b)

Correctas	–
Incorrectas	36
No responde	4

Observaciones de las incorrectas

- 19 optan por usar una olla a presión
- 11 no optan por ninguna de las premisas, argumentando que el agua siempre hierve a 100 °C.
- 3 optan por dejar la cacerola menos tiempo expuesta al fuego

- 2 optan por utilizar un recipiente de mayor volumen
- 1 opta por preparar la comida en una localidad alta, por ejemplo San Antonio de los Cobres, pero no fundamenta.

PROBLEMA 1 (c)

Correctas	21
Incorrectas	11
No responde	8

Observaciones de las incorrectas

- 11 eligen la cuchara de metal

PROBLEMA 2 (a)

Correctas	23
Incorrectas	15
No responde	2

Observaciones de las incorrectas

- 9 optan por el correcto (a) pero no fundamentan
- 5 optan por el b
- 1 opta por el c

PROBLEMA 2 (b)

Correctas	16
Incorrectas	22
No responde	2

Observaciones de las incorrectas

- 9 optan por el correcto (c), pero no fundamentan
- 6 optan por el b
- 5 optan por el d
- 2 optan por el a

Correctas	26
Incorrectas	12
No responde	2

PROBLEMA 3-1

Observaciones de las incorrectas

- 12 contestan que el hielo está siempre a 0 °C.

PROBLEMA N° 3-2

Correctas	17
Incorrectas	17
No responde	6

Observaciones de las incorrectas

- 17 no consideran la temperatura constante en el punto de fusión.

PROBLEMA N°4

Correctas	8
Incorrectas	28
No responde	4

Observaciones de las incorrectas

- 15 contestan que las moléculas comienzan a moverse
- 10 contestan que las moléculas se mueven más libremente y otras opciones.
- 3 contestan que las moléculas comienzan a moverse
- 3 contestan que las moléculas cambian de forma.
- 1 contesta que las moléculas se hacen líquidas
- 1 contesta que las moléculas funden (se derriten).
- Aclaración: existe más de un error en algunas respuestas

Grupo 2:

PROBLEMA 1 (a)

Correctas	4
Incorrectas	39
No responde	1

Observaciones de las incorrectas

- 25 siguen hasta la fase vapor
- 23 parten de 0 °C
- 6 desconocen la curva de calentamiento del agua.
- 4 ubican mal las coordenadas
- 4 no colocan las coordenadas
- Aclaración: existe más de un error en algunas respuestas

PROBLEMA 1 (b)

Correctas	10
Incorrectas	33
No responde	1

Observaciones de las incorrectas

- 20 optan por usar una olla a presión
- 5 optan por preparar la comida en una localidad alta, por ejemplo San Antonio de los Cobres, pero no fundamenta.
- 4 optan por dejar la cacerola menos tiempo expuesta al fuego
- 2 no optan por ninguna de las premisas, argumentando que el agua siempre hierve a 100 °C.
- 1 opta por utilizar un recipiente de mayor volumen
- 1 opta por usar una hornalla donde salga menor cantidad de energía

PROBLEMA 1 (c)

Correctas	28
Incorrectas	12
No responde	4

Observaciones de las incorrectas

- 10 eligen la cuchara de madera, pero no fundamentan
- 2 eligen la cuchara de metal

PROBLEMA 2 (a)

Correctas	27
Incorrectas	17
No responde	–

Observaciones de las incorrectas

- 11 optan por el correcto (a) pero no fundamentan
- 3 optan por el d
- 2 optan por el b
- 1 opta por el c

PROBLEMA 2 (b)

Correctas	23
Incorrectas	21
No responde	–

Observaciones de las incorrectas

- 14 optan por el correcto (c), pero no fundamentan
- 5 optan por el b
- 1 optan por el a
- 1 opta por el d

PROBLEMA 3-1

Correctas	37
Incorrectas	4
No responde	3

Observaciones de las incorrectas

- 4 contestan que el hielo está siempre a 0 °C.

