

ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO DEL ALUMNADO DE E.S.O.: INTERPRETACIÓN DEL POSIBLE COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA CUANDO INTERCAMBIA ENERGÍA CON UNA FUENTE.

José M. Domínguez Castiñeiras*

Antonio De Pro Bueno**

Eugenio García-Rodeja Fernández*

M^a Laura Illobre González***

* Universidade de Santiago de Compostela.

** Universidad de Murcia.

*** C. P. de Vite de Santiago de Compostela.

1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

El aprendizaje de los conceptos implicados en la descripción termodinámica de los sistemas resulta difícil, según se desprende de la abundante bibliografía existente sobre el tema (Brook y cols., 1984; García y Rodríguez, 1986; Cervantes, 1987; Vázquez, 1987; Valcárcel y cols., 1990; Jara, 1993; Thomaz y cols., 1993; Domínguez y cols., 1998a...); en la Tabla 1 se recoge una síntesis de los resultados.

Indicábamos en un trabajo anterior (Domínguez y cols., 1996) que algunas concepciones tienen su origen en el lenguaje cotidiano, en intuiciones y en modelos científicos hoy en desuso, que no han experimentado cambios después de la instrucción. A estas dificultades habría que añadir otras que son intrínsecas a conceptos como Calor y Energía que, aún en la actualidad, presentan controversias importantes en la propia comunidad científica (Levine, 1995). Por último, la escasa importancia que se da a la estructuración del contenido en el razonamiento (Claxton 1993; Duschl, 1995) lleva a que los estudiantes memoricen una serie de ideas aisladas que no suelen utilizar y, si lo hacen, es en un contexto no real y alejado de hechos cotidianos y familiares que les son significativos.

CONCEPTO	CONOCIMIENTO DE LOS ALUMNOS
Calor	Algo material contenido en el cuerpo (sistema); cuanto más calor tiene el cuerpo más caliente estará. En los cuerpos, el calor, puede pasar de unas partes a otras o de unos cuerpos a otros.
Calor/frío	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/frío	Son propiedades características de los cuerpos (p.e., los metales son fríos por naturaleza).
Temperatura	Temperatura y calor son sinónimos y aquella, en todo caso, mide la cantidad de calor que tiene el sistema. La temperatura depende de la masa o del volumen; es una magnitud extensiva.

Tabla 1. Conocimiento de los alumnos no coincidente con el punto de vista de la ciencia escolar

Si queremos mejorar la situación, es preciso resolver problemas muy importantes: cuál es el auténtico significado científico de los conceptos y procesos; qué criterios utilizamos para seleccionar y secuenciar los contenidos; cómo relacionamos los conceptos, los procedimientos y las actitudes; cómo gestionamos el proceso de construcción del conocimiento en el aula utilizando las ideas que ya tienen los alumnos...

Pero, además, se debe asumir la idea de que el alumnado cuando aprende, elabora estructuras de conocimiento -en las que razonamiento y acción se relacionan entre sí- que puede utilizar y transferir en diversas situaciones. Todo ello tiene sentido en el marco de la *teoría de los esquemas* (Rumelhart y Ortony, 1982; Minsky, 1986; Shanck y Abelson, 1987; Pozo, 1989...).

Los esquemas son, pues, estructuras de conocimiento dinámicas, de creciente complejidad, que pueden representar conceptos, situaciones, sucesos, secuencias de sucesos, acciones y secuencias de acciones; contienen información no sólo del propio conocimiento sino también de cómo se usa. En otro trabajo (Domínguez y cols., 1998b) detallamos el significado de algunos términos asociados a esta teoría (esquemas, subesquemas, variables, relaciones y valores asignados), que explica procesos como la comprensión, las inferencias o la elaboración de estrategias de resolución de problemas.

Dados los propósitos de nuestro trabajo, en la Figura 1 hemos ilustrado el esquema de razonamiento *incremento de temperatura*. Representa el conocimiento deseable desde la ciencia escolar que permite interpretar el posible comportamiento del sistema cuando transfiere energía; es decir el conocimiento que quisiéramos que activara el alumnado para caracterizar un sistema o para razonar sobre su comportamiento cuando intercambia energía con la fuente o mechero.

