
LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA Y SU UTILIZACIÓN EN EL CAMPO CONCEPTUAL CALOR Y TEMPERATURA. UN ESTUDIO TRANSVERSAL MEDIANTE MAPAS CONCEPTUALES

José M. Domínguez Castiñeiras

Eugenio García-Rodeja F.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales – USC

Galicia, España

Maria Laura Illobre González

Mario Castro Fucci

Silvia García

Adriana Rocha

Departamento de Profesorado de Física y Química –UNCPBA

Olavarría – Argentina

Resumen

Presentamos resultados de un estudio transversal (13 a 18 años) en el que se explora, mediante mapas conceptuales, el grado de utilización de un modelo microscópico de la materia, en el dominio conceptual calor y temperatura, por parte de los estudiantes, alumnos y alumnas de diferentes niveles educativos, de la Escuela Normal de Olavarría (R. Argentina).

Hemos obtenido, además, datos sobre ideas alternativas de los estudiantes relacionadas con los conceptos Calor y Temperatura que parecen indicar la resistencia al cambio de las mismas.

La presente investigación se realiza en los Departamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Santiago de Compostela y del Departamento de Profesorado de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en el marco del Proyecto AcAb y del Convenio de Cooperación Conjunta entre ambas universidades.

I. Introducción

La enseñanza de los conceptos Calor y Temperatura aparece en los programas de Ciencias de todos los países desde los primeros niveles. Este hecho refleja la importancia que la administración educativa da a este tema, no solamente con respecto a los alumnos y alumnas en particular, sino también con respecto a la sociedad en general.

El interés por el tema del Calor se pone de manifiesto en una investigación realizada en el IPN de la Universidad de Kiel (Hausler et al. 1980) en la que los encuestados, personas de todas las edades, dan una prioridad de más de 3,5 puntos al tema del Calor en una escala de 1-5, superando temas como la Mecánica o Astronomía, y sólo superado por temas de tanto impacto social como la Energía.

Pero ¿cuántas veces hemos dicho "mis alumnos saben muchas cosas de Ciencias pero sin embargo no las utilizan cuando se trata de explicar hechos y fenómenos, incluso los más cercanos y familiares"?

En este sentido el tema Calor y Temperatura se manifiesta especialmente difícil como demuestra la investigación recogida en la abundante bibliografía. Revisiones y resúmenes de investigaciones como los de Cervantes (1987) o los de Sánchez Real (1987, 1988); investigaciones como las de Albert (1978), Guesne et al. (1978), Erickson (1979), Strauss (1983), García y Rodríguez (1986), Nsumbu-A-Lumbu (1986), Cervantes y Fernández (1987), Vázquez (1987), Thomaz (1993) o las llevadas a cabo, dentro del Proyecto CLIS de la Universidad de Leeds, por Brook et al. (1984) y Jara (1993), confirman que siguen persistiendo ideas alternativas inducidas por el lenguaje coloquial, heredero de obstáculos epistemológicos superados, que no han experimentado cambio después de la instrucción. Una síntesis de las mismas se indica en la tabla 1.

CONCEPTO	IDEAS ALTERNATIVAS
CALOR	Algo material, contenido en el cuerpo (sistema); cuanto más calor más caliente estará el cuerpo. En algunos cuerpos el calor puede pasar de unas partes a otras o de unos cuerpos a otros.
CALOR/FRIO	Son dos fluidos materiales y opuestos. La sensación calor/frío es consecuencia de la transferencia del calor/frío al cuerpo.
CALENTAR/ENFRIAR	Ganancia o pérdida de ese ente material llamado calor.
CALIENTE/FRIO	Son propiedades características de los cuerpos. Por ejemplo, los metales son fríos por naturaleza.

TEMPERATURA	Temperatura = Calor. Temperatura y calor son sinónimos y ésta, en todo caso, mide la cantidad de calor que tiene el sistema. La temperatura depende de la masa o del volumen.
DILATACION	Paso de calor al interior del cuerpo haciéndolo más grande y como consecuencia más pesado.

Tabla 1

Si en la Mecánica Clásica (Domínguez et al., 1994b), las ideas de los estudiantes son intuitivas ya que los fenómenos relacionados con ella son muy cercanos a las experiencias personales; muchos de los esquemas que poseen los alumnos, relacionados con el Calor y la Temperatura, tienen como origen el lenguaje que se usa diariamente, basado en intuiciones y modelos científicos hoy en desuso. En este dominio conceptual tenemos un ejemplo paradigmático de ello. Las palabras "Calor" y "Caliente" forman parte del vocabulario de los niños desde las edades más tempranas, son usadas en la descripción de situaciones familiares y muchos estudiantes construyen toda una serie de conceptualizaciones sobre la naturaleza y comportamiento de los objetos fríos y calientes que les rodean.

El uso de la palabra Calor en el lenguaje ordinario en ejemplos como: *"cierra la ventana para que no salga el calor"* unido a expresiones utilizadas en las aulas como *"capacidad calorífica"* o la famosa relación entre *"calor ganado = calor perdido"*, que pertenecen al mundo del lenguaje observacional y tienen su origen en antiguas teorías del calor, hacen más referencia a éstas que a las nuevas ideas que se quieren transmitir, llevando al alumno a creer que el Calor es algo que se puede almacenar, transferir de un cuerpo a otro, o que pasa de una parte a otra de un mismo objeto como un ente material o fluido misterioso.

