



# La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Segunda parte

Gilda Noemí Dima<sup>1</sup>, Beatriz del Rosario Follari<sup>1</sup>, Teresa Perrotta<sup>1</sup>,  
María Eugenia Carola<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Av. Uruguay n° 151,  
(6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

<sup>2</sup>Colegio Secundario María Auxiliadora, Avda. San Martín Oeste n° 63  
(6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

**E-mail:** dimascari@cpenet.com.ar

(Recibido el 20 de Agosto de 2013; aceptado el 17 de Diciembre de 2013)

## Resumen

En el presente artículo se relata cómo se implementó una estrategia de enseñanza, basada en el Aprendizaje Activo de la Física, para estudiar fenómenos térmicos, dando continuidad al artículo “La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Primera parte”, donde se fundamenta la misma. Las actividades experimentales y los problemas referidos al conocimiento de los fenómenos térmicos vinculados con la experiencia cotidiana de los jóvenes, favorecieron la apropiación de los conceptos tratados. Esto permitió una interpretación correcta y la formación de una conciencia crítica en relación a la utilización de los recursos energéticos y en la toma de decisiones como ciudadanos fundadas en el conocimiento científico. En este artículo mostramos tanto el desarrollo de la experiencia en segundo año de Polimodal del Colegio María Auxiliadora de Santa Rosa, La Pampa, Argentina, durante el año 2012, como los resultados alcanzados.

**Palabras clave:** conservación de la energía, estrategia didáctica, aprendizaje activo, nivel medio.

## Abstract

The present paper explains how a teaching strategy based on Active Learning of Physics was implemented so as to study thermic phenomenon, thus giving continuity to the previous article called “Teaching energy at High School Level: a didactic strategy. First part” where the strategy was supported. The experimental activities and problems referring to knowledge about thermic phenomenon connected to youngsters’ everyday experience favoured the appropriation of the studied concepts. This allowed a correct interpretation and the formation of a critic consciousness in relation to the use of energy resources as well as to the decisions taken by citizens founded in scientific knowledge. In this article, we will show both the development of the experience at second grade Polimodal at Colegio María Auxiliadora de Santa Rosa, La Pampa, Argentina, during 2012, and the achieved results.

**Keywords:** Energy conservation, didactic strategy, active learning, High School Level.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.55.+b

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza del tema energía es básico en los distintos niveles educativos. Se puede pensar como un eje que articula distintos tipos de fenómenos. Su abordaje en sucesivas instancias desde una misma perspectiva ayuda a los alumnos a integrar sus conceptos y relacionarlos de manera natural.

En el primer artículo “La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Primera parte” [1] se presenta la fundamentación de la estrategia utilizada en primer y segundo año de nivel Polimodal en los años 2010, 2011 y 2012 (que a partir de 2013 se llaman cuarto y quinto año del nuevo secundario). En éste se detalla la estrategia aplicada en el primer año cuando se trata Mecánica. En el

presente artículo se relata cómo se utilizó la estrategia de enseñanza en segundo año con los mismos alumnos, al estudiar fenómenos térmicos.

Al introducir el concepto de energía en el primer año se puso énfasis en la selección del sistema en estudio y la delimitación de su frontera. La energía del sistema (cinética y potencial) puede modificarse por distintos mecanismos de transferencia de energía desde o hacia el exterior del mismo. Además de otros procesos de transferencia se destacan el trabajo y el calor [2, 3, 4, 5, 6]. En esa primera etapa (primer año), sólo se trató la transferencia por trabajo, resaltando el hecho de que existen otras posibilidades. Desde un comienzo se introdujo la ecuación de la energía:

$$W_{ext} + Q = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{int}, \quad (1)$$

donde  $W_{ext}$  es el trabajo de las fuerzas externas,  $Q$  la energía transferida por calor,  $\Delta E_c$  la variación de la energía cinética,  $\Delta E_p$  es la variación de la energía potencial y  $\Delta E_{int}$  la variación de la energía interna.

Esta última se presenta como la debida a movimientos de las partes del sistema, incluyendo las energías cinética microscópica asociada al movimiento vibracional de las moléculas y potencial relacionada con las fuerzas entre moléculas o entre los átomos de una molécula (química).

Estos conceptos cobran importancia en el segundo año ya que son cruciales para comprender los fenómenos térmicos [7, 8].