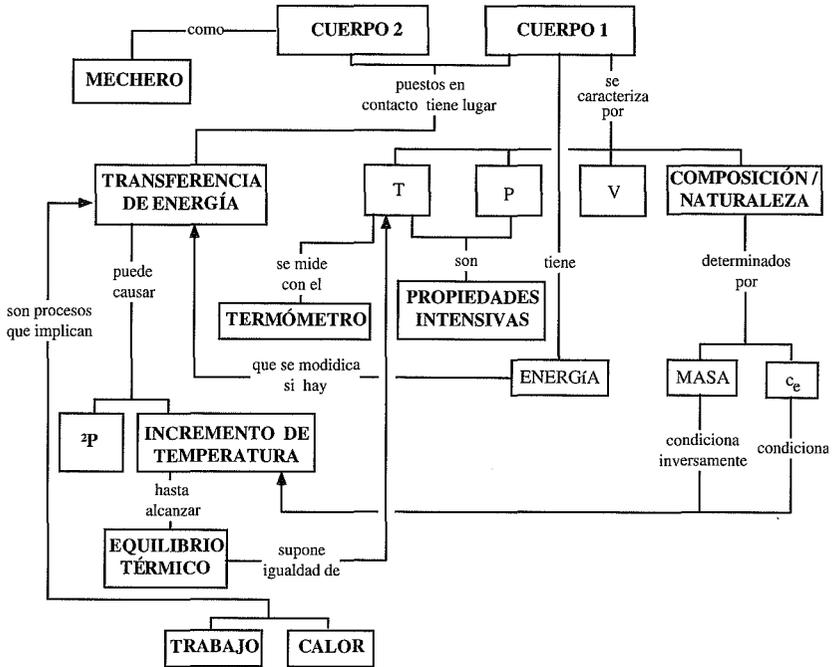


Figura 1. Esquema de razonamiento incremento de temperatura (referencial ciencia escolar)

Para interpretar la variación de la temperatura del sistema (cuerpo) frente al aporte de energía del mechero, se ha activado el esquema dominante *incremento de temperatura* y se han encajado los subsquemas *cuerpo* (sistema), *mechero*, *transferencia de energía*, *composición*, *termómetro*, *propiedad intensiva*, *incremento de presión*, *equilibrio térmico*, *trabajo* y *calor*. También aparecen activadas las variables *temperatura*, *presión*, *volumen*, *energía*, *masa* y *calor específico*. Además se han establecido las relaciones correspondientes.

Para caracterizar el sistema se utilizan: *temperatura*, *presión*, *volumen* y *composición*. La no relación entre las variables *temperatura* y *masa* hace explícita su independencia y pone de manifiesto el carácter intensivo de la primera. También se constata la relación entre el subsquema *termómetro* y la variable *temperatura*, que pone de manifiesto el papel de dicho instrumento.

La transferencia de energía entre sistemas en contacto a diferentes temperaturas se manifiesta por las relaciones entre una serie de subsquemas y variables. Así la relación entre los subsquemas *cuerpo* y *mechero* hace explícito el papel de éste para aportar energía al sistema; la establecida entre los subsquemas *transferencia de energía* y *equilibrio térmico*, habla de que dicho intercambio sólo es posible si ambos sistemas no han alcanzado el equilibrio térmico;

por último, se indica el significado del subesquema *equilibrio térmico*: igualdad de temperatura entre sistemas.

El comportamiento del sistema cuando interacciona con el mechero se señala con la relación entre el esquema dominante, *incremento de temperatura*, y el subesquema *transferencia de energía*. La relación entre el esquema dominante y las variables *masa* y *calor específico* hacen explícitas, respectivamente, las proporcionalidades inversa y directa entre las variables y el esquema, para una misma cantidad de energía aportada al sistema. Subyacen ausentes los subesquemas, *cambio de estado* y *dilatación* de los que nos ocuparemos en otros trabajos.

