

**¿POR QUÉ LOS ESTUDIANTES CONFUNDEN ENERGÍA CALÓRICA Y TEMPERATURA?  
¿WHY STUDENTS CONFUSE HEAT ENERGY AND TEMPERATURE?**

María A. Rodríguez y Mansoor Niaz

Grupo de Epistemología de la Ciencia, Departamento de Química  
Universidad de Oriente, Apartado Postal 90, Cumaná, Estado Sucre  
Venezuela 6101A

(e-mail: niazma@cantv.net)

**RESUMEN**

Varios estudios han puesto de manifiesto que los estudiantes en sus diferentes etapas de aprendizaje presentan una gran dificultad para diferenciar los conceptos de energía calórica y temperatura. La comprensión termodinámica de ambos conceptos, puede dificultarse debido a que son usados por los estudiantes en su vocabulario diario, donde los utilizan de forma general e imprecisa.

Para poder establecer hasta qué punto los estudiantes confunden, o no, los conceptos de energía calórica y temperatura aún después de haber estudiado el tema de la termodinámica, fueron evaluados 76 estudiantes, inscritos en varios cursos introductorios universitarios de Química II. La evaluación se realizó posteriormente al haber impartido el tema de termodinámica. Todos los estudiantes respondieron a tres preguntas, extraídas de un estudio previo (Niaz, 2000).

Los resultados parecen indicar que después de haber estudiado un curso introductorio de termodinámica, un gran número de estudiantes, sigue sin diferenciar entre energía calórica y temperatura. En la primera pregunta, 74% de los estudiantes seleccionaron la respuesta correcta con una adecuada justificación. En la pregunta número dos, 64% de los estudiantes respondieron correctamente con una adecuada justificación. Con respecto a la pregunta número tres, 51% de los estudiantes respondió correctamente justificando adecuadamente su selección, 5% aún cuando seleccionó la respuesta correcta, la justificación de su selección fue incorrecta, y 43% respondió incorrectamente.

En conclusión, los estudiantes oscilan entre ambas conceptualizaciones (teoría cinética vs. teoría calórica). Lo más preocupante a resaltar es que un alto porcentaje de estudiantes, aún después de haber

estudiado el tema de termodinámica, siguen manteniendo su concepción inicial sobre la energía calórica y temperatura. Creemos que la enseñanza de la termodinámica no puede consistir en simple manipulación de fórmulas y cálculos. Si queremos que los estudiantes diferencien entre energía calórica y temperatura, es esencial que se diseñen estrategias explícitas para la conceptualización de estos conceptos.

**Palabras Clave.** Energía calórica, temperatura, termodinámica

## **ABSTRACT**

Different studies have shown that students at different stages of learning have a great difficulty in differentiating between the concepts of heat energy and temperature. Thermodynamic understanding of the two concepts is made difficult due to the fact that students use them in everyday language in a general and imprecise manner.

In order to determine the degree to which students confuse heat energy and temperature even after having studied the topic of thermodynamics, 76 students enrolled in various groups of introductory level university course of Chemistry II were evaluated. The evaluation was conducted after the students had finished the topic of thermodynamics. All students responded to three questions adapted from a previous study (Niaz, 2000).

Results obtained show that even after having studied an introductory course in thermodynamics, a great number of students do not differentiate between heat energy and temperature. On the first question, 74% of the students selected the correct response with an adequate justification. On the second question, 64% of the students responded correctly with an adequate justification. With respect to the third question, 51% of the students responded correctly with an adequate justification, 5% selected the correct response without an adequate justification, and 43% responded incorrectly.

In conclusion, students oscillate between the two conceptualizations, kinetic theory and caloric theory. It is important to note that a high percentage of the students, maintain their original conceptions about heat energy and temperature. We believe that the teaching of thermodynamics cannot consist of simple manipulation of formulas and calculations. If we want the students to differentiate between heat energy and temperature it is essential that explicit teaching strategies be designed in order to facilitate conceptualization of the two concepts.

**Key Words.** Heat energy, temperature, thermodynamic.

## INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que los estudiantes en sus diferentes etapas de aprendizaje presentan una gran dificultad para diferenciar los conceptos de energía calórica y temperatura. Erickson (1979, 1980) señala estas dificultades en niños de 11 a 16 años, Cowan y Sutcliffe (1991), lo reportan en estudiantes de 9-12 años, Niaz (2000) y Laburú & Niaz (2002), lo señalan en estudiantes de cursos introductorios universitarios.