Las actividades que hemos diseñado están basadas en la metodología del Aprendizaje Activo [9, 10]. Recordamos que en esta metodología se utiliza un ciclo de aprendizaje que procura que el estudiante reconozca sus propios pensamientos respecto de cómo funciona el mundo físico y lo confronte con los resultados de la experimentación, tanto como sea posible. Ellas utilizan los siguientes pasos: predicción (basada en las creencias del alumno), discusión entre pares en pequeños grupos, observación de la experiencia y comparación entre el resultado experimental y las predicciones. En estas estrategias el rol del profesor es el de guiar al alumno en su proceso de aprendizaje.

La investigación ha mostrado que esta metodología de Aprendizaje Activo, promueve el aprendizaje de la Física [11, 12, 13].

## II. METODOLOGÍA

La estrategia elaborada se puso en práctica en el Colegio María Auxiliadora de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Se aplicó durante los años 2011 y 2012 en segundo año de Polimodal, con las mismas cohortes de alumnos que se trabajó en primer año. El crédito horario es de dos módulos semanales de 80 minutos cada uno de ellos. Treinta y dos (32) estudiantes conformaron la muestra.

Las actividades se desarrollaron durante el primer cuatrimestre.

La metodología de trabajo utilizada es la misma que en primer año, ya que es una continuación de ésta.

Los instrumentos de evaluación de la Estrategia fueron:

✓ *Test sobre Calor y Temperatura*. Las preguntas fueron seleccionadas del test presentado por Lang da Silveira y Moreira [14].

✓ *Observaciones no participantes*: se recurrió a un protocolo escrito elaborado por el grupo de investigación para analizar la clase escolar desde la multirreferencialidad, teniendo en cuenta una *perspectiva social* (comunicación, liderazgo, interacción al realizar tareas, roles), *psicológica* (conductas que se manifiestan en los grupos que afectan al desarrollo de una clase e *instrumental* (referente a la tarea y producción realizados por alumnos y docentes) [15, 16].

✓ *Producciones escritas individuales y/o grupales*

✓ *Evaluaciones escritas individuales*

El primer instrumento se administró antes de comenzar a aplicar la estrategia. Al finalizar, se tomó el mismo

cuestionario como postest. En el año 2011 se utilizó una primera versión donde las cuestiones se seleccionaron casi textualmente del protocolo realizado oportunamente por Lang da Silveira y Moreira [14]. Se analizaron los resultados de este test y se hizo evidente que las cuestiones seleccionadas no consideraban algunos temas en los que se puso énfasis en la enseñanza. Por otro lado ciertos ítems no tenían enunciados suficientemente claros para los alumnos a los que iban dirigidos. Por esta razón se adaptó el test, fue probado con otros alumnos de perfil similar con los cuales trabajamos y llevamos adelante la estrategia.

De esta manera en el año 2012 se presentó una versión con un lenguaje más accesible y que cubría más acabadamente los conceptos abordados en el curso.

## III. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

A continuación mencionamos las distintas actividades desarrolladas secuencialmente en segundo año, durante el ciclo lectivo 2012.

### A. Simulaciones

En la primer parte de esta etapa se propusieron actividades destinadas a reafirmar y recordar lo estudiado el año anterior. Una de ellas es una simulación, que permitió que los estudiantes pensarán en situaciones de conservación de la energía y que les resultara atractiva.

La simulación elegida fue tomada de la página <http://phet.colorado.edu/index.php>, su nombre es Pista de patinar “energía” (Energy-skate-park). Los resultados alcanzados con ella en 2011 indican que la simulación ha contribuido de manera favorable para volver a ubicar a los alumnos en el tema y profundizar su aprendizaje conceptual [17].

Antes de abordar los conceptos propios de la Física térmica se administró el test sobre calor y temperatura para conocer el estado inicial de los estudiantes en relación con estos temas.

Los conceptos de calor y de temperatura se profundizaron a partir de otra simulación: “propiedades de los gases” en <http://phet.colorado.edu/index.php>. Se planteó esta actividad con el objetivo de aprender que la temperatura es una medida de la energía cinética interna debida al movimiento de vibración de las moléculas, mientras que el calor es la transferencia de energía causada por una diferencia de temperatura entre el sistema y su entorno. Para ello, habitualmente se eligió como sistema al contenido de un vaso, o un cuerpo o un calorímetro, es decir, se recordó que es necesario que se definan claramente los límites del sistema lo que ayudará a caracterizar qué se considera entorno (por ejemplo, el sistema puede ser un trozo de metal y el entorno agua y el recipiente a una temperatura diferente).

