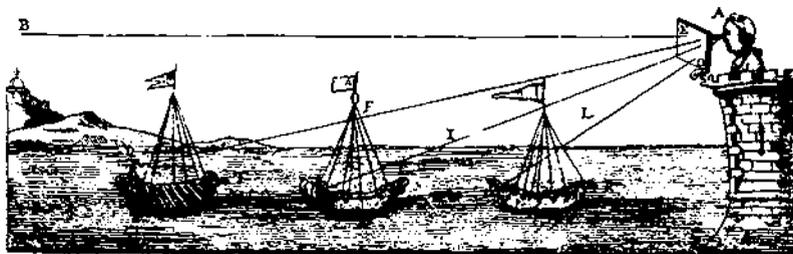


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



ESTUDIO DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA BÁSICA

MARTÍNEZ, J.M. y PÉREZ, B.A.

Departamento de Física. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia.
(9200) Esquel. Chubut. Argentina.

SUMMARY

We report in this work a research on an approach to Basic Thermodynamics teaching at secondary level. The results of four groups of students in different cities are discussed from qualitative and global quantitative perspectives in a complementary way. We suggest, in the light of the real implementation of that curricular proposal, some didactic recommendations for better adequacy to different contexts.

INTRODUCCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En el área de la termodinámica básica, la secuencia conceptual normalmente utilizada por los profesores es la propuesta por los libros de texto: ([Temperatura, Termometría, Dilatación Térmica] → [Calor, Calorimetría] → [Trabajo] → [Energía Interna, Enunciación de

los principios de la Termodinámica] → [Fundamentación en base a la Teoría Cinética Molecular]), la cual coincide en general con el desarrollo histórico de los conceptos (Pérez, 1991). También es posible que en ese contexto se procure utilizar como recurso didáctico

informar a los estudiantes sobre los esfuerzos y problemas que atravesaron los hombres de ciencia para llegar al estado actual del conocimiento en el área. Sin embargo, es conocido que los hechos y leyes que entonces se utilizaban para interrogar a la naturaleza eran formulados basándose en conceptos y proposiciones cuya significación difiere bastante de la actual, incluso a pesar de que en algunos casos la estructura matemática de las leyes sea esencialmente la misma y se usen por tradición los mismos términos lingüísticos. Este último hecho generalmente no es tratado con suficiente profundidad en las aulas (Saltiel et al., 1985).

A partir de la investigación en educación en física también ha quedado ampliamente demostrado que, al llegar al aula, los estudiantes poseen concepciones que por lo general no coinciden con las científicamente aceptadas y son altamente resistentes al cambio. En casi todos los trabajos sobre el tema se recomienda que, para facilitar un aprendizaje significativo, deben elaborarse propuestas didácticas que tengan en cuenta dichas concepciones, ya que las mismas forman parte del marco referencial con el que los alumnos interpretan los conceptos y las actividades que se les proponen (Moreira, 1994).

En este marco de ideas nos propusimos elaborar una secuencia de construcción conceptual que fuera diferente de las presentadas en la mayoría de los textos y posibilitara que los alumnos hicieran conscientes sus propias ideas, delimitaran su contexto de interpretación y aplicación, adquirieran significados nuevos y relacionables significativamente con los que tenían e iniciaran la construcción de un modelo explicativo más amplio y próximo al aceptado científicamente.

En lo referido a la construcción conceptual desde la física, nuestro interés específico fue explorar si los conceptos de energía interna y temperatura, vinculados a un modelo molecular de la materia, podrían jugar un papel más importante que el que comúnmente se les asigna en la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos térmicos. Con estos objetivos en mente elaboramos la primera planificación de una experiencia didáctica que se aplicó a manera de estudio piloto en el nivel de enseñanza secundaria (antes de proponerla en la universidad en el segundo semestre de 1994), a los fines de ganar experiencia y detectar algunos problemas propios de la aplicación real.

Tres grupos de preguntas iniciales configuraron el trabajo:

- ¿La secuencia de contenidos y las estrategias de construcción conceptual empleadas contribuirán a que el estudiante disocie progresivamente las ideas de temperatura y calor, normalmente indiferenciadas en sus concepciones previas?, ¿evitarán reforzar la identificación calor - energía interna - temperatura, sugerida por las secuencias tradicionales? (Martínez y Pérez, 1992).

- ¿La introducción de nociones como *energía interna* y *temperatura* ligadas al equilibrio termodinámico y las

variables de estado, presentadas desde el inicio al estudiante enfatizando su relación con un modelo molecular de la materia, contribuirán a organizar y diferenciar otros conceptos como *calor* y *trabajo* vinculados a los procesos de interacción térmica?

- ¿Las estrategias de construcción conceptual aludidas, que se asientan en las ideas que los estudiantes ya poseen contribuirán a una mejor discriminación y enriquecimiento global de sus concepciones respecto de una visión científicamente aceptada?, ¿qué aspectos de las mismas resultarán más afectados?

Es preciso reconocer que el recorte provocado en el trabajo deja fuera del objeto de análisis otras variables de tipo actitudinal, cultural y lingüístico propias del contexto del aula que, por cierto, se consideran importantes a la hora de evaluar los aprendizajes. No obstante, a los fines de dimensionar adecuadamente las conclusiones, se tomaron algunos cuidados a este último respecto que serán descritos en la metodología.

La discusión de resultados y conclusiones se hace fundamentalmente según la noción de *aprendizaje significativo* (Novak, 1992), que implica modificaciones no triviales en la estructura cognitiva de los alumnos, tanto desde el punto de vista de conceptos y proposiciones como de ciertos aspectos operatorios de los mismos puestos en juego al generar explicaciones acerca de los fenómenos físicos. En esta forma de pensar el aprendizaje, que en el presente caso implicó la elaboración y análisis de proposiciones con significado para el sujeto que aprende, también resultaron importantes ciertas ideas que actualmente se sostienen desde la psicología cognitiva, como la de reglas heurísticas, en la llamada psicología del sentido común (Pozo et al., 1991) y otras acuñadas desde la fenomenografía, como la noción de *discriminación contextual*, incluidas en el concepto de *aprendizaje significativo* (Linder, 1993).