Uno de los objetivos claves de la Enseñanza de las Ciencias es el de dotar al alumno de una forma de pensar que le permita describir e interpretar la realidad circundante de manera objetiva y precisa (Claxton, 1993). Creemos, en este sentido, que el modelo de partículas de la materia adquiere una importancia fundamental, no sólo para la explicación causal de cualquier hecho o fenómeno que conlleve un cambio, sino también para diferenciar los conceptos de calor y temperatura y lograr así la integración de la descripción macroscópica del sistema (Termodinámica) y de la microscópica (Modelo Cinético-Molecular), con el objetivo de facilitar el acercamiento entre el lenguaje coloquial y el lenguaje científico. En la actualidad, en la mayoría de los diseños curriculares básicos, se contempla:

“Utilizar la Teoría Cinética para explicar algunos fenómenos que se dan en la naturaleza, tales como la dilatación, los cambios de estado y los procesos de propagación del calor y para interpretar los conceptos ...de temperatura...”

Nuestra experiencia personal (Domínguez et al., 1994) y la de otros investigadores (Dieter, 1993), (Lijnse, 1990) han animado nuestra curiosidad por saber ¿hasta qué punto los estudiantes alcanzan este objetivo?.

Desde el punto de vista de la apropiación del modelo de partículas de la materia así como de la transferencia del mismo a la explicación e interpretación de hechos y fenómenos existen dificultades por parte de nuestros estudiantes. Se puede poner de manifiesto por medio de la literatura científica -(Dow et al.1978), (Driver et al., 1984), (Happs, 1980), (Seré, 1985, 1991)- la existencia de ideas alternativas a las de la ciencia enseñada. Se sintetizan en la tabla 2.

CONCEPTO	IDEAS ALTERNATIVAS
MODELO DE PARTICULAS	Las partículas se pueden fundir, evaporar, disolver, expandir, contraer, dilatar... Entre las partículas hay aire. Es difícil de aceptar la idea de que no exista “algo” entre las partículas. Cuerpos fríos => partículas en reposo. Las partículas dejan de moverse al enfriarse o al llegar a 0°C.

Tabla 2

La mayor parte de la investigación revisada centra su atención en la adolescencia. Parece como si se diera por supuesto que en los niveles superiores de la enseñanza, después de años de instrucción, los elementos del “sencillo” modelo dinámico de partículas debieran haber sido asimilados y, que nuestros alumnos y alumnas tienen la capacidad de transferirlos a la interpretación y predicción de hechos y fenómenos cotidianos. Por otra parte dicha investigación parece suponer que los estudiantes utilizarán el modelo de partículas, independientemente de si se les pide o no que lo hagan. Así se realizan preguntas como “por qué se hincha un globo conectado a un matraz cuando este se calienta”, ...

En este estudio transversal tratamos de averiguar qué conocimiento de ciertos elementos básicos del modelo dinámico de partículas de la materia tienen, no solamente los más jóvenes, y en que medida los relacionan con la dilatación de los cuerpos cuando se les pide explícitamente que lo hagan.

II. Preguntas centrales

- ¿Cuál es el conocimiento declarativo que tienen los estudiantes sobre un modelo de partículas de la materia ?
- ¿Utilizan coherentemente los estudiantes un modelo de partículas de la materia, aún indicándole explícitamente que lo hagan, para dar sentido al concepto de dilatación?

III. Hipótesis a comprobar

- Es elevado el porcentaje de estudiantes que no manifiestan conocer un modelo de partículas.
- Entre los estudiantes que manifiestan conocer un modelo de partículas, es elevado el porcentaje de los que no lo utilizan o lo utilizan de manera alternativa a la científica cuando lo relacionan con el concepto de dilatación de los cuerpos.

IV. Método

SUJETOS

Se presentan datos de una muestra ocasional de 139 estudiantes de cinco niveles educativos diferentes, distribuidos en 5 grupos distintos, que estudiaron en la Escuela Normal de Olavarría (Argentina) durante el curso 1992-93. La distribución se indica en la tabla 3.

GRUPO	Nº de alumnos	Edad (años)
5º - 1ª BE (•)	28	17-18
4º - 1ª BE	25	16-17
3º - 2ª CB(••)	19	15-16
2º - 2ª CB	33	14-15
1º - 1ª CB	34	13-14

Tabla 3

- (•).- Quinto año, primera división. Bachiller Especializado en Matemática y Física.
(••).- Tercer año, segunda división. Ciclo Básico.

MEDIDAS

Instrumento de recogida de datos

Se ha diseñado una ficha (fig.1) en la que se pide a los estudiantes que construyan un mapa de conceptos con una lista cerrada de ocho palabras: **Temperatura, Energía, Calor, Agitación, Partículas, Dilatación, Cuerpo** y **Termómetro**. Estas palabras fueron seleccionadas de las propuestas en los diferentes currícula de los cursos investigados.

Utilizamos la palabra cuerpo en lugar de sistema por considerar esta última ajena al lenguaje utilizado por los estudiantes, sobre todo por los más jóvenes. Se han utilizado los mapas de conceptos realizados por los estudiantes a partir de esta ficha.

Nombre	Edad
Centro	Año
Con las palabras de la lista del recuadro construye un mapa conceptual utilizando tus ideas sobre ellas.	Temperatura Energía Calor Agitación Partículas Dilatación Cuerpo Termómetro

Fig. 1

El uso de los mapas (Novak y Gowin, 1988) como instrumento de toma de datos es cada vez más frecuente en la investigación educativa. Tal es así que ha merecido la atención específica de un monográfico del Journal of Research in Science Teaching (Vol. 27, N°. 10, 1990). Wallace y Mintzes (1990); Domínguez et al.(1992); Roth y Roychoudhury (1993) (Liu et al. (1993), Markham y Mintzes (1994), Markham et al.(1994), sugieren que los mapas de conceptos resultan instrumentos válidos para investigar la adquisición del conocimiento.