Por lo tanto, hemos representado un esquema de razonamiento que permite realizar inferencias de estímulos observables y no observados, caracterizar el sistema y predecir su comportamiento frente a un intercambio de energía con una fuente. Así podemos decir que el agua se caracteriza por su masa, volumen, temperatura, etc. y, cuando recibe energía del mechero, se puede producir incremento de temperatura; también se infiere que el intercambio de energía entre el agua y el medio puede conducir al equilibrio térmico, fundamento del uso del termómetro como instrumento de medida de la temperatura.

Hemos de destacar que la existencia de variables y subesquemas permite la posibilidad de limitar su significado asignándoles un determinado valor, según el contexto. Por ejemplo calor tiene, para Levine (1995), asignado el valor de proceso de transferencia de energía entre sistemas a diferente temperatura. Sin embargo, puede tomar otros valores: energía cinética del movimiento molecular (Einstein e Infeld, 1986), energía en tránsito entre sistemas a diferente temperatura (habitual en la ciencia escolar), o un fluido que cede el mechero al agua y le causa un incremento de temperatura (esquema alternativo bastante extendido entre los estudiantes).

Desde esta perspectiva nos parece muy importante la identificación de los esquemas que utilizan los alumnos, no sólo para diagnosticar mejor los conocimientos iniciales de los mismos sino para diseñar propuestas de enseñanza que permitan ampliarlos, sustituirlos o modificarlos. Por ello, en este trabajo, nos planteamos dos interrogantes principales:

¿Son los esquemas de razonamiento instrumentos válidos para evaluar el conocimiento de los alumnos respecto a la descripción del sistema y de su comportamiento frente a un aporte de energía desde la fuente?

¿Se modifican los esquemas cuando se produce una intervención intencionada y, por lo tanto, es posible evaluar con ellos los progresos de aprendizaje?

Para dar respuesta a los mismos son necesarios unos instrumentos de recogida de información que permitan identificar los esquemas iniciales y finales de los alumnos y una propuesta suficientemente ensayada que garantice la producción de un aprendizaje.

2. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL: RECOGIDA DE INFORMACIÓN Y MÓDULO DE APRENDIZAJE

Como hemos dicho, en este trabajo no pretendemos evaluar los efectos de un determinado módulo de aprendizaje, sino constatar que una intervención intencionada produce cambios en el que aprende, y que éstos se ponen de manifiesto en los esquemas que representan sus estructuras de conocimiento.

La muestra utilizada fue incidental y estaba constituida por los alumnos de un grupo de 7º de EGB de un colegio público de Santiago de Compostela; eran 8 chicos y 12 chicas que tenían edades comprendidas entre 12 y 16 años. No obstante, dada la amplitud de los datos y los objetivos de este estudio, particularizaremos sólo en uno de los estudiantes.

Para recoger la información que permitiera la caracterización del grupo, antes y después de la aplicación del módulo de aprendizaje, hemos diseñado una serie de pruebas y una entrevista estructurada que han sido descritas en otros trabajos (Domínguez y cols., 1996, 1997, 1998b). Aunque se han identificado otros esquemas de razonamiento (referidos al razonamiento microscópico, a la dilatación y al cambio de estado) y de acción (medición, representación gráfica, relación entre variables y diseño experimental), nos centraremos en el razonamiento elaborado por el alumnado para la descripción de un sistema y de su posible comportamiento ante una fuente de energía.

De cara al diseño de una propuesta de enseñanza, habría que decir previamente que consideramos el aprendizaje como un proceso de construcción de conocimientos y no como una simple adquisición de otros ya elaborados; por ello, pensamos que el currículo se debe estructurar en función de un programa de actividades y no como un listado de contenidos a transmitir.

Lógicamente nos referimos a un aprendizaje significativo, que pueda utilizarse no sólo en contextos escolares, sino que sea útil y transferible a situaciones de la vida real. Además del criterio de relevancia cotidiana, es fundamental el principio de actividad, por el que el alumno interviene en su aprendizaje de conceptos y métodos, y en la búsqueda de modelos. El conocimiento no se transmite sin más, sino que necesita el papel protagonista del que aprende.