POBLACIÓN

La tarea de recolección de datos se llevó a cabo entre los años 1992 y 1993 con 134 alumnos provenientes de cinco cursos de nivel medio de dos provincias de nuestro país. En tres de ellos la asignatura en cuestión era Físico-Química de 2° año, impartida en 3 módulos de 40 minutos por semana (grupos *GEX1*, 30 alumnos; *GEX2*, 34 alumnos; *GEX5*, 31 alumnos), con edades entre 14 y 15 años; otro curso fue el de Física de 4° año, 3 módulos de 40 minutos por semana (*GEX3*, 20 alumnos), entre 16 y 17 años; y, finalmente, Termodinámica y Máquinas Térmicas de 5° año, 5 módulos de 40 minutos por semana (*GEX4*, 19 alumnos), 18 años. Los tres primeros cursos pertenecían a una escuela pública de la ciudad de Córdoba y los dos últimos a una escuela privada y otra pública de la ciudad de Esquel (Chubut), respectivamente.

Los docentes de cada uno de estos cursos (cuatro mujeres y un varón (*GEX3*)) se involucraron en la experiencia con diferentes grados de participación:

– *GEX1*: La docente formó un equipo con uno de los autores del presente trabajo, ambos realizaron toda la planificación en conjunto y elaboraron el programa *P1* (Apéndice 1).

– *GEX2*: Se solicitó a la docente que alterara la secuencia de construcción de contenidos, sugiriéndole el programa *P2*; que incluyera explícitamente el concepto de *energía interna* y que trabajara los aspectos didácticos según su propio criterio. A su pedido se la auxiliaba en sus dudas y se le entregaba material de estudio.

– *GEX3*: A este docente se pidió que alterara la secuencia tradicional de contenidos y que los trabajara en el aula según su criterio y experiencia. Mediante discusiones con uno de los responsables del presente trabajo, el docente construyó y adoptó el programa *P3*.

– *GEX4*: La docente, coautora del estudio, planificó la experiencia y elaboró la secuencia de contenidos utilizando el programa *P4*.

– *GEX5*: La docente siguió la secuencia habitual del programa existente en la escuela basado en el texto de Depau y otros (1985, programa *P5*), según su propio criterio y con la única consigna de incluir el concepto de *energía interna*, no presente en los contenidos oficiales (cabe la acotación de que estos contenidos habían sido acordados internamente por todos los profesores del área el año anterior). No mantenía reuniones con los autores del trabajo.

ÉNFASIS CURRICULAR PROPUESTO

En los grupos *GEX1* a *GEX4* y en lo que respecta a contenidos, la intención global era trabajar, en las primeras clases, la construcción de los conceptos de *energía interna* y *temperatura*, vinculados a un modelo molecular, para luego focalizar sobre los conceptos de *calor* y *trabajo* relacionados con los procesos de interacción entre sistemas, que normalmente conducen a cambios en sus estados termodinámicos.

El núcleo de la propuesta consistió en tres acciones: *a) invertir* la secuencia de construcción tradicional de los conceptos, *b) separar* los pares calor-temperatura y trabajo-energía (típicamente unidos en los libros de texto), y *c) priorizar los roles* de la energía interna y la temperatura como parámetros útiles para una descripción térmica de los sistemas, diferenciándolos de los de calor y trabajo (útiles para describir las interacciones entre el sistema y el medio que lo rodea). Toda esta intención se reflejó finalmente en la elaboración de los programas de cada grupo (Apéndice I).

METODOLOGÍA

Se comenzó y finalizó la experiencia con el diagnóstico de las concepciones de los estudiantes en el área median-

te un test (Apéndice II) constituido por 15 ítems de opciones múltiples, en el cual al menos una de las tres opciones de cada ítem identifica la respuesta que se considera físicamente aceptable.

El test es una versión adaptada al nivel secundario del empleado por Silveira y otros (1991) en poblaciones de alumnos universitarios de los primeros años. La adaptación se hizo teniendo en cuenta las consultas realizadas a profesores y alumnos de contextos similares a los estudiados aquí, a los fines de ajustar el vocabulario y los contenidos. Por tratarse de poblaciones diferentes y además de una nueva versión, el test requiere de un estudio estadístico de consistencia interna (Silveira et al., 1994) que sólo es posible realizar *a posteriori* de su aplicación. Como se verá más adelante, tal estudio nos permitió tomar conciencia del grado de credibilidad que asignábamos a los datos obtenidos, convirtiéndose así en un excelente medio de ajuste para un análisis cualitativo.

Para el seguimiento de ciertas variables de contexto y con la intención de triangular con los datos del test, en los grupos *GEX1* y *GEX2* se utilizaron *registros de observación* de algunas clases (de tipo participativo en *GEX1* y no participativo en *GEX2*; Wittrock, 1989) y se recolectaron distintos *documentos escritos* de los alumnos y docentes (pruebas de acreditación, carpetas de clase, diario del profesor, diagramas conceptuales, etc.).

Los datos fueron analizados de dos maneras: una cualitativa, que permitió explorar ciertas características particulares de las concepciones de los estudiantes y otra cuantitativa, a partir de un análisis de diferencia de medias con los datos del test, con la que se intentó apreciar la influencia global de la estrategia didáctica sobre las ideas de los estudiantes.

REGISTROS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Docentes

Proposiciones puestas en juego en el aula

Dado que toda propuesta de contenidos es desarrollada finalmente por los profesores en situaciones concretas, se registraron algunas de las ideas que ellos sustentaban en las aulas, a los fines de contextualizar mejor el énfasis curricular descrito y delimitar los alcances de este estudio. Estos registros constituyeron la estructura conceptual básica que cada docente intentó transmitir en su grupo. Debe quedar claro, a partir de lo dicho en el apartado referido a la población, que sólo aquellas proposiciones relativas a los grupos *GEX1* y *GEX4* representan acuerdos adoptados entre los profesores y los responsables de este trabajo. En todos los otros casos (*GEX2*, *GEX3* y *GEX5*) las expresiones que se presentan corresponden fundamentalmente a las ideas de los profesores, adoptadas frente a las consignas que se les propusieron al iniciar la experiencia. Junto a las inter-

venciones de los alumnos y los materiales de trabajo escritos, concretos y audiovisuales, estas ideas conformaron el conocimiento que circuló en las aulas durante la experiencia (Cazden, 1991; De Longhi, 1994). Algunas de estas proposiciones se presentan a continuación:

– La materia está formada por partículas en movimiento permanente. Esa movilidad es distinta en cada fase: sólida, líquida o gaseosa (*GEX1*).

– Desde la físico-química, a los fines de describir los sistemas, interesan fundamentalmente dos tipos de energía: cinética y potencial. Energía cinética es la que tienen las moléculas en virtud de su continuo movimiento de agitación. Energía potencial (*Ep*) es la que tiene que ver con el tipo de interacción entre partículas y depende en general de sus posiciones relativas (*GEX1*).