Análisis de los resultados

Aunque existen muchas formas de analizar los mapas de conceptos (proposiciones, jerarquías, ramificaciones, relaciones cruzadas,...) hemos elegido dos:

1. Un análisis cualitativo, como el que proponen Markhan y Mintzes (1994), de algunos mapas conceptuales significativos hechos por los estudiantes. Estos mapas conceptuales particulares, son representaciones idiosincrásicas del conocimiento de cada estudiante sobre un dominio específico; consecuentemente, no son *representativos* ni *típicos* de ningún grupo. Sin embargo estos mapas ofrecen visiones de algunas de las

características que se ven frecuentemente en los estudiantes con diferentes niveles de conceptualización.

2. Un análisis cuantitativo, variante del análisis que Wallace y Mintzes (1990) denominan "*análisis de las relaciones críticas entre conceptos*" para establecer la categorización de las proposiciones. Hemos dividido las proposiciones de los estudiantes en "**proposiciones microscópicas**", aquellas que se establecen entre conceptos implicados en el modelo de partículas, y "**proposiciones macroscópicas**", aquellas en las que no aparecen elementos del modelo microscópico. En una subcategoría hemos clasificado aquellas proposiciones aceptables o alternativas. Para esta categorización hemos tomado como base nuestro mapa de referencia (fig. 2)

El mapa conceptual de referencia

A partir del lenguaje actual de la Termodinámica hemos elaborado un mapa conceptual (figura 2) con las proposiciones, ramificaciones y relaciones cruzadas, tanto macroscópicas como microscópicas, que servirá como referencia para categorizar las proposiciones de los estudiantes. En dicho mapa se representa el conocimiento científico enseñado:

La idea macroscópica: "Los **Cuerpos** tienen **Energía** y la pueden intercambiar como **Calor**, si existe diferencia de **Temperatura** entre ellos. Un cuerpo se **Dilata** al elevarse su temperatura".

La idea microscópica: "Un **Cuerpo** está formado por **Partículas** que, al recibir **Energía** (**Calor**,...), incrementan su **Agitación**; consecuentemente el cuerpo se **Dilata** y su **Temperatura** se eleva.

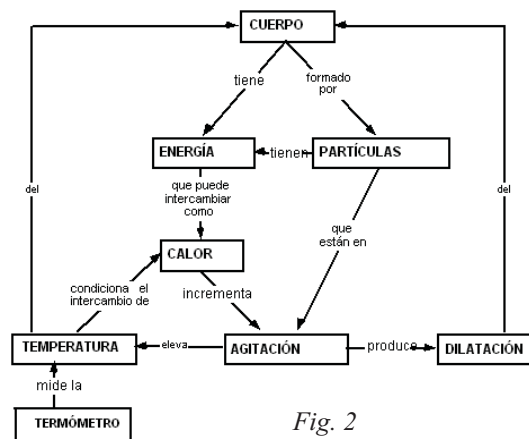


Fig. 2

Las categorías de proposiciones

Teniendo presente el mapa referencial hemos seleccionado y categorizado las proposiciones que establecen los estudiantes en sus mapas conceptuales, como aparecen en tabla 4 en macroscópicas y microscópicas teniendo en cuenta si se establecen o no entre conceptos implicados en el modelo de partículas.

V. Procedimiento

Dado que los alumnos no tenían experiencia previa en la elaboración de mapas conceptuales, los profesores de cada uno de los cursos ilustraron con el mismo ejemplo (Fig. 3) el procedimiento y características a tener en cuenta para la elaboración de un mapa de conceptos. Se dedicó una sesión de 50 minutos.

La elaboración, por los alumnos y alumnas, de los mapas conceptuales de acuerdo con la Fig. 1, se realizó en una sesión posterior a la de entrenamiento, durante una clase normal, con la presencia del investigador y del respectivo profesor.

**EJEMPLO DE MAPA CONCEPTUAL PARA
ENTRENAMIENTO PREVIO DE LOS ALUMNOS**

El profesor, antes de proponer a los alumnos la realización de los mapas conceptuales sobre calor y temperatura, entrenará a sus alumnos con el ejemplo que se expone.

Con las palabras de la lista, construye un mapa conceptual utilizando tus ideas sobre ellas.

**Fuego
Humo
Luz**

1. Se escriben las palabras (conceptos) dentro de un recuadro y se ordenan de forma que se encuentre algún sentido a la ordenación (se puede prescindir de las que se conozca). El alumno las reorganizará hasta que esté satisfecho con el mapa elaborado.
2. Los conceptos se relacionan mediante flechas escribiendo en la flecha la palabra o palabras que indiquen la relación que existe entre conceptos.
3. Existen múltiples posibilidades de ordenar estas ideas.

Ejemplos de mapas realizados por los alumnos:

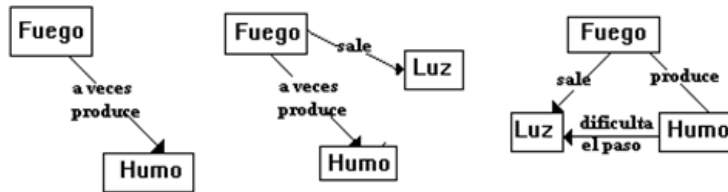


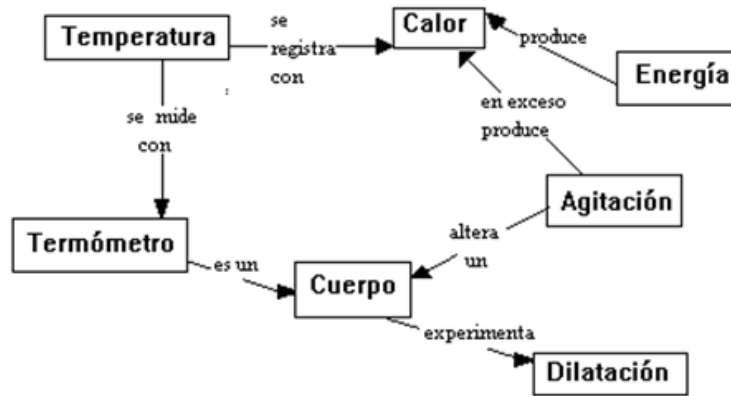
Fig. 3

VI. Resultados y discusión

ANÁLISIS CUALITATIVO

Presentamos ejemplos de mapas conceptuales realizados por los estudiantes. Estos mapas conceptuales particulares son, como indicamos antes, representaciones idiosincrásicas del conocimiento de un dominio específico. Consecuentemente, no son *representativos*, ni *típicos* de ningún grupo. Sin embargo estos mapas ofrecen visiones de algunas de las características que se ven frecuentemente en los estudiantes con diferentes niveles de conceptualización.