Los estudiantes acostumbran a utilizar el concepto de calor, como algo que se puede agregar o quitar. Romer (2001), señala que hay una tendencia a utilizar el término calor como una sustancia, la utilización de calor como un nombre da lugar a una concepción física errónea y eso complica nuestros intentos para discutir la termodinámica. Más adelante él mismo dice creer que el pensamiento de la teoría calórica, continúa contaminando las mentes de los estudiantes y las de muchos profesores y así continuamos oyendo vestigios de la teoría calórica en el habla común. Es interesante señalar que en el siglo XVIII, los mismos científicos creían en la teoría calórica, o sea, el calor como una sustancia (Brush, 1976). Para poder entender la química es esencial una buena percepción de la termodinámica y en este orden de ideas para ser capaces de entender las leyes de la termodinámica y sus aplicaciones a los sistemas químicos, los estudiantes deben estar familiarizados con conceptos básicos como energía y temperatura. Por lo tanto deberían ser capaces de diferenciar entre ellos (Ben-Zvi et al., 1993). Parece paradójico que los estudiantes aprueben los cursos de termodinámica sin poder diferenciar entre energía calórica y temperatura.

La comprensión termodinámica de ambos conceptos, puede dificultarse debido a que son usados por los estudiantes en su vocabulario diario, donde los utilizan de forma general e imprecisa (Peckman & Mcnaught, 1993). Muchas veces los estudiantes finalizan los cursos donde se les ha impartido estos conceptos, sin entender realmente la diferencia entre energía y temperatura, esto coincide con el punto de vista de Granville (1985), quien establece que para los estudiantes, la mayoría de las veces es más importante llegar a una respuesta que entender el problema. De acuerdo con Carlton (2000) es peligroso asumir que por el hecho que los estudiantes sean capaces de enunciar (recitar) definiciones de los textos, ello signifique que pueden entender los principios fundamentales que subyacen en la física térmica.

De acuerdo con Thomaz et al. (1995) se mantienen cinco conceptos erróneos comunes acerca del calor: 1. Que el calor es una forma de sustancia (teoría calórica), 2. La incapacidad para diferenciar entre calor y temperatura, 3. Hay una confusión entre calor y lo que se 'siente' de un objeto, 4. Que la aplicación de calor a un objeto siempre resulta en un aumento de temperatura; y 5. La mala interpretación de la temperatura de una fase de transición. En este mismo orden de ideas, en un estudio realizado por Nachimias et al. (1990), encontraron que 80% de los estudiantes fueron incapaces de comprender el hecho, que la temperatura permanece constante durante la ebullición. Resultados similares fueron reportados por Goodwin & Orlik (2000).

Posiblemente los estudiantes regresan al concepto de la energía calórica cuando piensan que si se

continúa agregando ‘algo’ (calor), debe seguir aumentando ‘algo’ (temperatura). Quizás el conocimiento que traen los estudiantes de estos conceptos, forma parte del ‘corazón duro’ (Lakatos, 1970) de creencias epistemológicas que se resisten a cambiar.

## ¿CÓMO Y CUANDO ENSEÑAR A DIFERENCIAR ENTRE ENERGÍA CALÓRICA Y TEMPERATURA?

Es ampliamente conocido que las ideas asociadas con calor y temperatura producen muchas dificultades en los estudiantes y quizás parte de las dificultades sean inherentes a la controversia existente con respecto a dichos conceptos, al no haber una definición en la que estén de acuerdo, tanto los autores de textos, como los profesores. Aún estando conscientes de esto, incluiremos en este trabajo, tan solo como una guía, estos conceptos.

Un concepto de temperatura aceptado por diferentes autores sería, una medida de la energía cinética promedio de las moléculas de un sistema. En este contexto, definiríamos energía calórica como la energía que se transfiere en un proceso cuando hay diferencia de temperatura (Carlton, 2000; Crute, 1995; Niaz, 2000; Taber, 2000; Wiser, 1988).