PROBLEMA 3-2

Correctas	26
Incorrectas	16
No responde	2

Observaciones de las incorrectas

- 8 no consideran la temperatura constante en el punto de fusión.
- 8 eligen la opción verdadera, pero no fundamentan

PROBLEMA 4

Correctas	11
Incorrectas	32
No responde	1

Observaciones de las incorrectas

- 21 contestan que las moléculas se mueven más libremente y otras opciones.
- 9 contestan que las moléculas comienzan a moverse
- 3 contestan que las moléculas cambian de forma.
- 3 contestan que las moléculas se hacen líquidas
- 2 contestan que las moléculas funden (se derriten)
- 1 elige la opción correcta, pero no fundamenta.
- Aclaración: existe más de un error en algunas respuestas.

Para cada problema se compararon las proporciones de respuestas correctas para ambos grupos, no se consideraron en este análisis los que no respondieron; se encontró que sólo hay diferencias estadísticamente significativas en los problemas 1-b ($p = 0.0015073$, prueba exacta de Fisher) y 3-1 ($p = 0.0158892$), no habiéndose encontrado diferencias en los restantes problemas ($0.298 < p < 0.938$).

Indudablemente lo que se esperaba es que todas las respuestas de los alumnos que estaban cursando Química Inorgánica fuesen correctas y que las mismas tuvieran las justificaciones correspondientes en función de que se trata de estudiantes universitarios.

Conclusiones

Los resultados ponen de manifiesto que en realidad no se produce cambio conceptual y por lo tanto aprendizaje. Esto, por otra parte, es razonable en términos de que la enseñanza tradicional de Química en la Universidad se preocupa más por la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y resolución numérica de problemas que por el desarrollo de capacidades cognitivas de los estudiantes tales como la argumentación de los fenómenos y las evidencias observadas.

Es una opinión compartida en la actual Filosofía de la Ciencia que el desarrollo del conocimiento científico no es un proceso simplemente acumulativo, y que para comprenderlo es necesario investigar el papel que en él juegan las propias teorías directoras de tal proceso, de manera tal que esto exige el replanteo de prácticas de enseñanza de la Química en la Universidad para lograr así el aprendizaje de diversas problemáticas. ▣

Referencias

- Alvarez, V.; Bernal, M. y García-Rodeja, E. *Destrezas argumentativas en Física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación*. En Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Lleida: DM. España (1998). p. 30-42.
- Cárdenas, M. y Ragout de Lozano, S., Explicaciones de procesos termodinámicos a partir del modelo corpuscular: una propuesta didáctica, *Enseñanza de las Ciencias*, **14** [3], 343-349 (1996).
- Cervantes, A., Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica, *Enseñanza de las Ciencias*, **5**[1], 66-70, (1987).
- De Vos, W.; Verdonk, A.H., The particulate Nature of Matter in Science Education and in Science, *Journal of Research in Science Teaching*, **33**[6], 657-64 (1996).
- Domínguez, J.M. e Illobre E., M.L., Calefacción y refrigeración. En AA.VV. *Aprendiendo Ciencias en la Enseñanza Secundaria*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la U.S.C. España (1997).
- Domínguez, J.M., García-Rodeja, E., Lorenzo, F., *Los mapas de conceptos en la investigación del cambio de las ideas de los alumnos, calor y temperatura*. Actas de los XII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Oviedo: Universidad de Oviedo. España (1992).
- Domínguez, J.M.; De Pro, A.; García-Rodeja, E., Las partículas en la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y la temperatura: un estudio transversal, *Enseñanza de las Ciencias*, **16**[3], 461-475 (1998a).
- Domínguez, J.M.; De Pro, A.; García-Rodeja, E. e Illobre, M.A., Esquemas conceptuales de los alumnos de secundaria sobre el modelo de partículas de la materia. En Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Lleida: DM. España. (1998b). p. 120-130.
- Duschl, R.A., Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, **13**[1], 3-14 (1995).
- Jiménez, M.P., Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **16**[2], 203-216 (1998).
- Pozo, J.I. y Gómez, M.A., *Aprender y enseñar ciencia*. Morata Madrid. España (1998).
- Toulmin, S.E. *The uses of argument*. Cambridge University Press. New York (1958).