Si no existe transferencia de energía por trabajo externo (lo que más adelante podría pensarse), y si no varía la energía cinética del centro de masas ni la energía potencial, la ecuación

$$W_{ext} + Q = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{int}, \quad (1)$$

toma la forma:

$$Q = \Delta E_{int}. \quad (2)$$

## B. Clases teóricas

Las escalas termométricas (Celsius, Fahrenheit y Kelvin) se presentaron en una clase expositiva por parte del profesor a cargo del curso. A continuación se resolvieron problemas y cuestiones sobre todos los conceptos estudiados hasta aquí.

## C. Experiencia de laboratorio (Física en Tiempo real)

Se presentó un laboratorio para relacionar, a partir del análisis de los resultados del mismo, la energía transferida a un sistema con el cambio de temperatura que éste experimenta. La experiencia es conocida, se utilizaron dos sustancias distintas: agua azucarada y agua destilada, se les transfirió energía por calor con un mechero a cada una de ellas, se fueron anotando las distintas temperaturas a intervalos de tiempo iguales. Luego se les pidió a los alumnos que graficaran estas temperaturas en función del tiempo y sobre el análisis de los gráficos obtenidos se construyó, con la ayuda del docente, el concepto de calor específico [8]. Es decir, deducen la relación:

$$Q = c_e m \Delta T, \quad (3)$$

donde  $Q$  es la energía transferida por calor,  $c_e$  el calor específico de la sustancia,  $m$  la masa y  $\Delta T$  la variación de temperatura.

Las actividades se plantearon respetando las etapas de predicción, experimentación y contrastación propias del Aprendizaje Activo. En este caso, los alumnos fueron divididos en grupos de cuatro o cinco, cada uno de ellos con un equipo experimental. Luego de la experiencia, completaron una hoja de resultados que fue revisada por el docente y que les serviría para estudiar.

En la experiencia de laboratorio se les hizo medir las temperaturas hasta que éstas se estabilizaran. Cuando realizaron el gráfico se les hizo notar este hecho aunque no se profundizó en ello, es decir todavía no se abordó el caso de cambio de fase. Se resolvieron primero, problemas en los cuales el cambio de estado no estuvo presente. Luego de la experiencia se plantearon ejercicios de lápiz y papel a fin de lograr una mejor comprensión del tema.

## D. Clase Interactiva demostrativa

➤ Con el objeto de estudiar qué sucede con la temperatura de un sistema mientras se produce el cambio de estado, se recurrió a una clase interactiva demostrativa [7].

Es una realidad de nuestra tarea docente el hecho de que en la mayoría de los colegios donde trabajamos, no contamos con material adecuado ni suficiente cantidad del

mismo; por esto se eligió una clase demostrativa en la que el docente lleva adelante la experiencia para todos los alumnos. Como sistema de estudio para este laboratorio se empleó chocolate reposterero (podría recurrirse a cualquier otra sustancia). La elección se basó en que su temperatura de fusión podía ser medida con los termómetros disponibles en el colegio y además es un material de uso cotidiano. Como resultado de la experiencia se concluyó que durante el cambio de fase, la energía entregada por calor puede expresarse como:

$$Q = L.m, \quad (4)$$

donde  $m$  es la masa y  $L$  es el calor latente de fusión o vaporización según qué cambio de estado se produce.

Consideramos muy importante el hecho de que se reconociera el cambio de fase como una modificación de las distancias entre las moléculas. Nos apoyamos en los conceptos que estos alumnos habían trabajado en años anteriores (en química específicamente) para retomar el concepto de fuerzas de cohesión y relacionarlas con una energía potencial (incluida en la  $E_{int}$ ) que aumenta cuando las moléculas se separan. En este contexto resulta posible explicar que la energía transferida por calor que ingresa al sistema es invertida en el aumento de esta energía potencial mientras se produce el cambio de fase (la fusión o la vaporización), sin que cambie la energía cinética interna debida a la vibración de las moléculas. La consecuencia de ello es que la temperatura permanece constante. El tratamiento de este tema se hizo con mucho cuidado de manera de no entorpecer el aprendizaje de los estudiantes con términos que no les fueran familiares.