Actualmente es bien sabido, que los estudiantes traen una gran cantidad de ideas alternativas acerca de tópicos científicos que están en contraposición con el punto de vista científico aceptado (Driver & Erickson, 1983; Gilbert & Watts, 1983). La tarea del profesor es persuadir a los estudiantes, por qué el punto de vista científico es más útil que sus concepciones alternativas. Esto sin embargo es una descripción simplista de lo que es un proceso complejo (Taber, 2000).

Carlton (2000) reconoce las dificultades conceptuales enfrentadas por muchos estudiantes, cuando se incorporan las ideas de ‘calor’ en los cursos de física, él hace un análisis de qué ideas son esenciales y deben ser enseñadas a ese nivel y cuales son demasiado complicadas y deben ser diferidas para estudios posteriores y así evitar el riesgo de confusión en los estudiantes.

Pero ¿cuándo se debe enseñar a los estudiantes a comprender las diferencias entre dos conceptos, que si bien están muy relacionados son distintos?

Diferentes estudios (Crute, 1995; Niaz, 2000) han puesto de manifiesto que muchos estudiantes en cursos universitarios siguen presentando grandes confusiones entre estos dos conceptos. De acuerdo con Yeo & Zadnik (2001), a pesar de la diversidad de los puntos de vista de los estudiantes, diferentes investigadores han reportado, repetidamente, resultados similares a través de la edad y grupos culturales. Muchos estudiantes salen del colegio y a menudo de la universidad con el entendimiento intuitivo de la física intacto o coexistiendo con los puntos de vista aceptados científicamente. Según Niaz (2000) la comprensión de los estudiantes, en cursos de química introductorios universitarios, varía considerablemente de un contexto a otro. Después de haber respondido correctamente en un contexto que se aproxima al punto de vista cinético de energía calórica, los estudiantes regresan a la teoría calórica en un contexto diferente.

Debemos pensar en diseñar estrategias que faciliten a los estudiantes la comprensión de los conceptos de energía y temperatura y por lo tanto a diferenciar entre ellos. Tal como señalan Yeo & Zadnik (2001) una

efectiva acción estratégica por parte del profesor es conocer las creencias relevantes de los estudiantes antes de planificar una sesión de enseñanza / aprendizaje.

Es bien conocido por muchos investigadores que la instrucción tradicional, al no tomar en cuenta las creencias existentes en los estudiantes, se hace inefectiva para cambiar sus ingenuas ideas científicas (Hestenes et al., 1992). Sin embargo, Niaz (2000) señala que la pregunta que necesitamos realizar, no es únicamente cuales son las creencias epistemológicas traídas por los estudiantes, sino bajo qué condiciones el ‘corazón duro’ de esas creencias, se puede cambiar.

Muchas veces la enseñanza tradicional de la termodinámica, se convierte en una simple aplicación retórica de fórmulas con las que los estudiantes son capaces de resolver problemas numéricos, pero siguen sin poder discernir entre conceptos como energía calórica y temperatura, que utilizan en su vida cotidiana de una forma confusa. El señalamiento de Bauman (1992) es más grave y distribuye la culpa entre, un sobreentendimiento o uso inconsistente de la terminología en los textos, el conocimiento inadecuado de los profesores y la inherente dificultad conceptual del tópico.

### **Metodología**

El objetivo de este trabajo es determinar hasta que punto los estudiantes diferencian entre los conceptos de energía calórica y temperatura, sobre todo después de haber estudiado el tema de termodinámica. Fueron evaluados 76 estudiantes, inscritos en varios cursos introductorios universitarios de Química II, después de haber impartido el tema de termodinámica. A todos ellos se les realizaron tres preguntas (ver anexo), extraídas de un estudio realizado por Niaz (2000):

En la pregunta 1 se le indicó al estudiante que considerase dos vasos exactamente iguales, llenos de agua a una temperatura de 40 °C. Si el agua de cada vaso se transfiriera a una jarra, suponiendo que la temperatura se mantuviera constante en el proceso. ¿Cual debería ser la temperatura en el agua de la jarra al terminar el proceso? Se le presentaron diferentes alternativas a escoger (ver anexo).

En la segunda pregunta se le indicó que, al mezclar dos vasos de agua a 20 °C con otros dos vasos de agua a 80 °C, la temperatura de la mezcla resultante era de 50 °C. Se le preguntó, ¿qué temperatura tendría la mezcla de un vaso de agua a 20 °C con otro vaso de agua a 80 °C? Nuevamente se le presentaron diferentes alternativas a elegir (ver anexo).