Agradecimientos

Al profesor Eugenio García-Rodeja, profesor José Domínguez-Castiñeiras y a todo el grupo del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Santiago de Compostela (España), ya que sin la valiosa y desinteresada colaboración de los mismos no hubiera sido posible la publicación de este trabajo.

ANEXO 1

CUESTIONARIO

Problema 1

Supongamos que usted decide preparar puré de papas instantáneo. Para esto coloca una cacerola con 500 cm³ de agua sobre una hornalla encendida:

- a) Represente en un gráfico cómo varía la temperatura del agua a medida que transcurre el tiempo, desde que colocó el agua hasta 1 minuto después de que el agua hierve.
- b) Si por algún motivo desea que el agua hierva a 95 °C, ¿cuál de los siguientes procedimientos sería el apropiado para lograrlo? Justifique la respuesta elegida o justifique las respuestas que descarta.
 - a) usar una olla a presión.
 - b) preparar la comida en una localidad alta, por ejemplo San Antonio de los Cobres.
 - c) utilizar un recipiente de mayor volumen.
 - d) utilizar una hornalla donde salga menor cantidad de energía.
 - e) dejar la cacerola menos tiempo expuesta al fuego.
- c) Las instrucciones del envase indican que, luego de que el agua ha hervido, se debe agregar un trozo de manteca y leche fría.

Para revolver el contenido de la cacerola ¿usaría una cuchara de metal o una de madera? Utilice argumentos científicos para justificar la elección.

Problema 2

Cuando un trozo de hielo queda fuera de la heladera, funde (se derrite).

De los siguientes esquemas:

- a) ¿cuál puede representar el sistema inicial (hielo)? ¿Por qué?

- b) ¿cuál el sistema final (agua líquida)? ¿Por qué?

Problema 3

Diego y Adriana, dos alumnos de Julieta, se ingeniaron para determinar la temperatura de un trozo de hielo.

- a) Diego dijo: “¡Mira Adriana, el termómetro marca cinco grados bajo cero!
“No estás mirando bien, dijo Adriana, el hielo siempre está a cero grados”.
El hielo, ¿está siempre a 0 °C o puede estar a una temperatura más baja?
- b) Diego dijo: “¡Mira Adriana, hace tres minutos que el termómetro marca cero grados y el hielo se está transformando en agua líquida!”
“Entonces, dice Adriana, hemos estropeado el termómetro”.
¿Adriana tiene razón? ¿Por qué?

Problema 4

Un alumno preguntó: cuando el hielo funde (se derrite), ¿qué les pasa a las moléculas de agua? Hubo compañeros que arriesgaron algunas respuestas:

- a) Las moléculas funden (se derriten)
- b) Las moléculas se mueven más libremente
- c) Las moléculas comienzan a moverse
- d) Las moléculas cambian de forma
- e) Las moléculas se hacen líquidas

¿Cuál o cuáles de las respuestas anteriores son correctas? ¿Por qué las otras no lo son?

ANEXO 2

Respuestas

Problema 1 b)

Para que el agua hierva a 95 °C

Se debería preparar la comida en una localidad alta. Por ej.: San Antonio de los Cobres

El punto de ebullición del agua es 100 °C sólo a presión atmosférica normal (760 mm Hg 1 atm, $1,013 \times 10^5$ Pa). Si la altitud aumenta la presión es menor y por lo tanto disminuye el punto de ebullición.

Según la teoría cinético-molecular:

La disminución de la presión provoca un aumento en los espacios intermoleculares, así las moléculas se alejan y disminuyen las intensidades de las fuerzas de cohesión, por lo tanto la presión de vapor de líquido (H_2O) aumenta y el punto de ebullición disminuye.

Problema 3 a)

Trozo de hielo:
Termómetro marca
-5 °C

El hielo puede estar a una temperatura menor que 0 °C

A presión normal el hielo puede estar desde 0 °C hasta temperaturas negativas.

La temperatura de fusión de hielo y de congelación del agua a presión normal es de 0 °C, esto indica que 0 °C es la temperatura de equilibrio para sistema hielo-agua a presión normal. Sin embargo, el sólido hielo puede enfriarse y existir a temperaturas menores.