Los conceptos de calor latente de fusión y vaporización y de puntos de fusión y ebullición fueron reforzados con problemas que incluyeron diferentes sustancias y situaciones. Como permanentemente se trabajó con la ecuación de conservación de la energía (ecuación 1), resultó natural introducir el hecho de que un cambio de temperatura puede darse no sólo cuando existe una diferencia de temperatura con el entorno, sino también cuando se realiza trabajo sobre el sistema bajo estudio. De manera cualitativa se mencionó la experiencia de Joule y se ejemplificó con situaciones cotidianas. En este caso:

$$W_{ext} + Q = \Delta E_{int}. \quad (5)$$

➤ Por último se profundizó el concepto de equilibrio térmico, el cual ya se había considerado implícitamente desde el momento en que se habló de temperatura: era momento de formalizarlo.

Para este tema también se recurrió a una clase interactiva demostrativa; se elaboró en base a la propuesta presentada por Sokoloff [18] en el 4to Taller de Aprendizaje Activo de la Física [19]. En este caso los estudiantes deben responder algunas preguntas en su "Hoja de Predicciones", luego se realiza la experiencia frente a la clase, pidiendo la colaboración de algunos alumnos para llevar a cabo las mediciones, completan entonces la "Hoja

de Resultados” y finalmente contrastan sus predicciones con los resultados haciendo una puesta en común.

Se transcribe parte de las hojas que deben completar los alumnos:

### **Clase Interactiva demostrativa: Equilibrio térmico Hoja de Predicciones**

-Observar qué ocurre con la temperatura de dos sistemas, inicialmente a diferente temperatura, cuando se mezclan.

-Analizar qué sucede con la energía interna de ambos sistemas hasta alcanzar el equilibrio térmico.

#### **Demostración 1:**

Para realizar esta actividad se colocarán en un calorímetro, primero cantidades iguales y luego distintas, de agua caliente y agua fría. Registrarán la temperatura inicial de ambas cantidades de agua por separado y luego de mezclarlas continuarán midiendo la temperatura durante un cierto tiempo.

Realizarán las predicciones que se detallan a continuación. Luego llevarán a cabo la experiencia registrando los resultados para analizar y contrastar con sus predicciones. Por último elaborarán sus conclusiones.

#### **Predicciones**

Suponga que tiene una masa de agua caliente (a 80°C) en un recipiente y una masa igual de agua a temperatura ambiente (20°C) en otro recipiente. Luego la introduce en el calorímetro y las deja allí un cierto tiempo:

A.- ¿Cuál es su predicción acerca de la temperatura final del agua en el calorímetro? Su temperatura ¿está en el punto medio entre las temperaturas iniciales?, ¿Estará más cerca de 80°C? o ¿estará más cerca de 20 °C?

B.- Si ahora la masa de agua caliente es la mitad de la masa de agua a temperatura ambiente, ¿cuál es su predicción acerca de la temperatura final del agua en el calorímetro?, Su temperatura ¿está en el punto medio entre las temperaturas iniciales?, ¿Estará más cerca de 80°C? o ¿estará más cerca de 20 °C?

#### **Hoja de Resultados**

##### **Demostración 1**

- Una vez realizada la experiencia anote los resultados y compare con las predicciones que efectuó en A y B.
- ¿A qué temperatura llegó la mezcla?, ¿Es razonable el valor obtenido?
- Registrar las conclusiones a las que llegan junto al docente.

De igual forma se redactó una hoja para el docente donde se indica qué pasos debe seguir y se sugieren las preguntas que conviene hacer a los alumnos para arribar a las conclusiones. A modo de ejemplo transcribimos uno de ellos:

#### **Hoja para el docente**

-Realizar la experiencia y comparar los resultados obtenidos con las predicciones realizadas A y B. ¿A qué

temperatura llegó la mezcla? ¿Es razonable el valor obtenido? Remarcar el concepto de equilibrio térmico. Fijarse que los alumnos anoten las conclusiones en la hoja de resultados.