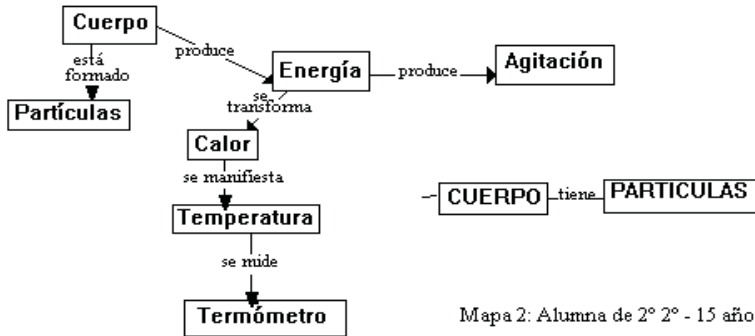
Mapa 1



Una joven estudiante (1º - 1ª CB) con 14 años, no manifiesta conocer el modelo de partículas. Ha prescindido del término **partículas** y consecuentemente no propone ninguna proposición en la que aparezca dicho término.

Además de que las proposiciones que establece son macroscópicas, vemos que son en su gran mayoría alternativas a las científicas. Se puede inferir de la lectura de su mapa conceptual que identifica **cuerpo** con termómetro y **dilatación** con la dilatación del mercurio. Como consecuencia, la agitación va a servir para alterar el cuerpo, es decir para volver el mercurio a su posición inicial, (posiblemente, ha visto a su madre agitar el termómetro clínico, después de haberle tomado la temperatura en ocasión de alguna indisposición).

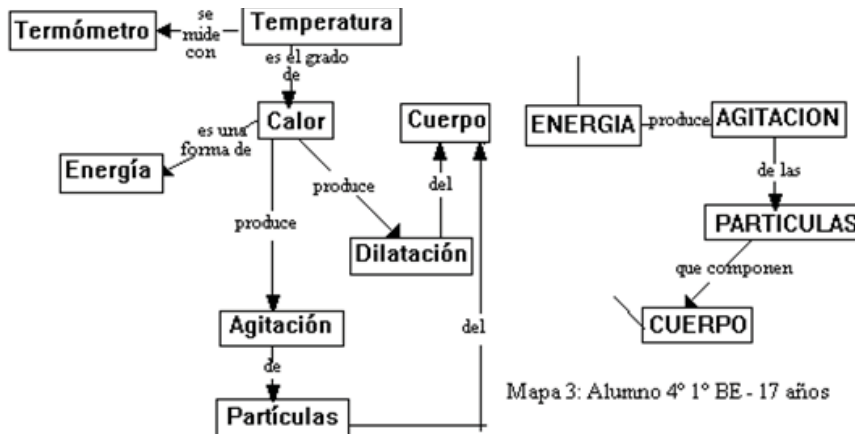
Mapa 2



Otra joven alumna (2º - 2ª CB) con 15 años, declara conocer el modelo de partículas pues en su mapa conceptual establece la proposición lógica “el **Cuerpo** está formado por **Partículas**”. Sin embargo no lo utiliza. Ha prescindido de las relaciones con **Dilatación** y **Agitación**. Relaciona **Cuerpo** macroscópicamente con **Energía**, resultado que podría esperarse de la instrucción: los cuerpos tienen energía y pueden liberarla.

Por otra parte, las proposiciones macroscópicas corresponden, en su mayoría, a proposiciones lógicas alternativas: “**Calor** se manifiesta como **Temperatura**”.

Mapa 3



En este ejemplo un estudiante de (4ª - 1ª) de 17 años, manifiesta conocer el modelo de partículas y lo utiliza. Establece proposiciones “**Partículas** del **Cuerpo**” y

“**Agitación de Partículas**” y además encadenadas entre sí. Sin embargo no relaciona **agitación** de partículas con **Dilatación**, concepto que relaciona con el fenómeno macroscópico de “aumento de tamaño”. Ambos procesos parecen ser considerados por el alumno como independientes.

Aparece de nuevo, la idea alternativa de identificar calor y temperatura.

Mapa 4



Mapa 4: Alumno de 3° 1° - 16 años

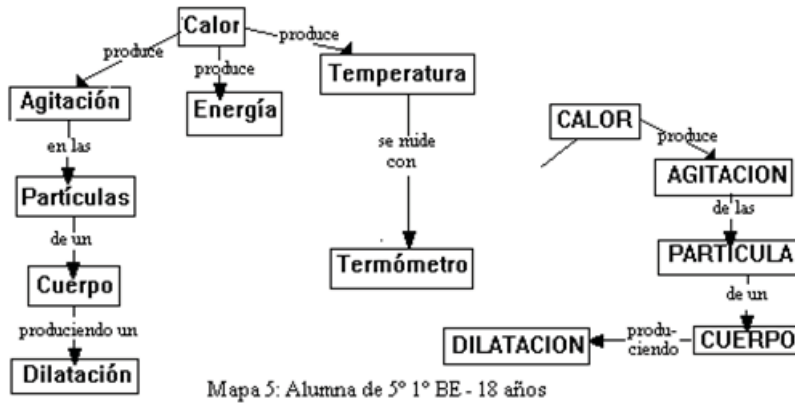
Este estudiante (3° - 1ª) de 16 años, también manifiesta conocer el modelo de partículas y lo utiliza. Establece proposiciones lógicas que indican que los procesos de agitación de partículas y dilatación son independientes. Pero manifiesta, al parecer, la idea alternativa de que las partículas se dilatan cuando elabora las proposiciones encadenadas “el **Calor** sobre el **Cuerpo** produce **Dilatación** de las **Partículas**”.