– La energía es la capacidad para realizar cambios; la hay diferentes formas (*GEX2*).

– La temperatura (desde el punto de vista microscópico) está relacionada con la energía cinética promedio de las moléculas. Como se calcula mediante un promedio sobre todas las partículas, es una propiedad intensiva, no depende de la cantidad de materia (*GEX1*).

– Calor es la forma en que el sistema intercambia energía con el medio, pudiendo producir cambios en las propiedades del sistema como la temperatura, volumen, presión, etc. (*GEX4*).

– Tanto en los cuerpos sólidos, líquidos, como gaseosos, el calor en ellos es el resultado del movimiento de sus átomos y moléculas (*GEX5*).

– El calor es una forma de energía que se manifiesta cuando existen diferencias térmicas (*GEX2*).

– La energía interna es la suma de todas las energías cinéticas y potenciales del sistema compuesto por moléculas. Hay un término de *Ec* para cada molécula y un término de *Ep* para cada par de moléculas. La palabra interna hace alusión a que es «propia» del sistema (*GEX1*).

– La termodinámica, como todas las otras ramas de la física, estudia los sistemas y su interacción con el medio; para ello elige parámetros que describan los estados de equilibrio de los sistemas y otros que describan las interacciones entre sistemas. Los parámetros que describen los estados termodinámicos de equilibrio del sistema son los llamados variables de estado, como, por ejemplo, presión, temperatura, volumen y energía interna. En el equilibrio, los valores numéricos de estas variables permanecen constantes (*GEX4*).

– Para que pueda hablarse de la existencia de calor debemos tener: a) dos o más sistemas, b) interacción térmica, c) distintas temperaturas. Si alguna de estas condiciones no se cumple, se dice que no hay calor en juego (*GEX1*).

– La cantidad de calor que absorbe o cede un cuerpo (*Q*) depende de su masa, su naturaleza y del intervalo de temperatura ($Q = m.c.\Delta t$). La unidad de cantidad de calor en el SIMELA (Sistema Métrico Legal Argentino; constituye la adopción legal por parte de la Argentina, en 1972, del Sistema Internacional de Unidades) es el joule; la unidad práctica es la caloría (*GEX5*).

– Es posible cambiar los estados de equilibrio de un sistema termodinámico si las paredes del mismo permiten que interaccione con el medio. Existen dos formas posibles de interacción: la mecánica y la térmica. Por medio de ellas el sistema intercambia energía con el medio. Los parámetros que describen estas interacciones son trabajo y calor. Durante una interacción mecánica, el sistema sufre una variación de volumen, y la energía neta intercambiada se la denomina *trabajo*. Durante una interacción térmica, el sistema y el medio se encuentran a distintas temperaturas y la energía neta intercambiada se le llama *calor*. Calor y trabajo permiten calcular la energía intercambiada entre el sistema y el medio sólo cuando se tiene información de la manera en que el sistema interacciona con su entorno (*GEX4*).

– Energía mecánica de un cuerpo o sistema de cuerpos es la capacidad que tiene para producir trabajo mecánico. «[...] la energía se nombra según la forma en que se manifiesta [...] según los científicos es transformada de uno a otro cuerpo y sólo necesita la oportunidad de manifestarse» (*GEX5*).

ALUMNOS

Los registros de los grupos de alumnos fueron de diferente tenor. Todos tuvieron en común las instancias de pretest y postest (inmediatamente antes de comenzar las clases y al finalizar el curso lectivo). Con las respuestas se elaboraron tablas de porcentajes, parte de las cuales se presentan más adelante.

En los grupos *GEX1* y *GEX2* se recogieron además otros datos adicionales provenientes de registros de observaciones de clase, audiograbaciones, cuestionarios escritos de tipo diagnóstico, carpetas de alumnos, evaluaciones e integraciones para acreditación de la materia.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aparte de los datos provenientes de observaciones, que por su naturaleza son de carácter cualitativo, con las respuestas del test se realizaron dos tipos de análisis: uno cualitativo y otro cuantitativo de carácter general.

Análisis cualitativo

Consistió en la elaboración de proposiciones construidas según determinados conjuntos de opciones del test y

Tabla I

ÍTEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R_{i,t}$	0,390	0,462	0,446	0,272	0,358	0,320	0,258	0,362	0,409	0,394	0,300	0,330	0,132	0,191	0,471

ALFA	0,450
------	-------

Tabla II

ÍTEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	***	***	15
$R_{i,t}$	0,412	0,496	0,461	0,256	0,363	0,306	0,253	0,391	0,419	0,392	0,322	0,360	***	***	0,492

ALFA	0,529
------	-------

otros conocimientos sobre ideas del mismo tipo, provenientes de estudios sobre el tema basándose en entrevistas personales (Pérez, 1991). Este tipo de metodología (Linder, 1989) permite la construcción y análisis de un repertorio de posibles ideas compartidas, que los estudiantes estarían usando para dar explicaciones en el marco de la presente experiencia y en el contexto específico de los fenómenos térmicos. Asimismo se realizó una categorización más amplia de tal repertorio, en función del énfasis curricular mencionado antes, que permitió valorar mejor la efectividad de la propuesta en cuanto a las preguntas de partida.

Análisis de consistencia interna

Como se mencionara en el apartado de metodología, se realizó un análisis de consistencia interna del test utilizado como primer paso para una depuración del mismo y a los fines de trabajar adecuadamente la construcción de las proposiciones basadas en los conjuntos de alternativas de dicho instrumento.

De acuerdo con la población total se calcularon los coeficientes de fiabilidad alfa de Cronbach (Moreira y Silveira, 1993) y de correlación ítem-puntaje total ($R_{i,t}$), teniendo en cuenta que se trataba de ítems cuyas alternativas eran ponderadas en forma dicotómica (Silveira, 1979). Considerando el test completo (Apéndice II), los resultados fueron los mencionados en la tabla I.

En vista de esto, se decidió eliminar los ítems 13 y 14 a los fines del análisis cualitativo. Por un lado, por ser los de más baja correlación; por el otro lado, se tomó conciencia luego de este análisis de que se trataba de dos cuestiones que habían sido problemáticas durante la toma de datos: la primera de ellas había presentado

problemas desde el punto de vista de comprensión del enunciado por parte de los alumnos; y la segunda contenía conceptos (como los de *transmisión térmica*) que en la mayoría de los cursos no habían podido ser trabajados en función del tiempo disponible.