Con estos planteamientos habíamos elaborado el Proyecto AcAb (García-Rodeja y cols., 1994). Su actividad abierta *Calor y Temperatura* abordaba estos y otros contenidos no incluidos en el razonamiento sobre el incremento de temperatura del sistema (interpretación microscópica de los fenómenos, dilatación, cambio de estado...), pero que consideramos idónea para nuestros propósitos. En cada una de las actividades se distinguen varias fases:

- Identificación de la realidad elegida para estudiar mediante la percepción y la reflexión sobre cosas conocidas.
- Contextualización de la información y realización de experiencias sencillas.
- Sistematización de los conocimientos, buscando modelos que expliquen el comportamiento del sistema.
- Utilización de los mismos en otras situaciones y generalización a casos similares.

Las actividades se planificaron para dar la oportunidad de explicitar y contrastar ideas, elaborar argumentos, analizar resultados, establecer conclusiones... El alumnado disponía de todo el material impreso e iban anotando sus percepciones, descripciones y argumentaciones, fuera experimental o teórica la actividad que realizaran. Todas las hojas de trabajo se guardaban por el alumnado, en su respectiva carpeta, para acudir a ellas cuando era necesario. Se fomentó el trabajo cooperativo entre iguales, y entre iguales y experto; se creó un buen clima de aula que, sin duda, favoreció el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje.

3. LA ELABORACIÓN DE LOS ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO

Aunque el proceso de elaboración de esquemas ha sido descrito en otros trabajos (Domínguez y cols., 1996, 1997, 1998b) recordemos que para el vaciado de las respuestas:

- a) Se identifican las relaciones entre variables y subesquemas que constituyen el razonamiento utilizado por los alumnos en sus respuestas a cada uno de los ítems de las pruebas (en este caso, se han extraído preferentemente de cinco de las iniciales y de cinco de las finales).
- b) Se calculan las frecuencias con que aparecen dichas relaciones en cada uno de los alumnos, asegurándose de la consistencia de las concepciones.
- c) Se representan mediante esquemas de conocimiento (razonamiento y acción), todas las relaciones de cada uno de los alumnos. Se indican en letra cursiva las relaciones que no coinciden con la ciencia escolar.

- d) Se identifican los esquemas iguales y los que presentan diferencias poco significativas (todos pertenecerán al mismo nivel, aunque puedan distinguirse diferentes subniveles).
- e) Se ordenan los diferentes niveles según su proximidad al esquema referencial que hemos indicado en la Figura 1. El número de orden va precedido de una *i*, si los esquemas corresponden a la caracterización inicial de la muestra, es decir antes de la intervención con la propuesta didáctica, o por una *f* si corresponden a la caracterización final, inmediatamente después de la intervención.

Con ello, se han elaborado los esquemas de cada alumna y de cada alumna antes y después de la intervención. Así, hemos comprobado que algunos utilizan estructuras de conocimiento muy similares (como los esquemas *f2b* y *f2c* de la Figura 2):

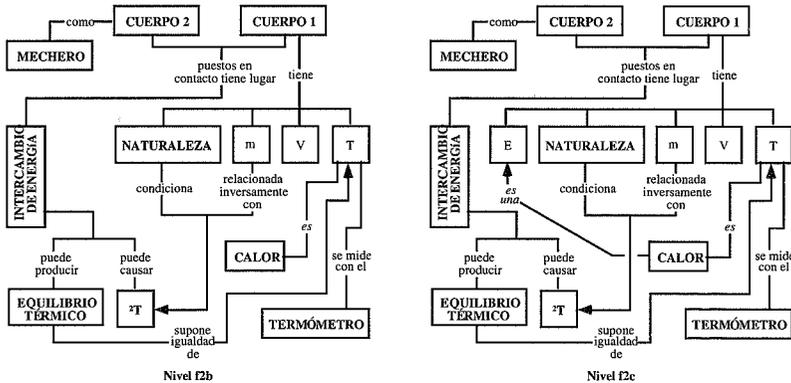


Figura 2. Ejemplos de esquemas del mismo nivel y diferentes subniveles

- En el esquema *f2b* no se activa la variable *energía* y en consecuencia no hay relación con el subesquema *calor*, por lo que no se hacen explícitas concepciones relacionadas con el modelo calórico.
- En el esquema *f2b* sí se ha activado la variable *energía* y se establece la relación entre el subesquema *calor* y dicha variable para poner de manifiesto una concepción que se aleja del punto de vista de la Ciencia escolar: calor es una forma de energía.
- En ambos esquemas se relaciona la variable *temperatura* con el subesquema *calor* para construir un significado de temperatura próximo al de sensación térmica utilizado en el lenguaje cotidiano (que calor hace).