#### **E. Experiencia de laboratorio (Física en Tiempo real)**

Con el objeto de completar y profundizar la idea de equilibrio térmico y de calor específico se llevó a cabo una experiencia bien conocida: determinar el calor específico del material del que está formado un cuerpo utilizando un calorímetro. En este caso, trabajaron en grupos de cinco alumnos. El planteo de la experiencia siguió los lineamientos del Aprendizaje Activo.

#### **F. Problemas de lápiz y papel**

Luego de introducir cada concepto se resolvieron problemas sobre: escala termométrica, energía transferida a un sistema con el cambio de temperatura que éste experimenta, cambio de fase y equilibrio térmico. En la redacción de éstos, realizada por el grupo de investigación, se ha procurado plantear situaciones cercanas a la experiencia de los alumnos y se proponen algunos problemas ricos en contexto [20]. Para su solución los estudiantes trabajan en pequeños grupos que favorecen la discusión y la verbalización de las ideas que sostiene cada uno. La solución de estos problemas no es simplemente aplicar una ecuación, sino plantear una situación un poco más compleja y con las incógnitas menos definidas, lo que lleva a la discusión entre pares. Ejemplos de estos problemas son los siguientes:

- *En una película de vaqueros, el muchacho busca cierta información que puede darle el herrero. Mientras hablan, éste prepara una herradura para colocársela al caballo del muchacho. La herradura es de hierro de 0,40 kg y está sobre un fogón. El herrero la retira y la echa en un tacho con 10 kg de agua. Como es un día frío, el agua está a unos 10 °C y luego de que llega al equilibrio térmico con la herradura, la temperatura es de unos 12,4 °C. El muchacho, curioso, le pregunta al herrero “¿qué temperatura tiene la herradura cuando la saca del fuego?” El herrero se sonríe y le contesta “averígualo” ¿podés ayudarlo?*

- *En un programa de cocina, un cocinero hizo un guiso en una olla a presión. Cuando estuvo listo, apagó el fuego, esperó un ratito mientras preparaba una guarnición, y abrió la olla. Para hacerlo, primero levantó la válvula para disminuir la presión dentro de la olla y luego sacó la tapa. Mientras hacía esto, se preocupaba por dejar su cara y sus manos fuera del alcance del vapor, diciendo “tengan cuidado con el vapor porque puede producir quemaduras más graves que las del agua hirviendo”.*

*Discute con tu compañero acerca de esta afirmación ¿en qué condiciones será cierto? ¿por qué? Ten en cuenta que la temperatura final del agua en ambos casos será la de la piel (unos 37 °C).*

Demuestren sus conclusiones realizando los cálculos correspondientes (tomen una masa de 5 g).

Las últimas actividades consistieron en una evaluación escrita y la administración del postest.

#### IV. RESULTADOS

Presentamos los resultados obtenidos con los distintos instrumentos que nos permitió evaluar la estrategia.

-Como ya hemos mencionado en el año 2011 se aplicó un pre y postest basado en el de Lang da Silveira y Moreira [14]; los resultados obtenidos también indicaron que se hacía necesario fortalecer algunas actividades de la estrategia para el año 2012. Por ejemplo profundizar los conceptos de calor y temperatura en las actividades presentadas como problemas y discusiones en clase.

La presentación del test en su totalidad excede el propósito de este artículo por lo que mostraremos sólo los enunciados de algunas preguntas y los resultados del test

		ÍTEM
<b>V</b>	<b>F</b>	<b>1.- Asociamos la existencia de calor:</b>
	X	I) a cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor;
	X	II) sólo a aquellos cuerpos que están “calientes”;
X		III) a la transferencia de energía entre cuerpos que están a distinta temperatura
<b>V</b>	<b>F</b>	<b>2.- Calor es:</b>
	X	I) la energía cinética de las moléculas;
X		II) la energía transferida sólo en el caso en el que existe una diferencia de temperaturas;
	X	III) la energía contenida en un cuerpo.

Los resultados obtenidos en este primer bloque, si bien indican un aumento de respuestas correctas, presentan ganancias muy bajas (0,1 para el ítem 1 y 0,04 para el ítem 2). Además, en términos absolutos, menos de un tercio de los alumnos lograron responder bien.

Recordamos que la ganancia es una medida de la mejora obtenida en un tema determinado después de aplicar la estrategia en relación a los conocimientos previos de los alumnos [10].

$$g = \frac{\% \text{ respuestas correctas Postest} - \% \text{ respuestas correctas Pretest}}{100 - \% \text{ de respuestas correctas Pretest}}$$

Luego de culminar con el tema sigue siendo importante la proporción de alumnos que señala que: “*el calor está contenido en los cuerpos*”.