Recalculando los coeficientes en base a esta decisión se obtuvieron los resultados de la tabla II.

Con este conjunto de ítems se procedió al análisis cualitativo mediante la construcción de las proposiciones. Lo que sigue es el conjunto total de tales proposiciones agrupadas según la categorización mencionada.

Repertorio de proposiciones postuladas

Diferenciación entre calor y energía

1. Calor es energía que está en los cuerpos.
2. El calor puede transferirse de un cuerpo a otro.
3. El calor está ligado a una forma (una manera) de transferir energía.

Diferenciación entre calor y temperatura

4. El calor está asociado a las diferencias de temperatura.

El calor es una forma de energía que se presenta cuando hay dos cuerpos en distinto estado térmico.

5. La temperatura mide el calor que está en los cuerpos.

El calor es una componente de la temperatura que corresponde al rango de temperaturas altas.

- 6. La temperatura permite predecir el equilibrio térmico entre sistemas.
- 7. La temperatura es una magnitud física intensiva.

Diferenciación entre temperatura y energía interna

- 8. La temperatura es proporcional a la energía cinética molecular promedio.
- 9. La temperatura varía en un cambio de fase.
- 10. La energía interna es constante en un cambio de fase.

Afianzamiento del modelo molecular

- 11. La temperatura es una medida de la agitación molecular.
- 12. La energía interna es la suma de las energías cinéticas y potenciales de las moléculas del cuerpo. Se relaciona con su masa. Es una magnitud extensiva.
- 13. La energía interna aumenta con la movilidad molecular en la fase.
- 14. La energía interna es energía que está en los cuerpos, los cuales están formados por moléculas.
- 15. Al transportar calor, se transporta energía vía movimientos moleculares.

Otras

- 16. El estado térmico de equilibrio de un cuerpo depende exclusivamente de su naturaleza y no de la interacción con el medio.

A manera de ejemplo, se presenta también el análisis efectuado con el primer grupo de proposiciones correspondientes al aspecto de diferenciación entre los conceptos de *calor* y *energía*; idéntico trabajo fue efectuado para cada grupo del repertorio total. Los cuadros que siguen a cada proposición permiten visualizar los ítems del test (con el respectivo porcentaje de alumnos que eligió cada opción en el pretest y postest) que se consideraron relevantes para la elaboración y estudio de sus características durante la experiencia. Hay que hacer notar que se eligieron como representativos no sólo aquellos ítems referidos a opciones científicamente aceptables (una tradición que nos viene desde la visión piagetiana de la consideración del error). En ocasiones se explicitan también los casos en que las proposiciones fueran enriquecidas o elaboradas con otros datos aparte de los del test.

Diferenciación calor – energía

Otra proposición que podría enunciarse como «El calor es una forma de energía» también fue utilizada por los alumnos del grupo *GEX2* en una evaluación escrita para acreditación, realizada por la docente inmediatamente después del tratamiento de la segunda unidad de su programa.

En este grupo de proposiciones parece afirmarse, en el común de los alumnos luego de las clases, la idea de que el calor es una forma de energía no necesariamente asociada a los cuerpos. El progresivo desénfasis de la proposición 1, la relativa aceptación de la proposición 2 y la disparidad en la 3 hablarían de un inicio de diferenciación entre calor y energía a un primer nivel superficial de su definición marcada por la aparición de un nuevo vocabulario coherente con el énfasis propuesto en la experiencia, aunque sin demasiadas posibilidades de ser utilizado consistentemente en situaciones diversas. La

1. Calor es energía que está en los cuerpos.

Ítem	Opción	GEX1		GEX2		GEX3		GEX4		GEX5	
		Pre	Post								
1	I	30	20	76	26	50	25	58	21	42	48
	II	16	3	12	3	30	0	10	10	19	13
2	I	44	40	47	32	55	30	58	26	58	10
	III	44	7	32	12	50	15	16	10	16	71
5	II	40	27	15	18	25	15	21	42	26	16
6	III	36	10	12	6	20	0	21	11	6	6
9	I	50	17	18	15	25	15	21	10	52	6
10	II	16	10	9	9	30	20	26	10	16	10
12	I	50	17	18	6	45	10	32	16	13	29

2. El calor puede transferirse de un cuerpo a otro.

Ítem	Opción	GEX1		GEX2		GEX3		GEX4		GEX5	
		Pre	Post								
8	I	30	33	20	21	25	55	37	27	16	19
	II	6	17	9	41	30	15	10	5	25	23
9	II	17	43	20	32	20	55	21	16	9	42
	I + III	10	0	0	0	10	5	10	5	0	0
11	I	46	17	15	6	15	20	16	11	16	19

3. El calor está ligado a una forma (una manera) de transferir energía.

Ítem	Opción	GEX1		GEX2		GEX3		GEX4		GEX5	
		Pre	Post								
1	III	57	77	14	70	50	80	84	79	39	39
5	III	46	57	47	47	85	70	79	68	45	55
8	III	70	50	62	38	55	25	53	68	59	58
9	III	43	40	56	53	65	30	68	74	39	52

confusión que se nota en las respuestas referidas a la proposición 3 y los intentos en algunos de los cursos para trabajar con ella (especialmente en *GEX4*) estarían evidenciando un esfuerzo de aprendizaje significativo de la concepción científica, muy poco desarrollada aún en función del tiempo disponible y muy relacionada, por otro lado, con la aparición de un lenguaje compartido en el aula, hecho que autores como Cazden (1991) ponen suficientemente de relieve como para ser tenido en cuenta a la hora de evaluar los aprendizajes.

Para el tipo de diferenciación planteado en este grupo de afirmaciones es sumamente importante la noción de *interacción* (térmica y mecánica) entre sistema y medio externo, mediante la cual calor y trabajo son factibles de ser representados como parámetros relevantes y en cierta forma análogos para la determinación de la energía intercambiada. Si bien se podría intentar hacer uso de tal noción a manera de organizador previo (Ausubel et al., 1980), esa forma de concebir el concepto de *calor* sólo es compartida y manifestada con claridad en algunos textos avanzados de física, poco consultados por el profesor secundario (Martínez y Moreira, 1994), y constituye de hecho una idea bastante difícil de asimilar, ya que, en el contexto científico, calor es un concepto

principalmente asociado a la categoría de procesos (interacciones térmicas), mientras que en los estudiantes aparece más bien ligado a nociones del tipo sustancial (Chi, 1992).