Sin embargo, en otros casos, existen diferencias sustantivas que representan concepciones más heterogéneas, lo que implica distintos niveles de aproximación al referencial de la Ciencia escolar (por ejemplo los esquemas *i4a* e *il* de la Figura 3):

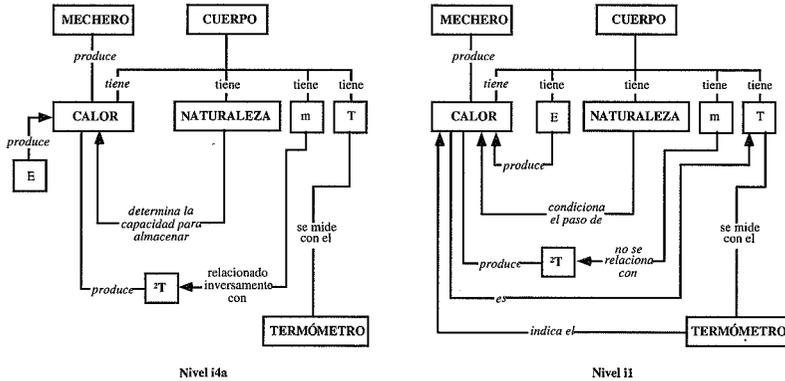


Figura 3. Ejemplos de esquemas de diferentes niveles de aproximación al referencial de la Ciencia escolar

- La relación entre los subesquemas *naturaleza* y *calor* es diferente en ambos esquemas. En el esquema *i4a* la naturaleza del sistema determina la capacidad de almacenar calor (concepción próxima a la de capacidad calorífica). Parecen atribuirse al calor características del modelo calórico. En el esquema *il* la naturaleza del cuerpo condiciona el paso de calor. Como antes, parecen atribuirse a éste atributos del calórico.
- Hemos de destacar, sin embargo, la relación entre la variable *masa* y el subesquema *incremento de temperatura*. Mientras que en el esquema *il* no existe relación entre ambos, en el esquema *i4a* sí se establece la relación inversa entre la masa y el incremento de temperatura del sistema.
- Además en el esquema *il* se establecen las relaciones del subesquema *calor* con la variable *temperatura* y con el subesquema *termómetro*, lo que nos habla de la confusión existente entre los significados de calor y temperatura. Esto no ocurre en el esquema *i4a*.

De lo dicho anteriormente se justifica la diferencia de niveles en los que hemos situado los esquemas de la Figura 3.

En la Tabla 2 aparecen las ideas aceptables y alternativas contenidas en cada uno de los esquemas iniciales *i*..

Nivel ->	<i>i6</i>	<i>i5</i>	<i>i4a</i>	<i>i4b</i>	<i>i4c</i>	<i>i4d</i>	<i>i3a</i>	<i>i3b</i>	<i>i2a</i>	<i>i2b</i>	<i>i1</i>
<i>Ideas aceptables en la Ciencia escolar</i>											
Diferencia Q y T	X	X	X	X	X	X	X	X			
Cuerpo tiene E, m y T (volumen)		X									
Cuerpo tiene m, T, naturaleza (V)	X		X	X	X		X	X	X	X	
Cuerpo tiene m y T						X					
ΔT es inverso a m	X	X	X	X	X	X			X	X	
ΔT depende de la naturaleza	X						X	X			
Trasferencia de E produce ΔT	X										
<i>Ideas alternativas en la Ciencia escolar</i>											
$Q \Rightarrow \Delta T$	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Q es T (se mide con termómetro)									X	X	R
Calórico (paso, almacenaje... de Q)			X	X	X	X	X	X	X	X	E
Cuerpo tiene Q (además de otros)					X	X			X	X	S
ΔT no se relaciona con m							X	X			T
E produce Q			X			X					O
Q produce E / Q es E	X					X	X	X		X	

Tabla 2. Ideas que caracterizan los esquemas iniciales según sus niveles

En la Tabla 3 se representan las ideas que caracterizan los niveles que hemos podido establecer en los esquemas de las pruebas finales *f*.