En la pregunta 3 se le indicó a los estudiantes, que si tienen un recipiente A con 2 litros de agua y otro recipiente B con un litro de agua y ambos recipientes se calientan en dos cocinillas iguales, hasta que el agua empieza a hervir. ¿Qué cantidad de calor debería haber recibido cada recipiente? Se le ofrecieron varias opciones para que seleccionara la que le pareciera correcta (ver anexo).

En cada caso se le exigió al estudiante que justificase la respuesta seleccionada. Cada una de las preguntas estuvo acompañada por el respectivo dibujo, para facilitar su comprensión. Las preguntas

formaron parte de un examen semestral.

## **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS 76 ESTUDIANTES EN LAS PREGUNTAS SEÑALADAS**

En la primera pregunta, 74% de los estudiantes seleccionaron la respuesta correcta con una adecuada justificación, mientras que 7% simplemente seleccionaron la respuesta correcta sin justificación adecuada y otro 5% la justificaron de forma incorrecta. De los restantes estudiantes 3% no respondieron la pregunta y los demás seleccionaron respuestas incorrectas.

En la pregunta número dos, 64% de los estudiantes respondieron correctamente con una adecuada justificación y 3% aun cuando seleccionaron la respuesta correcta, ésta no fue justificada. Un 13% de los estudiantes evaluados seleccionó la respuesta correcta pero la justificación fue incorrecta, 15% seleccionaron respuestas incorrectas y 5% no respondieron a esa pregunta.

Con respecto a la pregunta número tres, 51% de los estudiantes respondió correctamente justificando adecuadamente su selección, 5% aun cuando seleccionó la respuesta correcta, la justificación de su selección fue incorrecta, y 43% de los estudiantes respondió incorrectamente.

La interpretación de los resultados no es sencilla. ¿Cómo después de haber estudiado un curso introductorio de termodinámica, un gran número de estudiantes, sigue sin diferenciar entre energía calórica y temperatura?. Los resultados parecen indicar que los estudiantes encontraron mayor dificultad con la pregunta tres. Muchos de ellos después de haber seleccionado las respuestas correctas a las dos primeras preguntas, en la pregunta tres, nuevamente no diferencian entre ambos conceptos. Cuando podríamos pensar, por las respuestas a las dos primeras preguntas, que un gran número de los estudiantes había logrado esclarecer la diferencia entre energía y temperatura, en la tercera pregunta muchos de esos mismos estudiantes regresan nuevamente a la misma confusión de ambos conceptos. Reiteramos lo señalado con anterioridad, parece que los estudiantes a pesar de haber razonado correctamente en un contexto, regresan a la teoría calórica en un contexto diferente.

A continuación, creemos que sería interesante presentar algunas de las respuestas de los estudiantes a cada una de las preguntas realizadas.

**Ejemplo de respuestas correctas:**

### Pregunta 1:

- La respuesta correcta es 40 °C. Porque solamente se está cambiando el volumen del recipiente y esto no afecta la temperatura.
- La respuesta correcta es 40 °C, porque por el hecho de que se haya duplicado el volumen, no quiere decir que se haya duplicado la temperatura. La temperatura sigue siendo constante, es decir, la misma que había inicialmente en los vasos (40 °C).

### Pregunta 2:

- La respuesta correcta es 50 °C, ya que no importa la cantidad de vasos que se mezclen, mientras sean iguales (1:1), (2:2). La temperatura resultante será igual si se mezclan 10 vasos de 80 °C con 10 vasos de 20 °C, a que se mezcle 1 vaso de 80°C con 1 vaso de 20 °C.
- La temperatura de la mezcla resultante será igual a 50 °C, ya que en el primer ejemplo se mezclaron 2 vasos con temperatura de 20 °C y dos vasos con temperatura de 80 °C y la temperatura resultante fue 50 °C. Ahora que se mezclan 1 vaso con 1 vaso, la temperatura será igual, ésta no es proporcional a la cantidad que se le agregue, por lo tanto se mantendrá constante.