El análisis cualitativo se completó con la realización de un esquema que contenía las proposiciones anteriores y los conceptos que se consideraron más relevantes en el tema abordado (Esquema 1). Así se pudo apreciar que el repertorio de ideas compartidas en su conjunto configuraba una estructura semántica con relaciones de integración y diferenciación de diferente tenor, similares a las que sería posible extraer desde el énfasis descrito para la propuesta. También se nota en el esquema la aparición de ciertas nociones como las de *equilibrio*, *interacción* y *movilidad molecular* que conforman un sustrato conceptual de apoyo para la discriminación de significados esperada. Por otra parte, se percibe claramente que las concepciones previas permanecen luego de las clases aunque algunas de sus conexiones se debilitan notablemente en los grupos que trabajaron la propuesta, evidenciando un inicio de aprendizaje acorde a la misma.

Una mirada global al análisis cualitativo nos permitiría inferir que, en los tiempos acotados que se dispuso para

Análisis de diferencia de medias de los puntajes totales del test.
(Prueba de *Student*).

GRUPO	PRETEST	σ	POSTEST	σ	τ	Nivel de signif.
GEX1	6,73	2,08	8,00	2,02	2,53	0,05
GEX2	6,53	1,94	9,12	2,32	4,73	0,01
GEX5	6,68	1,69	7,61	2,09	1,81	No signif.
GEX3	8,35	1,35	8,30	2,79	0,07	No signif.
GEX4	8,74	2,10	10,70	2,18	2,88	0,01

tiva científicamente aceptable y cero en cualquier otro caso. Con estos valores se construyó una matriz base, incluyendo las respuestas a los pretests y postests para cada grupo y se asignó un puntaje total a cada estudiante antes y después del desarrollo de las unidades previstas. Con estos datos se calcularon los porcentajes medios por grupo y las respectivas desviaciones estándar. Mediante una prueba de *Student* para diferencia de medias en muestras pequeñas y apareadas, se calculó el estadístico correspondiente (τ) para los distintos grupos, que se presenta en el cuadro siguiente con su respectivo nivel de significación.

Siempre recordando lo dicho al inicio de este apartado, puede decirse que en los puntajes totales, en aquellos grupos en que se utilizó en alguna medida la estrategia descrita (ver apartado población), se observa en general una tendencia a responder según la visión científicamente aceptada. No obstante, desde el punto de vista estadístico, esta circunstancia no es significativa en los grupos *GEX3* y *GEX5* (este último grupo tenía como única consigna incluir el concepto de *energía interna*).

No parece muy evidente el hecho de que las edades de los alumnos estén influenciando fuertemente la calidad de la diferenciación conceptual que se inicia en los distintos grupos una vez puesta en marcha la experiencia. Se nota a primera vista, en los grupos de mayor edad, un aumento en el puntaje inicial respecto de aquellos más jóvenes; situación que, por otra parte, no se mantiene en las diferencias pretest y postest. Es claro que las afirmaciones anteriores no son tan robustas, en el sentido de que no se ha realizado a este respecto un análisis de la varianza entre diferentes grupos (por ejemplo, un análisis factorial), dado que el diseño preliminar de la experiencia no fue pensado para tal fin. Sin embargo, estas ideas permitirían plantearse nuevas indagaciones respecto de las posibilidades cognitivas que los alumnos manifiestan y son capaces de desarrollar en cada edad y nivel de escolarización, merced al tipo de estrategias didácticas puestas en juego. Por ejemplo, para el grupo *GEX1* la estrategia incluyó muchas más situaciones en

las que los alumnos confrontaban sus ideas entre ellos y con las del profesor, lo que a estas edades puede ser un factor de peso en los tiempos propios de aprendizaje, sobre todo considerando lo difícil del manejo de variables simultáneas que muchas veces se requiere en esta área (Rozier et al., 1991). Es decir, estos indicios podrían dejar una puerta abierta al estudio de la idea de que, si bien evolutivamente el estudiante posee más y mejores herramientas cognitivas iniciales que incluyen, en particular, información más completa acerca de los fenómenos térmicos, el camino de la diferenciación y contextualización de los significados parece no depender tan fuertemente de aquéllas y sí de las características de los contenidos específicos de que se trate.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Nuestras ideas sobre el aprendizaje y el interés didáctico de la propuesta nos condujeron desde el inicio a indagar en qué grado se daba en los alumnos de nivel medio la asimilación de conceptos científicos relativamente abstractos del área de física y que, por otro lado, poseen un fuerte referente previo en las estructuras sociales de pensamiento cotidiano. Podríamos sintetizar los resultados del análisis realizado hasta aquí de la siguiente manera:

– Globalmente, se nota una tendencia en los alumnos hacia la transformación de ciertos esquemas cotidianos de pensamiento. Ideas del tipo «el calor es energía que está en los cuerpos y se mide con la temperatura», presentes en los alumnos al inicio de la experiencia (y compartidas por estudiantes del mundo entero), se invocan cada vez menos luego de las clases, frente a sus contrapartidas científicas. Sin negar la persistencia en varios casos de estos esquemas alternativos, queda claro que al menos la estrategia no refuerza sus concepciones previas, como lo hacen por lo general las presentaciones tradicionales. El análisis de ciertas confusiones que se

presentaron nos permitiría afirmar que hubo un intento de acercamiento a la concepción científica como nueva alternativa de explicación. Sin embargo, como se destacó oportunamente, los aspectos de operacionalización de esas concepciones están lejos de ser alcanzados con cierta destreza; es decir, la estrategia parece afectar en primera instancia los aspectos conceptuales relacionados a la terminología que se usa para formular definiciones, que a su vez está relacionada con el lenguaje que se emplea para trabajar en el aula y enmarcar la construcción conceptual significativa. Es claro, a partir de los trabajos de Vigotsky (1987), que pensamiento y lenguaje están mutuamente implicados y en este sentido podría pensarse que el hecho de que nuestros alumnos simpatizan con un vocabulario «externo» que se les propone en las clases e intenten no sólo repetirlo sino tratar de usarlo para referirse a nuevas situaciones es un indicio de intento de reformulación de su lenguaje «interior» en el que está directamente comprometida su estructura de conocimientos. A este respecto debe llamarse la atención sobre la poca posibilidad que tienen actualmente los alumnos de nivel secundario para trabajar con las ideas de la física, debido a los escasísimos tiempos que el sistema educativo le ofrece en comparación con otras áreas que, por razones no muy claras, se consideran prioritarias (Benlloch, 1991).