En este caso coexisten elementos de los modelos de partículas estático y dinámico. Por una parte **Agitación** es un término que relaciona macroscópicamente con **Calor**, lo que podría esperarse de la instrucción escolar -los cuerpos se calientan cuando se agitan (fricción), como resultado de la transformación de energía mecánica. Por otra parte atribuye movimiento a las partículas “**Partículas** poseen un movimiento de **Agitación**”

Atribuye propiedades macroscópicas a lo microscópico “**Dilatación** de las **Partículas**” ignorando la relación entre **Agitación** de las partículas y **Dilatación** de los cuerpos.

Aparecen de nuevo problemas con los conceptos de calor y temperatura, como en casos anteriores, considera la temperatura como una medida del calor.

Mapa 5



Mapa 5: Alumna de 5º 1º BE - 18 años

Esta alumna de (5º - 1ª) de 18 años, sin embargo, conoce el modelo y lo utiliza de forma aceptable, relacionando la **Dilatación** del cuerpo con la **Agitación** de las **Partículas**.

Manifiesta la idea alternativa de considerar la temperatura como una manifestación del calor.

Ha logrado establecer la transferencia de los conceptos relacionados con el modelo dinámico de partículas a la interpretación de los conceptos implicados en el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

VII. Análisis cuantitativo

En la tabla 4 se presenta el porcentaje de estudiantes que, en cada nivel, establecen una determinada proposición en sus mapas conceptuales. Hemos categorizado las mismas, como indicábamos anteriormente, en “proposiciones microscópicas”, aquellas que establecen entre conceptos implicados en el modelo de partículas, y “proposiciones macroscópicas”, aquellas en las que no aparecen elementos del modelo microscópico. En una subcategoría hemos clasificado aquellas proposiciones aceptables o alternativas.

	5°-1 ^a 17-18 años N=28 %	4°-1 ^a 16-17 años N=25 %	3°-2 ^a 15-16 años N=19 %	2°-2 ^a 14-15 años N=33 %	1-1 ^a 13-14 años N=34 %
Proposiciones macroscópicas					
Aceptables					
Calor - Energía	82	76	79	73	65
Alternativas					
Cuerpo - Calor	8	12	58	36	34
Temperatura - Calor	7	12	21	27	32
Proposiciones microscópicas					
Aceptables					
Cuerpo - Partículas	61	56	53	48	41
Partículas - Agitación	57	48	37	24	20
Calor - Agitación	40	36	32	24	26
Temperatura - Agitación	10	8	5	3	0
Alternativas					
Partículas - Temperatura	7	12	5	0	0
Partículas - Dilatación	35	37	44	39	40

Tabla 4

Las proposiciones que establecen los alumnos entre **Cuerpo**, **Temperatura** y **Termómetro** son aceptables en la mayoría de los casos, por lo que no nos ha parecido necesario tabular estos datos.

Proposiciones microscópicas

Los datos de la tabla 4 pueden indicarnos en qué medida los alumnos conocen algunos elementos del modelo corpuscular de la materia y en que medida lo utilizan para explicar fenómenos (en este caso la dilatación). También nos indican el conocimiento declarativo de algunos conceptos termodinámicos que se manifiestan fundamentales para la descripción del sistema y su comportamiento.

Vemos que las dos proposiciones lógicas sobre las que se fundamenta el modelo, “**Cuerpo** formado por **Partículas**” y “**Partículas** están en **Agitación**” sólo son establecidas en 1°-1^a CB por un 31%, para la primera, y por un 20%, para la segunda. En el caso de los estudiantes del 5°-1^a BE, Bachillerato Especializado en Matemáticas y en Física, establecen un 61% y un 57%, respectivamente, para las dos proposiciones citadas. Existe aproximadamente un 40% de estudiantes de mayor nivel de los estudiados que no declaran conocer el modelo. Asimismo aproximadamente un 40% no lo utilizan y eso que

el tipo de prueba parece que debería inducir a los estudiantes a utilizar las ideas sobre el modelo de partículas, pues se propone al alumno que relacione, entre otras, los conceptos: **Cuerpo, Partículas y Agitación**. En los estudiantes más jóvenes estas cifras son muy bajas.

Los estudiantes, sobre todo en los tres primeros niveles, piensan en un modelo estático, pues el porcentaje para la proposición lógica "**Partículas están en Agitación**" es aproximadamente la mitad del porcentaje correspondiente a la proposición "**Cuerpo formado por Partículas**", reduciéndose significativamente más para las proposiciones lógicas "**Partículas tienen Energía**", "**Agitación produce Dilatación**", "**Agitación eleva la Temperatura**". Parecen tener dificultades para entender el movimiento característico de las partículas. Sólo el 20% de 1º-1ª CB, aproximadamente la mitad, 48%, 53%, de los alumnos de 2º-2ª CB y 3º-2ª CB respectivamente y un 56% y 61% de estudiantes de 4º-1ª BE y 5º-1ª BE establecen la proposición "**Partículas están en Agitación**". El porcentaje desciende drásticamente para la proposición "**Partículas tienen Energía**".