### Pregunta 3

- El recipiente A necesita más cantidad de calor que el otro (B), debido a que posee un volumen mayor. En un lapso de tiempo el recipiente B va a empezar a hervir con mayor rapidez que el A, o sea, que va a alcanzar primero su punto de ebullición.
- El recipiente A necesita más cantidad de calor. Sabemos que la cantidad de calor está dada por:  $q = mC_p\Delta T$  resulta que  $\Delta T$  es igual para los dos recipientes y el calor específico también igual. Sin embargo, la masa del recipiente A es mayor que la masa del recipiente B. Luego  $q_A > q_B$ .

Podemos pensar que estas respuestas de los estudiantes, son deducidas de la teoría cinética de los gases, que les fue impartida en un curso previo de química general. Sin embargo una gran cantidad de estudiantes no lograron llegar a esa conceptualización. Las siguientes respuestas son ejemplos de esto.

### **Ejemplo de respuestas incorrectas:**

#### **Pregunta 1**

- La temperatura está entre 40 °C – 80 °C ya que al transferir el contenido de los dos vasos a la jarra se puede concluir que la temperatura del agua es la mencionada
- Yo digo que todo depende de la temperatura que tenga el recipiente, en este caso tiene que ser menor de 80 °C, si el recipiente está en condiciones ambientales.

#### **Pregunta 2**

- Más de 50 °C. Porque cuando se agrega una temperatura mayor la menor tiende a aumentar.
- Más de 50 °C porque hay menos calor liberado que en la primera parte del experimento.

Estas respuestas son un claro ejemplo de la gran confusión que mantienen los estudiantes con respecto al concepto de temperatura, como algo que, al igual que el calor, se puede agregar o quitar. Posiblemente es un remanente de la teoría calórica que se niegan a erradicar, quizás porque forma parte del ‘corazón duro’ (Lakatos, 1970) de conocimientos previos.

#### **Pregunta 3**

- Los dos recipientes recibieron la misma cantidad de calor, ambos comienzan a hervir a una temperatura de 100 °C no importa la cantidad de agua que tenga cada recipiente.
- Los dos recipientes recibieron la misma cantidad de calor ya que se les está administrando la misma temperatura.

Estas respuestas revelan la completa confusión entre calor y temperatura, que persiste aun después de haber estudiado el tema de termodinámica.

### Ejemplo de respuestas incorrectas con estrategia aditiva:

Las respuestas que se van a presentar a continuación, aunque en algunos casos el resultado numérico es correcto, representan un claro ejemplo de razonamiento basado en estrategia aditiva, en el sentido que la temperatura puede ser añadida igual que el calor. Es interesante resaltar, tal como Niaz (2000) señala, que la historia de la ciencia muestra algunos científicos que razonaban en una forma similar durante el siglo XIX.

#### Pregunta 1

- La temperatura del agua en la jarra es:  $40\text{ }^{\circ}\text{C} + 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Mediante la transferencia de los dos vasos a una jarra, las dos temperaturas se suman y se halla una temperatura promedio entre las dos:

$$\frac{40 + 40}{2} = \frac{80}{2} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### Pregunta 2

- Más de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si se mezclan en un recipiente dos envases distintos, su temperatura va a ser igual a la suma de los dos envases que se introdujeron en el recipiente.
- La temperatura resultante será de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si se mezclaran:

$$2 \text{ vasos de } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T_1 = 20 + 20 = 40$$

$$2 \text{ vasos de } 80\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \Delta T_2 = 80 + 80 = 160$$

$$\Delta T_T = \frac{200}{4}\text{ }^{\circ}\text{C} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

4

### CONCLUSIONES

Como hemos podido observar de los resultados obtenidos, la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos de energía calórica y temperatura, varía desde 74 y 64% de respuestas correctas en las preguntas 1 y 2, a una caída hasta 51% en la pregunta 3. Lo más resaltante, sin embargo, no es la disminución en sí, sino que los mismos estudiantes que en las dos primeras preguntas habían tenido un razonamiento muy cercano a la teoría cinética, posteriormente fallan estrepitosamente y presentan en sus

respuestas a la pregunta 3, un regreso a la teoría calórica cuando de nuevo, el calor y la temperatura lo utilizan como algo que se puede añadir a voluntad, confundiendo, además ambos conceptos. Los estudiantes oscilan entre ambas conceptualizaciones (teoría cinética vs. teoría calórica). Lo más preocupante a resaltar es que un alto porcentaje de estudiantes, aún después de haber estudiado el tema de termodinámica, siguen manteniendo su concepción inicial sobre ambos conceptos.