– Otro aspecto que surge del análisis precedente y que queda claro a partir del diagrama conceptual presentado es la creciente diferenciación de las ideas de calor y temperatura en los estudiantes que trabajaron con la presente propuesta. Aunque persisten algunos intentos de volver a vincularlos vía la conexión calor-energía mediada por el movimiento molecular, no parecen ser lo suficientemente fuertes como para que se regrese al esquema previo. El concepto de *calor* permanece ligado a energía como una «forma», pero incluyendo nuevos ingredientes de significados como el de su directa relación con las diferencias de temperatura. La temperatura parece quedar relacionada al equilibrio térmico (afianzada como variable de estado) a pesar de que su propiedad de intensividad no es muy bien comprendida. Su rol en el cambio de fase parece ser mejor comprendido desde el modelo molecular, diferenciándose del mecanismo de interacción térmica actuante. Temperatura y energía interna se acercan entre sí vía la idea de energía cinética y de alguna manera comparten las explicaciones en cuanto a los estados termodinámicos de equilibrio, a través del concepto más amplio de energía y otros como el de agitación molecular. Todo esto parece indicar una paulatina superación de la regla heurística de sentido común, *se deben explicar los cambios y no los estados*, tan problemática para una construcción conceptual cercana a la científica, particularmente en el área que nos ocupa (Pozo et al., 1991). El concepto de *energía interna*, aunque se organiza bien a partir de este modelo de materia, no logra afianzarse como función de estado al mismo nivel que la temperatura; sin embargo, parece gozar de buena aceptación a la hora de explicar los cambios de fase, bien diferenciada del concepto de *calor*. En este contexto se da una cierta identificación con el concepto de *temperatura*, lo que es comprensible, ya que los cambios de fase constituyen un terreno bas-

tante crítico y no trivial dentro de la física como para pensar que con un modelo simple puedan ser comprendidos detalladamente.

– La cuestión sobre la diferenciación entre parámetros de estado e interacción aún permanece oscura a partir de los resultados. Si bien los alumnos asocian temperatura y energía interna a la noción de equilibrio termodinámico, no queda claro que hagan lo mismo con las nociones de calor y trabajo respecto de la de interacción. La tendencia a vincular la aparición de calor con diferencias de temperatura podría indicar un avance en ese sentido pero el costoso reconocimiento del sistema bajo estudio y el medio externo con el que interactúa hacen pensar que tal indicación es todavía muy débil. En referencia a este punto, también a partir del esquema 1, puede notarse que el concepto de *trabajo* tiene pocas vinculaciones con el resto. A pesar de que en la presente propuesta se le asignó el mismo nivel de importancia que el de *calor*, al hablar de las interacciones entre sistemas, no hay muchas evidencias de que los alumnos «lo vieran» de esa manera. Ésta es una cuestión a tener muy en cuenta para poder ajustar correctamente la presentación en clase del estudio de los fenómenos térmicos, sobre todo considerando que el concepto de *trabajo adiabático* es colocado en algunos textos avanzados de física (Callen, 1985) como esencial para entender el comportamiento termodinámico de los sistemas, y constituye una idea clave en la conexión con la mecánica.

– Otro aspecto a destacar es que, aunque las ideas de temperatura y energía interna comienzan a ser manejadas por los alumnos como parámetros de estado, diferenciándose de calor y trabajo, las nociones de equilibrio térmico e interacción permanecen sin una clara relación entre ellas, obstaculizando así la vinculación de calor y trabajo a los procesos termodinámicos que provocan cambios en los estados de equilibrio de los sistemas físicos. Debe destacarse también que la aparición en el aula de términos nuevos como los de *extensividad*, *intensividad*, *equilibrio termodinámico*, *agitación molecular* y *movilidad molecular*, que en el esquema 1 aparecen poco relacionados a los conceptos principales de este trabajo, indica que, en propuestas didácticas en que se pretenda ir más allá del simple discurso, se les debe asignar especial importancia si se quiere que funcionen como organizadores para la comprensión global de los contenidos.

– Sólo un comentario acerca de los tiempos didácticos reales en el aula y los tiempos de aprendizaje: Consideramos que estas variables deben ser tenidas especialmente en cuenta a la hora de discutir cualquier proyecto que tenga como objetivo encaminar aprendizajes significativos en los alumnos en áreas como la presente, en la que se requiere de variadas oportunidades para que el estudiante discrimine sus esquemas conceptuales de aquéllos aceptados científicamente y los comience a enriquecer consecuentemente. Parece más razonable que a través de este cuidado de los tiempos se facilite en el alumno el establecimiento de relaciones adecuadas con los distintos contextos de utilización de los conceptos y, por lo tanto, se favorezca la delimitación y flexibiliza-

ción de sus nacientes ideas científicas (Linder, 1993). De los datos recolectados, nos queda la sensación de que el mayor o menor grado de comprensión conceptual en el estudiante, en la dirección que la propuesta le sugiere, parece tener que ver directamente con estas variables. De esto surge la extrema necesidad de una adecuada coordinación vertical de contenidos en cada nivel y entre niveles del sistema educativo, a los fines de potenciar coherentemente las estructuras cognitivas de los alumnos y, por ende, su poder crítico de decisión.

No estarían completas las conclusiones sin un párrafo acerca de lo valioso de la experiencia como conjunto en diversos aspectos:

– Debe destacarse la riqueza del trabajo de investigación en equipo entre docentes y especialistas del área, que, por un lado, configura una óptima situación afectiva y reflexiva sobre la práctica misma y, por el otro, vehiculiza la transferencia de la propuestas didácticas al aula. El conocimiento y uso por parte del profesor de instrumentos como los aquí utilizados lo capacita para una adecuada selección de actividades tendentes a lograr que el alumno desarrolle un cierto conjunto de habilidades (por ejemplo, de resolución de problemas) que le permitan operacionalizar adecuadamente el conocimiento recientemente construido y utilizarlo en situaciones concretas que le exijan explicaciones y predicciones más allá de lo puramente definicional.

– El acercamiento a los alumnos es también diferente y valioso; el entorno más abierto de búsqueda nueva de

significados propuesto por el docente constituye un campo más propicio para las comunicaciones en el aula, posibilitando circuitos de circulación de la información vedados en las propuestas tradicionales.