Las dificultades parecen incrementarse cuando se trata de utilizar los elementos del modelo para la interpretación de fenómenos conocidos. Sólo un 1% de estudiantes de niveles inferiores y como máximo un 25% los del nivel superior establecen la proposición "**Agitación produce Dilatación**". El porcentaje se reduce significativamente para la proposición "**Agitación eleva la Temperatura**", excepto para los estudiantes de los dos niveles superiores que se mantiene aproximadamente igual que para la anterior proposición.

La proposición "**Partículas se Dilatan**", es establecida por un elevado porcentaje de estudiantes de todos los niveles. Podríamos inferir de los datos, que aproximadamente un 40% de estos estudiantes conocen el modelo microscópico, pero presentan concepciones alternativas de las partículas, sobre todo en el sentido de aplicar ideas macroscópicas: "pueden dilatarse". Este porcentaje tan elevado debería hacernos pensar sobre la posibilidad de que los estudiantes, sobre todo en los niveles superiores, hagan la equivalencia entre dilatación de las partículas y separación de las partículas (expansión).

Si el porcentaje de estudiantes que propone "**Partículas tienen Energía**" es bajo, también lo es el correspondiente a proposición alternativa "**Partículas tienen Calor**". Observemos en las proposiciones macroscópicas que "**Cuerpo tiene Calor**" y "**Temperatura es Calor**" son establecidas por casi la mitad de estudiantes de niveles inferiores y la tercera parte de los estudiantes de niveles superiores. Parece inferirse de estos datos que un elevado número de estudiantes consideran que los cuerpos tienen energía almacenada en forma de calor y que esta energía no está relacionada con las partículas. Como si el cuerpo estuviera constituido, en el mejor de los casos, por dos sustancias distintas e independientes entre sí, el calor y las partículas.

Proposiciones macroscópicas

Por lo que se refiere a las proposiciones macroscópicas los resultados hablan claramente sobre las ideas alternativas de los estudiantes con respecto a los conceptos de Calor y Temperatura y los efectos que produce en las sustancias la elevación de su temperatura.

Para muchos estudiantes (34% en 1º-1ª CB, disminuyendo hasta 8% en 5º-1ª BE), “el **Cuerpo** tiene **Calor**”, el calor es algo contenido en el cuerpo. Esta idea alternativa del calor está próxima a la concepción de la teoría del "calórico". Los alumnos y alumnas hacen uso del concepto de calor como una categoría de sustancia que se contiene y se puede transmitir. El descenso de temperatura de un cuerpo se interpreta como si el cuerpo caliente se desprendiese de aquel ente material.

Con respecto a la proposición “**Temperatura** es **Calor**”(32% en 1º-1ª CB, 7% en 5º-1ª BE) hay que señalar la existencia de confusión Calor - Temperatura. En el lenguaje que utiliza el alumno, Calor es usado como sinónimo de Temperatura. Esta confusión puede provenir de la forma de hablar: *"este cuerpo está muy caliente"* y consideran la Temperatura una medida del Calor.

VIII. Conclusiones e implicaciones en la enseñanza

Sobre el tema investigado

Parecen confirmarse nuestras hipótesis. Es bajo el porcentaje de estudiantes que conocen un modelo de partículas y, entre los estudiantes que manifiestan conocer un modelo de partículas, es bajo el porcentaje de los que lo utilizan o lo utilizan de manera alternativa a la científica cuando lo relacionan con el concepto de Dilatación de los cuerpos y con el concepto de Temperatura.

Esta investigación parece poner de manifiesto que, aún después de años de instrucción, mayoritariamente los estudiantes siguen activando esquemas de interpretación macroscópicos y que aquellos que utilizan esquemas de interpretación microscópicos, en muchos casos, lo hacen de forma alternativa.

Estas dificultades que los estudiantes manifiestan tener para el aprendizaje y uso de los conceptos y modelos físicos, en el caso concreto de los conceptos de calor y temperatura podrían centrarse en dos aspectos:

Las propias ideas de los estudiantes que se manifiestan como verdaderos esquemas alternativos originados por el uso que se hace, en el lenguaje diario, de las palabras "Calor" y sus derivados, con raíces en antiguas teorías, lo que provoca que el alumno las incorpore a su vocabulario, desde muy joven, con un sentido que se aleja del que la Ciencia propone actualmente.

El carácter específico y singular de los conceptos de Calor (energía sólo en el proceso de transferencia), Temperatura (magnitud intensiva, relacionada con la agitación de las partículas) y Dilatación (concepto macroscópico, explicable desde el modelo cinético de partículas).

De los datos se puede inferir además que el número de proposiciones aceptables, tanto macroscópicas como microscópicas, se incrementa a medida que aumenta la edad de los estudiantes, mientras disminuye el número de proposiciones de tipo alternativo. Esto puede ser debido, a factores como:

La instrucción sobre el tema, que ha sido mayor en los alumnos de cursos superiores, lo que parece indicar una influencia positiva de la instrucción en el aprendizaje significativo y, como consecuencia, en el cambio de las ideas de los alumnos.

El nivel de desarrollo formal de los estudiantes, necesario para la utilización de los modelos físicos que incluyen conceptos de mayor demanda cognitiva.

Sobre el instrumento utilizado

El mapa conceptual puede considerarse un instrumento útil para investigar lo que el alumno sabe y cómo organiza su conocimiento.

Al mismo tiempo, desde un punto de vista práctico, el mapa conceptual se enseña fácilmente a los estudiantes, se interpreta sin dificultad por el investigador y se puede emplear para investigar grupos de alumnos de número equivalente al de cualquier aula de Secundaria. Aunque a medida que aumenta el nivel educativo aumenta la complejidad de los mapas, hay que señalar que una instrucción continuada sobre los distintos elementos constitutivos del mapa conceptual (Roth y Roychoudhury, 1993) probablemente hubiera tenido como consecuencia que en los mapas elaborados por los estudiantes se incrementase la calidad de la estructura jerárquica, así como el número y calidad de las ramificaciones y de las relaciones cruzadas.