Mucho se ha escrito acerca de por qué los estudiantes tienden a mantener o a regresar a sus concepciones alternativas a pesar de los esfuerzos de los profesores. Hay que aceptar que cambiar la forma de pensar es un proceso complejo y lento, sin embargo, cuando los estudiantes encuentren que las nuevas ideas tienen más sentido que sus ideas iniciales, seguramente tenderán a usar las nuevas ideas (Taber, 2000). Es bueno recordar que, debemos pensar en diseñar estrategias que faciliten a los estudiantes la comprensión de los conceptos de energía y temperatura y por lo tanto a diferenciar entre ellos.

Finalmente se sugiere que la enseñanza de la termodinámica en cursos universitarios, no consista en simple manipulación de fórmulas y cálculos. Al contrario, si queremos que los estudiantes diferencien entre energía calórica y temperatura, es esencial que se haga hincapié en la conceptualización de estos aspectos. Por ejemplo en este estudio algunos estudiantes utilizaron sus conocimientos termodinámicos ( $q = mC_p\Delta T$ , p. 10) de una manera creativa para resolver un problema que tradicionalmente no se discute en el salón de clase.

## BIBLIOGRAFÍA

Bauman, R. P.: Physics that textbook writers usually get wrong, *The Physics Teacher*, 30, 353-358, 1992.

Ben-Zvi, R., Silberstein, J., & Mamlok, R.: A model of thermal equilibrium: A tool for the introduction of thermodynamics, *Journal of Chemical Education*, 70, 31-34, 1993.

Brush, S. G.: *The kind of motion we call heat: A history of the kinetic theory of gases in the 19<sup>th</sup> century* (Book 1). New York: North-Holland, 1976.

Carlton, K.: Teaching about heat and temperature, *Physics Education*, 35, 101-105, 2000.

Cowan, R & Sutcliffe, N. B.: What children's temperature predictions reveal of their understanding of temperature, *British Journal of Educational Psychology*, 61, 300-309, 1991.

Crute, T.: A pictorial analogy for energy content and temperature, *Journal of Chemical Education*, 72, 914-915, 1995.

Driver, R., & Erickson, G.: Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual *frameworks* in science, *Studies in Science Education.*, 10, 37-60, 1983.

Erickson, G. L.: Children's conceptions of heat and temperature, *Science Education*, 63, 221-230, 1979.

Erickson, G. L.: Children's viewpoints of heat: A second look, *Science Education*, 64, 323-336, *Science Education* 1980.

Gilbert, J. K., & Watts, D. M.: Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education, *Studies in Science Education*, 10, 61-98, 1983.

Goodwin, A. & Orlik, Y.: An investigation of graduate scientists' understandings of evaporation and boiling, *Journal of Science Education*, 1, 118-123, 2000.

Granville, M. F.: Student misconceptions in thermodynamics, *Journal of Chemical Education*, 62, 847, 1985.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G.: "Force concept inventory" *The Physics Teacher*, 30, 141, 1992.

Laburú, C. E., & Niaz, M.: A Lakatosian framework to analyze situations of cognitive conflict and controversy in students' understanding of heat energy and temperature, *Journal of Science Education and Technology*, 11, 211-219, 2002.

Lakatos, I.: Falsification and the methodology of scientific research programs. En I.

Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1970.

Nachimias, R., Stavy, R., & Avrams, R.: A microcomputer-based diagnostic system for identifying students' conceptions of heat and temperature, *International Journal of Science Education* 12, 123-132, 1990.

Niaz, M.: A framework to understand student's differentiation between heat energy and temperature and its educational implications, *Interchange*, 31, 1-20, 2000.

Peckman, G. D., & McNBIBLIOGRAFÍAaught, I. J.: Heat and work are not "forms of energy", *Journal of Chemical Education*, 70, 103-104, 1993.

Romer, R.: Heat is not a noun, *American Journal of Physics*, 69 (2), 107-109, 2001.

Taber, K. S.: Finding the optimum level of simplification: the case of teaching about heat and temperature, *Physics Education*, 35, 320-325, 2000.

Thomaz, M. F., Malaquias, I. M., Valente, M. C., & Antunes, M. J.: An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature, *Physics Education*, 30, 19-26, 1995.