– Trabajos mancomunados entre docentes de distintas regiones del país, como el presente, contribuyen a evitar el aislamiento profesional y a la validación de la transferencia de las conclusiones aportadas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer profundamente, en primer lugar, a los docentes que compartieron con nosotros esta enriquecedora experiencia: María Elena Rustan, Mónica Despósito, Luis Alberto d'Hériart y Antonia Pagiota. A los directores de las escuelas Francisco Paulo de Mauro (Córdoba), Colegio Salesiano de Esquel (Chubut) y Escuela Provincial Politécnica de Esquel (Chubut). También a los colegas que nos apoyaron en las discusiones y toma de datos, en especial a la Dra. Ana Lía de Longhi por sus claras ideas durante análisis cualitativo y al Dr. Marco Antonio Moreira por los aportes invalorable durante su lectura del manuscrito. Finalmente, y desde luego en un lugar central, damos las gracias a los estudiantes que aceptaron vivir la experiencia, sin ellos nada de esto hubiera tenido sentido.

NOTA

Trabajo parcialmente financiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de la Patagonia (CIUNPAT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. et al. (1980). *Psicología educacional*. (2a. ed.) Brasil: Interamericana.
- BENLLOCH, M. (1991). *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid: Visor.
- CALLEN, H. (1985). *Thermodynamics and an introduction to Thermostatistics*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- CAZDEN, C. (1991). *El discurso en el aula*. Barcelona: Paidós.
- CHI, M. (1992). Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. *Learning and Instruction*, 15, pp. 129-186.
- DE LONGHI, A. (1994). La construcción del conocimiento en el aula: un esquema y proceso de análisis. Tesis de doctorado. Argentina. Universidad Católica de Córdoba.
- DEPAU, C. et al. (1985). *Elementos de Física y Química. Segundo año ciclo básico*: Buenos Aires: Plus Ultra.
- LINDER, C.J. (1989). A case study of university physics students' conceptualizations of sound. Unpublished Ed. D. dissertation. Canadá: University of British Columbia.
- LINDER, C.J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77(3), pp. 293-300.
- MARTÍNEZ, J.M. y MOREIRA, M.A. (1994). El concepto de *energía interna* desde la perspectiva de físicos y profesores secundarios. Un estudio en Argentina. II Simposio sobre Investigación en Educación en Física. Buenos Aires.
- MARTÍNEZ, J.M. y PÉREZ, B. (1992). Temperatura, calor y energía interna: estudio de una propuesta de clase. Badajoz: TMP-STATPHYS.
- MOREIRA, M.A. y SILVEIRA, F.L. (1993). *Instrumento de Pesquisa em ensino & aprendizagem*. Porto Alegre, Brasil: Edipucrs.

- MOREIRA, M.A. (1994). Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. II Simposio sobre Investigación en Educación en Física. Buenos Aires. Argentina.
- NOVAK, J. (1992). A view on the current status of Ausubel's Assimilation Theory of Learning. American Educ. Res. Assoc. Meeting. San Francisco. California.
- PÉREZ, B. (1991). Estudio comparativo de las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes de física. Reporte Interno de investigación. Tucumán: Instituto de Física. Universidad Nacional.
- POZO, J.A. et al. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83-94.
- ROZIER, S. y VIENNOT, L. (1991). Students' reasonings in thermodynamics. *International Journal of Science Education* 13(2), pp. 159-170.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 137-145.
- SILVEIRA, F.L. (1979). Tres criterios para ponderação de itens em testes de Física geral e seus efeitos sobre o coeficiente de fidedignidad dos instrumentos. *Estudios Leopoldenses (Brasil)* 15, 52, pp. 29-39.
- SILVEIRA, F.L. et al. (1991). Um teste sobre calor, temperatura e energia interna. IX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Brasil.
- SILVEIRA, F.L. y MOREIRA, M.A. (1994). Validação de um Teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre calor, temperatura e energia interna. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis. Brasil.
- VIGOTSKY, L.S. (1987). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.
- WITTROCK, M. (1989) *La investigación de la enseñanza II. Métodos cualitativos y de observación*. Barcelona: Paidós.

[Artículo recibido en enero de 1996 y aceptado en marzo de 1997.]

APÉNDICE I

Programas

GRUPO GEX1

Unidad 1: Materia y átomos. Fases. Modelos de gases, líquidos y sólidos. *Unidad 2:* Estados térmicos. Agitación molecular. Equilibrio térmico. Temperatura. Termómetros. Escalas. Temperatura: propiedad intensiva. *Unidad 3:* Sistemas. Energía. Estados del sistema. Energías potencial y cinética. Aspectos de la energía. Energía interna: propiedad extensiva. Principio de conservación. Temperatura y energía cinética. *Unidad 4:* Interacciones entre sistemas. Interacción térmica: calor. Interacción mecánica: trabajo. Transformaciones. Cambios de fase. Conversión de la energía. Fuentes alternativas. *Unidad 5:* (Continúa según el programa del grupo GEX5).

GRUPO GEX2

Unidad 1: Materia y átomos. Fases. Diferencias. Energía interna. Cambios de fases. *Unidad 2:* Calor y temperatura. Diferencias. Escalas. Termometría. Cantidad de calor, caloría, calor específico. Reacciones exotérmicas y endotérmicas. Calor de fusión y solidificación. *Unidad 3:* Combustión. Condiciones. Combustión completa e incompleta. Combustibles. Poder calorífico. Clasificación de los combustibles. *Unidad 4:* Energía. Tipos. Principio de conservación de masa y energía. Fórmula de Einstein. Qué es la energía. Trabajo. *Unidad 5:* (Continúa según el programa del grupo GEX5).

GRUPO GEX3

Unidad 1: Materia y átomos. Fases. Modelos de sólidos, líquidos y gases. *Unidad 2:* Estados térmicos. Agitación molecular, temperatura. Sistemas sólidos, líquidos y gaseosos. Equilibrio. Variables de estado. Ecuaciones de estado. Dilatación térmica. *Unidad 3:* Sistemas, estados termodinámicos. Energía interna, cinética y potencial. Energía cinética y temperatura. Funciones de estado. *Unidad 4:* Interacciones entre sistemas. Interacción térmica: calor. Interacción mecánica: trabajo. Principio de conservación de la energía. Transformaciones. Calorimetría. Cambios de fase.

GRUPO GEX4

Unidad 1: Modelo molecular de la materia. Sólidos, líquidos y gases. Sistemas termodinámicos. Variables de estado. P,V,T,U. Interpretación molecular. Variables de interacción: Q,W. Primera ley de la termodinámica. *Unidad 2:* Sistemas sólidos, líquidos y gaseosos. Dilatación térmica. Gas ideal. Funciones de estado. *Unidad 3:* Primera ley de la termodinámica. Interacción térmica, calor. Calorimetría. Cambios de fase. Interacción mecánica, trabajo. Procesos termodinámicos: isobáricos, isotérmicos, isométricos y adiabáticos. Diagramas P-V. *Unidad 4:* Máquinas térmicas ideales. Motor de Carnot. Rendimiento térmico. Motores de combustión externa e interna. Diagramas P-V de ciclos reales.