En el segundo bloque, que trata los conceptos de calor, temperatura y energía interna, los resultados indican que más de la mitad de los alumnos logra distinguir entre calor y temperatura; en menor cantidad pueden relacionar la temperatura con la energía interna.

En lo que hace al bloque que considera los efectos de la transferencia de energía por calor se obtienen buenas ganancias, sobre todo en los casos en que no existe un cambio de fase. Más de la mitad de los alumnos interpreta correctamente el concepto físico de calor específico.

administrado en el año 2012. El cuestionario está conformado por una serie de diez ítems. Un análisis completo y más profundo de los resultados alcanzado con este instrumento será presentado en un próximo trabajo.

Hemos seguido el criterio de análisis propuesto por Lang da Silveira Moreira [14], en cada ítem se analizan en conjunto las respuestas dadas a las tres afirmaciones presentadas. Además, se deben considerar en conjunto los ítems que se refieren a los mismos conceptos, lo que proporciona una visión más acabada del pensamiento de los estudiantes antes y después de la instrucción.

En nuestro análisis se han clasificado las cuestiones en cuatro bloques: 1) concepto de calor; 2) calor, temperatura y energía interna; 3) efectos de la transferencia de energía por calor: variación de temperatura y cambio de fase y 4) equilibrio térmico.

A modo de ejemplo, mostramos sólo las cuestiones del test que indagan sobre el concepto de calor.

Los resultados son positivos en los dos ítems del bloque referido al equilibrio térmico, con ganancias cercanas a 0,3.

Los estudiantes encuestados son capaces de reconocer que cuerpos conformados por diferentes materiales, luego de cierto tiempo de estar en contacto, alcanzan la misma temperatura; sin embargo las respuestas equivocadas se inclinaron por decir que: el metal “*está más frío*” que otros materiales.

-Nuestros registros escritos de las observaciones no participantes nos permiten afirmar que el grupo de alumnos pudo discutir sus ideas expresándose correctamente. La docente a través de preguntas adecuadas y relacionadas con hechos cotidianos, logro despertar el interés y la participación activa de los estudiantes. En la actividad experimental, los registros reflejan actitudes de participación para con esta tarea por parte de un número importante de alumnos. En los grupos de trabajo se notó una adecuada distribución de roles y un permanente intercambio de ideas.

-Las producciones escritas de los alumnos: predicciones, informes de laboratorio y de las simulaciones (Hoja de Resultados) y evaluaciones individuales fueron corregidas por la docente, quien realizó una devolución a cada grupo y/o estudiante. Se observó que el lenguaje utilizado por ellos fue apropiado.

En cuanto a la resolución de problemas de lápiz y papel la docente controló que cada alumno, individualmente o en grupo, desarrollara las actividades propuestas; generando la discusión y realizando una puesta en común al final.

Para la acreditación de la materia se tuvo en cuenta las evaluaciones escritas individuales, los informes de laboratorio, su participación en las actividades desarrolladas en el aula y en el laboratorio sobre todo en las predicciones. Se controlaron sus carpetas durante todo el proceso observando el cumplimiento de las tareas indicadas, sobre todo la resolución de los problemas de cada guía.

Luego de la experiencia en la cual se encontró la ecuación (3), la profesora tomó una evaluación escrita sobre los conceptos de calor, temperatura, energía interna y cambio de temperatura al transferir energía por calor al sistema. Las preguntas se plantearon de tal forma que obligaba a los alumnos a redactar respuestas en las que podía observarse el uso del lenguaje como reflejo de las ideas que expresaban. Uno de los ítemes fue:

*Teniendo en cuenta el significado científico de las palabras calor, temperatura y energía interna, digan y justifiquen cuáles de las siguientes frases son correctas y cuáles no:*

- a) *Un litro de agua azucarada a 60°C posee más calor que un litro de agua azucarada a 30°C.*
- b) *Un litro de agua a 303K posee más energía interna que un litro de agua a 10°C.*
- c) *Un cuerpo puede aumentar su energía interna absorbiéndola por calor de otro cuerpo a mayor temperatura.*
- d) *A la misma temperatura, 4 kg de plomo tienen más calor que 2 kg de plomo.*
- e) *Se necesita más energía para elevar 1°C la temperatura de dos kg de agua azucarada que para lograr igual aumento de un kg del mismo líquido.*

En el punto (a), veintidós alumnos sobre un total de treinta y dos, contestan correctamente con frases como: “*es incorrecto. Tiene más energía interna y más temperatura. No se puede poseer calor*”. Las respuestas dadas al resto de los apartados, se encuentran en concordancia con las dadas en el ítem a).