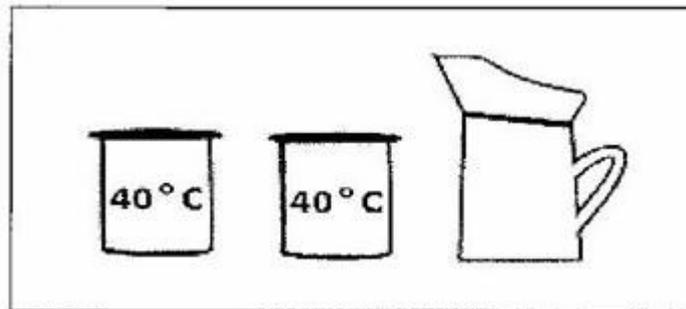
Wiser, M. The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift. In S. Strauss (Ed.), *Ontogeny, phylogeny, and historical development* (pp. 28-48). Norwood, NJ: Ablex, 1988.

Yeo, S., & Zadnik, M.: Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding, *The Physics Teacher*, 39, 496-504, 2001.

## ANEXO

### PRUEBA USADA PARA EVALUAR LA COMPRESIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE ENERGÍA CALÓRICA Y TEMPERATURA

#### Pregunta 1

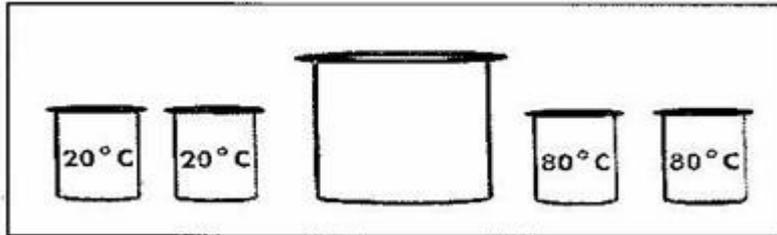


Tenemos dos vasos exactamente iguales llenos de agua y los dos a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ . Se transfiere el contenido de los dos vasos a una jarra. Suponiendo que durante la transferencia la temperatura del agua se mantuvo constante, se puede concluir que la temperatura del agua en la jarra es:

- a)  $80^{\circ}\text{C}$
- b)  $40^{\circ}\text{C}$
- c) Entre  $40^{\circ}\text{C}$  y  $80^{\circ}\text{C}$
- d) Menos de  $40^{\circ}\text{C}$
- e) Más de  $80^{\circ}\text{C}$

Justifique su respuesta

Pregunta 2

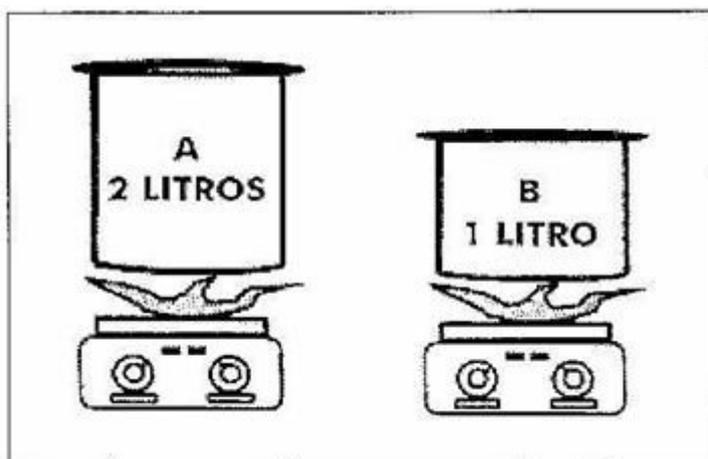


Se mezclan dos vasos de agua a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  con otros dos vasos de agua a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de la mezcla resultante es  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si se mezcla un vaso de agua a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  con otro vaso de agua a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la mezcla resultante tendrá una temperatura de:

- a) Más de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) Menos de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c)  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Justifique su respuesta

Pregunta 3



Tenemos un recipiente A con 2 litros de agua y el otro recipiente B con 1 litro de agua. Se colocan los dos recipientes sobre dos cocinillas iguales y se calientan hasta que el agua empieza a hervir ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en los dos recipientes. Se puede concluir:

- a) Los dos recipientes recibieron la misma cantidad de calor.
- b) El recipiente A recibió más calor.
- c) El recipiente B recibió más calor

Justifique su respuesta.