Señalar también que un análisis cualitativo de los mapas de conceptos de los estudiantes, ofrece ricas y detalladas visiones sobre el aprendizaje significativo resultante de la instrucción. Este análisis puede dar también un inestimable feed-back para mejorar la enseñanza.

Indiquemos sin embargo que, como instrumento relacionado con las pruebas escritas, puede tener sus limitaciones. Como hemos indicado en la discusión, nos ha surgido la duda al interpretar el significado que los estudiantes dan a la proposición "**Partículas** sufren **Dilatación**" y hemos sentido la necesidad de preguntárselo (entrevista).

Implicaciones en la Enseñanza

Hemos de advertir que la existencia de ideas alternativas después de "n" periodos de instrucción, además de ser consecuencia de las características de resistencia al cambio que presentan dichas ideas, se ve reforzada por algunas expresiones, muchas veces desafortunadas, que aparecen en algunos libros que utilizan nuestros alumnos.

Casalderey (1976) realizó un estudio de expresiones que aparecen en libros de texto de Enseñanza General Básica en España encontrando algunas como: *"La cantidad de calor almacenada por un cuerpo..."*, *"La cantidad de calor que tiene un cuerpo depende de..."*, *"Calor es una forma de energía llamada energía calorífica o térmica..."*. Summers (1983) también encuentra en libros anglosajones expresiones parecidas a las anteriores que, cuando menos, son insatisfactorias y en algunos casos incorrectas. Los profesores y libros de texto debemos contribuir, como mínimo, a no acentuar el problema cuidando el uso preciso de los términos pues, en ocasiones, en las explicaciones "se dilatan las partículas" atribuyendo a un término que describe lo macroscópico (los cuerpos se dilatan) el valor interpretativo de lo microscópico (las partículas se dilatan).

Aunque se debe evitar, cuando se pueda, la utilización en clase de expresiones que puedan reforzar las ideas intuitivas de los alumnos, no creemos que tenga que ser llevado a extremos como los que proponen algunos autores como Heath (1976), que sugiere la supresión de la palabra "Calor" como sustantivo y usar solamente el verbo "Calentar" y los derivados de este como "Calentando" o "Calentamiento", ... El enfrentamiento entre el lenguaje usado en la vida diaria y el lenguaje científico puede no ser para el alumno la vía más adecuada para resolver el problema.

Mitchell y Kellington (1982), en su estudio con niños de 12-13 años, nos recomiendan *"el modelo debe ser introducido de manera muy simple al principio y después desarrollarlo gradualmente"* y Sére (1985, 1991) nos anima, indicándonos que la enseñanza del modelo cinético de partículas es muy provechosa para ayudar a los niños de 11 a 13 años a la adquisición del concepto de presión. También Piaget e Inhelder (1982) insisten en la necesidad de introducir en edades tempranas el modelo de partículas: *"hacia los 10 años algunos niños empiezan a explicar la disolución de azúcar en agua en términos de una idea primitiva atomística. Sin embargo para explicar el aumento del tamaño de una palomita de maíz creen que son las partículas las que crecen. La mayoría de los niños de 12 años aceptan la visión atomística y ya hablan de separación de las partículas en el caso de las palomitas"*.

Así también lo entiende la Administración Educativa Española pues propone para la Enseñanza Secundaria:

"Utilizar la Teoría Cinética para explicar algunos fenómenos que se dan en la naturaleza, tales como la dilatación, los cambios de estado"

y los procesos de propagación del calor y para interpretar los conceptos de presión en gases y de temperatura.
Se trata de comprobar que el alumnado es capaz de explicar estos fenómenos naturales por el hecho de que la materia es discontinua, que sus partículas están en movimiento y que éste se puede modificar al aportarles energía. Se pretende, asimismo, establecer si es capaz de interpretar cualitativamente la presión en los gases y la temperatura, lo cual permite diferenciar esta última del concepto de calor y explicar el comportamiento de los gases”.

IX. Agradecimientos

- A la Xunta de Galicia, la financiación del Proyecto AcAb (XUGA 22701B93).
- A la USC (España) y a la UNCPBA (Argentina) el Convenio de Cooperación Conjunta.
- A las profesoras Graciela Blando; Miriam Tolosa; Carolina Goycochea, su colaboración.

X. Referencias Bibliograficas

- ALBERT, E., 1978. Development of the Concept of Heat in Children. *Science Education*, 62(3), pp. 389-399.
- BROOK, A., BRIGGS, H., BELL, B. y DRIVER, R., 1984. *Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report*. CLIS: Children's Learning in Science Project. (Leeds:London).
- CASALDERREY, M.L., 1976. Calor y Temperatura (aclaraciones de conceptos). *Vida Escolar*, 175-176, pp. 6-11.
- CERVANTES, A., 1987, Los conceptos de Calor y Temperatura: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), pp. 66-70.
- CERVANTES MADRID, A. y FERNÁNDEZ ORTEGA, J.M., 1987, Los Conceptos de Calor y Temperatura en los niños de 8 hasta 14 años. *Cuadernos de Física y Química*, 9, pp. 173-189.
- CLAXTON, G., 1993, *Minitheories: a preliminary model for learning science*. En Black y Lucas (ed) *Children's informal ideas in science*. (Routledge: Londres).
- DIETER BARKE, HANS, 1993, Chemical Education and Spatial Ability. *Journal of*

Chemical Education, 70 (12), 968-971.

DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E., LORENZO, F., 1992, *Los Mapas de Conceptos en la Investigación del Cambio de las Ideas de los Alumnos. Calor y Temperatura*. Actas de los XII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.