Otras preguntas se refirieron a la simulación y a la experiencia realizada. Lo que se observa es que la mayoría de los estudiantes distinguen claramente entre los tres conceptos indagados. Las notas finales de la evaluación son buenas. Sólo tres alumnos desaprobaron y trece obtuvieron una calificación superior a 8.

Después de estudiar equilibrio térmico se tomó una segunda evaluación escrita, con resultados similares a la primera evaluación.

## V. CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados podemos hacer referencia a que los alumnos se expresan en las distintas instancias de manera correcta: hablan de transferencia de energía, de diferencias de temperatura y sus expresiones reflejan la idea de que el calor es un proceso y que lo que se transfiere es

energía entre el sistema y su entorno. Creemos que este hecho es un logro significativo, teniendo en cuenta la fuerte influencia de un lenguaje cotidiano (y a veces escolar) que habla del calor como una sustancia que se traslada de un cuerpo a otro [21, 22, 23].

De los resultados alcanzados con cada uno de los instrumentos utilizados para la toma de datos, se puede concluir que este grupo de estudiantes ha comprendido el proceso por el cual un sistema aumenta su temperatura cuando se le transfiere energía por calor y el significado físico de calor latente. En el caso de cambio de fase se evidencian algunas dificultades, sin embargo resuelven bien los ejercicios propuestos y muestran habilidad al momento de dar respuesta a las situaciones planteadas tanto cuando existe cambio de estado como cuando no lo hay.

Algo similar podemos inferir respecto del concepto de equilibrio térmico; sin embargo persiste la idea de que los objetos de metal se encuentran a mayor temperatura que los de otros materiales. Es posible que debamos incluir el fenómeno de conducción del calor, con el objetivo de que puedan interpretar por qué se tiene esa sensación al momento de tocar los objetos metálicos.

Los resultados del pre y postest empleados en el año 2012 señalan algunos puntos en los cuales la estrategia no ha sido efectiva. Si bien en la evaluación que presentamos en el ítem resultados, se muestra que los conceptos de calor, temperatura y energía interna, han sido comprendidos por los alumnos, a más largo plazo, en el postest, los resultados presentan algunos puntos preocupantes. Entre las debilidades podemos mencionar que se vuelven a presentar respuestas en las que el calor se interpreta como algo contenido en los cuerpos. Esta idea, que está presente en el lenguaje cotidiano y que se observa en el pretest, es recurrente, a pesar de las actividades en las que se reitera el concepto del calor como un proceso de transferencia de energía.

Otro aspecto a tener en cuenta es la dificultad de los alumnos para comprender que la transferencia de energía por calor no implica variación de temperatura cuando se está produciendo un cambio de fase. Esto indica una necesidad de incrementar las actividades en las que se ponen en juego estos conceptos, tal vez como preguntas conceptuales más que como problemas numéricos que, en general, resuelven exitosamente.

Las actividades experimentales y los problemas referidos al conocimiento de los fenómenos térmicos vinculados con la experiencia cotidiana de los jóvenes, favorecieron la apropiación de los conceptos tratados. Permitiendo así, una interpretación correcta y la formación de una conciencia crítica en relación a la utilización de los recursos energéticos y en la toma de decisiones como ciudadanos fundadas en el conocimiento científico.