GRUPO GEX5

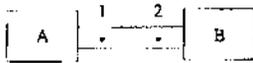
Unidad 1: Fuerza. Trabajo mecánico. Energía. Energía cinética y potencial. Energía hidráulica, eléctrica, térmica, nuclear, solar, geotérmica, eólica, marina, química. Principio de conservación de la energía. Ecuación de Einstein. Significado. *Unidad 2:* Calor y temperatura. Calor. Temperatura. Termometría. Escalas termométricas. Cantidad de calor. Calor específico. Transformación exotérmica y endotérmica. Calor de disolución. Calor de fusión. Calor de solidificación. Calor de reacción. *Unidad 3:* Combustión. Condiciones. Combustión completa e incompleta. Combustible. Poder calorífico. Condiciones que deben reunir los combustibles. Clasificación de los combustibles según su origen y estado de agregación. *Unidad 4:* Los elementos. Los átomos. Bases de la teoría atómica. Moléculas y átomos. Átomos y elementos químicos. Metales y no metales. La teoría atómica y los estados de la materia. La temperatura de un cuerpo. Estado sólido, líquido y gaseoso. El estado superdenso. La teoría atómica, el cambio de estado y las reacciones químicas. Reacciones químicas. Funciones químicas: óxidos. *Unidad 5:* Electricidad. Transformaciones de la energía química en eléctrica: la pila. Electrólisis. Circuito eléctrico. Magnetismo. Imanes. Magnetismo terrestre. La brújula.

APÉNDICE II

Test

- 1) Si trato de imaginarme cuándo o dónde estaría presente el calor, pienso:
 - a) en cualquier cuerpo, ya que todo cuerpo posee calor;
 - b) solamente en aquellos cuerpos que están «calientes»;
 - c) en situaciones en las que siempre ocurre transferencia de energía de un cuerpo a otro.
- 2) Según yo entiendo, el calor es:
 - a) energía en movimiento (o cinética) de las moléculas;
 - b) energía que se pone en juego sólo cuando hay una diferencia de temperatura;
 - c) la energía contenida en un cuerpo.
- 3) En el interior de una habitación que no haya sido calentada o enfriada durante varios días:
 - a) la temperatura de los objetos de metal es inferior a la de los objetos de madera;
 - b) la temperatura de todos los objetos es la misma;
 - c) ningún objeto tiene la misma temperatura que otro.
- 4) El agua (a 0°C) que se forma cuando se funde un cubito de hielo (también a 0°C), contiene:
 - a) más energía que el hielo;
 - b) menos energía que el hielo;
 - c) igual cantidad de energía que el hielo.
- 5) Se coloca un cubito de hielo a 0°C en un recipiente con agua que también está a 0°C. Entonces:
 - a) el agua cede calor al hielo;
 - b) ni el agua ni el hielo tienen calor porque están a 0°C;
 - c) ninguno de los dos puede ceder calor al otro.
- 6) Si pienso en dos bolitas (esferas) idénticas, una que está en un horno caliente y la otra que está en una heladera, ¿qué diferencia hay entre ellas si las saco al mismo tiempo del horno y de la heladera?
 - a) contienen distinta cantidad de calor;
 - b) tienen distinta temperatura;
 - c) una esfera contiene calor y la otra no.
7. Si coloco en un vaso con agua un cubito de hielo a 0°C y en otro vaso idéntico, con la misma cantidad de agua, tres cubitos de hielo a 0°C, ¿en qué situación el agua se enfría más?
 - a) en el vaso donde se colocan tres cubitos;
 - b) en el vaso donde se coloca un cubito;
 - c) se enfría igual en los dos vasos.
- 8) Dos esferas del mismo material pero de diferentes masas quedan durante mucho tiempo en un mismo horno. Al sacarlas, se las pone inmediatamente en contacto. En ese caso:
 - a) pasa calor de la esfera de mayor masa a la de menor masa;
 - b) pasa calor de la esfera de menor masa a la de mayor masa;
 - c) ninguna de las esferas cede calor a la otra.
- 9) Las mismas esferas anteriores se dejan ahora en una heladera durante mucho tiempo. Luego, igual que antes, se las saca y se las pone inmediatamente en contacto. En esta nueva situación:
 - a) ninguna de las esferas posee calor;
 - b) pasa calor de la esfera de mayor masa a la de menor masa;
 - c) ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra.
- 10) Cuando una porción de agua que está hirviendo pasa al estado de vapor, cambia:
 - a) su energía interna;
 - b) el calor que contiene;
 - c) su temperatura.
- 11) Cuando se transporta calor desde una punta a la otra de una barra metálica, pienso que lo más correcto sería decir que:
 - a) el calor pasa a través de la barra, casi como si fuera un líquido;
 - b) se transporta energía por el movimiento desordenado de átomos o moléculas;
 - c) la energía pasa a través pero no pasa nada con los átomos ni con las moléculas.
- 12) Según lo que yo pienso, la energía interna de un cuerpo tendría que ver con:
 - a) el calor que posee el cuerpo;
 - b) la energía de sus átomos y moléculas;
 - c) la masa que posee.
- 13) Si coloco en un horno dos vasos con iguales cantidades de agua y de leche, podré observar que el tiempo necesario para elevar la temperatura de 1 gramo de agua en 1°C es mayor que el tiempo para que pase lo mismo con la leche. Esto quiere decir que, comparada con la leche, el agua acumula:
 - a) la misma cantidad de energía que la leche;
 - b) más energía;
 - c) menos energía.
- 14) Si miro la figura y pienso que el cuerpo A está a 60°C y el cuerpo B está a 10°C, y además sé que el cuerpo C (que está en contacto con A y B) es un buen conductor del calor (por ejemplo, un metal), ¿cómo serán las temperaturas en los puntos marcados con los números 1 y 2?

- a) $T_1 = T_2$
 - b) $T_1 > T_2$
 - c) $T_1 < T_2$


- 15) En el interior de un congelador que está a -20°C se colocan algunos objetos de metal y otros de plástico. Después de varios días se podría afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es:
 - a) mayor que la temperatura de los objetos de metal;
 - b) menor que la temperatura de los objetos de metal;
 - c) igual que la temperatura de los objetos de metal.