DOMINGUEZ, J.M.; LORENZO, F.M.; GARCIA-RODEJA FERNANDEZ, E.; ILLOBRE, M^aL^a, 1994^a, *La Naturaleza Corpuscular de la Materia y su utilización en el campop conceptual calor y teemperatura. Un estudio transversal mediante mapas de conceptos*. Actas del VIII Congreso Asociación Canaria para la Enseñanza de las Ciencias Viera y Clavijo, pp.51-54.

DOMINGUEZ, J.M.; GARCIA-RODEJA , E. ET AL.; ARIAS, M^a.T.; ILLOBRE, M^aL^a.; MARTINEZ, G.; OTERO, M^a; RODRIGUEZ, C.; RODRIGUEZ, M^a.D. Y TUÑEZ, G., 1994^b, *Concepcions dos alumnos sobre Mecánica Clásica. Implicacións no deseño dun curriculum de ciencias: Proxecto AcAb.Física*. Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado, pp. 373-394. Tórculo Ed.(Santiago de Compostela: Galicia.España).

DRIVER, R. Y RUSSELL, T., 1982, *An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years..* University of Leeds and Chelsea College. (Leeds:London).

DOW, W.M., AULD, J. Y WILSON, D., 1978.*Pupils' concepts of gases liquids and solids*. College of Education. (Dundee.UK)

DRIVER, R., BROOK, A. Y BRIGGS, H., 1984. Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter. Proyecto CLIS, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Universidad de Leeds. (Leeds: London).

ERICKSON, G.L., 1979, Children's Conceptions of Heat and Temperature. *Science Education*, 63, pp. 221-230.

GARCÍA HOURCADE, J.L. Y RODRIGUEZ DE AVILA, C., 1986, Preconcepciones sobre el calor en 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, pp. 188-193.

GUESNE, E., TIBERGHEN, A. Y DELACOTE, G., 1978, Methodes et resultats concernant l'analyse des conceptions des eleves dans differentes domaines de la Physique. Deux exemples: les notions de chaleur et lumiere. *Revue Francaise de Pedagogie*, 45,pp.25-32.

HAPPS, J., 1980. *Particles* (Working paper 18). Learning in Science Project.

Universidad de Waikato. (Hamilton, Nueva Zelanda).

- HAUSSLER, P.; FREY, K.; HOFFMANN, L.; ROST, J. Y SPADA, H., 1980, *Education in Physics for Today and Tomorrow*. Results of a curricular Delphystudy, IPN. (Kiel, R.F.A).
- HEATH, N.F., 1976, Heating. *Physics Education*, 11: pp. 388-389.
- JARA-GUERRERO, S., 1993, *Misconceptions on heat and temperature*. The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Misconceptions Trust (Ithaca:NY)
- LIJNSE, P.L.; LICHT, P.; VOS, W. de; WAARLO, A.J., 1990, *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*. (CD-β Press:Utrecht)
- LIU, X. Y HINCHEY, M., 1993, *The validity and reliability of concept mapping as an alternative science assessment*. The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Misconceptions Trust (Ithaca:NY)
- MARKHAM, K.M. Y MINTZES, J.J., 1994, "The Concept Map as a Research and Evaluation Tool: Further Evidence of Validity", *Journal of Research in Science Teaching*, 31, (1), pp. 91-101.
- MARKHAM, K., MINTZES, J., Y JONES, M., 1994, The concept map as a research tool: exploring conceptual change in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 91-101.
- MITCHELL, A.C. Y KELLINGTON, S.H., 1982. Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science Course. *European Journal of Science Education*, 4 (4). pp. 429-440
- NOVAK, J.D. Y GOWIN, D.B., 1988, *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca. Barcelona.
- NOVICK, S. Y NUSSBAUM, J., 1978. Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*, 62 (3), pp.273-281.
- NSUMBU-A-NLAMBU, D.M., 1988, *Concept de Chaleur. Quelques Conceptions des adolescents savoirs sur le concept et difficultés pédagogiques*. Actes X Journées sur l'Education Scientifique. A. Giordan y J.L. Martinand (Eds.). (Centre J. Franco: Chamonix).

- PIAGET, J. Y INHELDER, B., 1982. *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Hogar del libro. (Barcelona:España).
- ROTH, W.M. Y ROYCHOUDHURY, A., 1993, The Concept Map as a Tool for Collaborative Construction of Knowledge: A Microanalysis of High School Physics Students”, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (5), pp. 503-534.
- SÁNCHEZ REAL, J., 1987, *Calor y Temperatura: Bibliografía comentada*. Cuadernos de Física y Química, 8 pp. 99-128.
- SÁNCHEZ REAL, J., 1987, *Calor y Temperatura: Bibliografía Comentada II*. Cuadernos de Física y Química, 9, pp. 220-237.
- SÉRE, M.G., 1985, *Análisis de las concepciones del estado gaseoso y de la presión que tienen los niños de 11 a 13 años, y propuesta de estrategias pedagógicas para facilitar la evolución*.(Universidad Pierre et Marie Curie: París 6)
- SÉRE, M. G., 1991, Guider le raisonnement d’élèves de college avec des modèles particuliers de la matière. *Aster*, 7, pp. 72-102
- STRAUSS, S.,1983, *Educational-Developmental Psychology and Curriculum Development: The case Heat and Temperature*. International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics. Cornell University. (Ithaca: N.Y)
- SUMMERS, M.K, 1983, Teaching Heat an Analysis of Misconceptions. *School Science Review*. 64, pp. 670-676.
- THOMAZ, MARÍLIA F.; MALAQUIAS, I. M.; VALENTE, M. C. Y ANTUNES, J., 1993, *An Attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature*.The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Misconceptions Trust (Ithaca:NY)
- VÁZQUEZ DÍAZ, J., 1987, Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3): pp. 235-238.
- WALLACE, J.D. Y MINTZES, J.J., 1990, The concept map as a research tool: exploring conceptual change in Biology.*Journal of Research in Science Teaching*, 27 (10), pp. 1033-1052.