La integración del tratamiento de la energía a lo largo de la escolaridad de los jóvenes lleva a un concepto único y amplio. Creemos que en este mismo esquema se puede aplicar posteriormente el concepto de energía a otros temas, por ejemplo, electricidad, ondas mecánicas, termodinámica.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Perrotta, T., Follari, B., Lambrecht, C., Dima, G., María, Carola, E., *La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Primera parte*, Latin American Journal of Physics Education **7**, 391-398 (2013).
- [2] Jewett, J., *Energy and Confused Student I: Work*, The Physics Teacher **46**, 38-42 (2008).
- [3] Jewett, J., *Energy and Confused Student II: Systems*, The Physics Teacher **46**, 81-86 (2008).
- [4] Jewett, J., *Energy and Confused Student III: Language*. The Physics Teacher **46**, 149-153 (2008).
- [5] Jewett, J., *Energy and Confused Student IV: A Global Approach to Energy*, The Physics Teacher **46**, 210-217 (2008).
- [6] Jewett, J., *Energy and Confused Student V: The Energy/Momentum Approach to Problems Involving Rotating and Deformable Systems*, The Physics Teacher **46**, 269-274 (2008).
- [7] Follari, B., Lambrecht, C., Dima, G., Perrotta, M. T., Carola M. E., *El concepto integrador de la energía en las clases experimentales: transferencia de energía por calor*, Memorias de XVII Reunión Nacional de Educación en la Física, en CD. Archivo 76. (2011).
- [8] Follari, B., Lambrecht, C., Dima, G., Perrotta, M. T., Carola M. E., *Cambios de energía en un sistema debido a la transferencia de energía por calor. Una experiencia de laboratorio*, Latin American Journal Physic Education **46**, 89-98 (2012).
- [9] Redish, E. F., *Teaching Physics with the Physics Suite*, (Wiley, Hoboken, N. J., 2004).
- [10] Sokoloff, D. R., Benegas, J., *Aprendizaje Activo de la Física. II Mecánica. Manual de Entrenamiento*, Universidad Nacional de San Luis, Argentina (2009).
- [11] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*, Latin American J. Physics Education **1**, 32-38 (2007).
- [12] Benegas, J., Villegas, M., Pérez de Landazábal, M., Otero, J y el grupo ACEM. *Resultados de la enseñanza Secundaria en Algunos Países Iberoamericanos*. Memorias en CD Décimo Quinta Reunión Nacional de Educación en Física (REF XV), trabajo 3-73, 11p. Merlo, San Luis, Argentina. ISBN: 978-987-24009-0-3 (2007).
- [13] Sokoloff, D. R., Laws, P., Thornton, R. K., *Real Time Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory*, European Journal of Physics **28**, S83-S94 (2007).
- [14] Lang da Silveira, F., Moreira, M. A., *Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna*, Enseñanza de las Ciencias **14**, 75-86 (1996).
- [15] Souto, M., *Las formaciones grupales en la escuela*, (Paidós, Ecuador, 2000).
- [16] Souto, M., *La clase escolar. Una mirada desde la didáctica de lo grupal*. En *Corrientes didácticas contemporáneas*. Camilloni y otros, (Paidós, Ecuador, 1996).
- [17] Lambrecht, C., Dima, G., Perrotta, M. T., Gutiérrez, E., Carola M. E., Follari, B., *La simulación para la enseñanza de la conservación de la energía en el nivel polimodal*. Memorias de XVII Reunión Nacional de Educación en la Física, en CD. Archivo 88 (2011).
- [18] Sokoloff, D. R. and Thornton, R. K., *Interactive Lecture Demonstrations*, (Hoboken, N. J., Wiley, 2004).
- [19] Benegas, J., Sokoloff, D., Laws, P., Zavala, G., Punte, G., Gangoso, Z., Alarcón, H., *Aprendizaje Activo de la Física. IV- Termodinámica y Fluidos. Manual De Entrenamiento*, (Universidad Nacional de San Luis, Argentina, 2011).
- [20] Heller P.; Heller, K., *Cooperative Group Problem Solving in Physics* (University of Minnesota, 1999).
- [21] Solves, J., Tarín, F., *La conservación de la energía: un principio de toda la Física. Una propuesta y unos resultados*, Enseñanza de las Ciencias **22**, 185-194 (2004).
- [22] Capuano, V., Botta, I., Follari, B., de la Fuente, A. M., Gutiérrez, E., Perrotta, M. y Dima, G., *Análisis de un pre y postest sobre el tema energía en un curso universitario de Física Básica*. Memorias en CD del Octavo Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF8), pp. 72-88. Gualaguaychú, Argentina (2006).
- [23] Velazco, S., Salinas, J., *El concepto de energía en las concepciones y en el desarrollo histórico de la física*. Memorias en CD del Octavo Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF8), 79-84. Gualaguaychú, Argentina (2006).