Se puede apreciar que la intervención en el aula reduce el número de niveles y subniveles diferentes, a pesar de haber incluido en el nivel *i1* una gran heterogeneidad de respuestas; esto resulta lógico por el carácter homogeneizador que suele tener cualquier propuesta. Lógicamente, en la prueba final, aparecen también nuevas ideas aceptables desde la Ciencia escolar y se reducen las ideas alternativas que encontramos inicialmente.

Por último, queremos resaltar que los esquemas no han sido elaborados por los alumnos sino que se han inferido por los investigadores a partir de las respuestas dadas en las diferentes situaciones planteadas en las pruebas.

Nivel ->	f5a	f5b	f5c	f4	f3	f2a	f2b	f2c	f2d	f1
<i>Ideas aceptables desde la Ciencia escolar</i>										
Diferencia Q y T	X	X	X	X	X					
Cuerpo tiene m, T, V, E y naturaleza		X		X				X		
Cuerpo tiene m,T,V,p y naturaleza	X					X				
Cuerpo tiene m, T, V y naturaleza			X		X		X		X	X
ΔT es inverso a m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ΔT depende de la naturaleza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trasferencia de E produce ΔT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trasferencia de E produce Δp	X					X				
Trasfer. de E puede producir Equil.térmico	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Equilibrio térmico \Rightarrow T iguales	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Ideas alternativas desde la Ciencia escolar</i>										
Q es T (se mide con termómetro)						X	X	X	X	X
Cuerpo tiene Q (además de otros)						X	X	X	X	X
ΔT no se relaciona con m										X
Q es E				X				X	X	

Tabla 3. Ideas que caracterizan los esquemas finales según sus niveles

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS ESQUEMAS

Aunque no hemos hecho una referencia detenida a ello, los datos contenidos en las Tablas 2 y 3 ponen de manifiesto muchas de las dificultades apuntadas en otros trabajos: influencia del lenguaje cotidiano, confusión conceptual entre calor y temperatura, el modelo del calórico, temperatura como magnitud extensiva... También aparecieron algunas variantes, pero lo consideramos normal cuando hay diferentes contextos donde deben transferir sus conocimientos. No obstante, dados los interrogantes planteados, nos centraremos en los resultados en los esquemas.

Una de las ventajas de este tipo de análisis es que no precisa pruebas idénticas, un mismo número de items o establecer rendimientos porcentuales para ser comparables. Igual que hemos ordenado independientemente los esquemas de las pruebas iniciales *i* y finales *f*, podemos ordenarlos globalmente según su aproximación al esquema referencial (niveles *g*). Hay que señalar, no obstante, que las dificultades y posibles errores en esta categorización son mayores cuanto mayor sea el número de estructuras que tengamos que ordenar o más variadas sean las pruebas donde los estudiantes las hayan puesto en juego.

Con estas limitaciones de partida, hemos recogido en la Tabla 4, los niveles *i* y *f* incluidos en cada uno de los nuevos niveles *g* y sus frecuencias correspondientes.

A la vista de la Tabla 4, parece existir una evolución importante en las estructuras de conocimiento utilizadas por los alumnos para la descripción de un sistema y la interpretación macroscópica de su comportamiento cuando intercambia energía con una fuente. De hecho, si realizamos un contraste estadístico no-paramétrico mediante la T de Wilcoxon, obtenemos que se han producido diferencias significativas a nivel de $\alpha = 0.003$ ($z = 2.929$).

No obstante, el uso de esta estrategia de categorización permite analizar caso a caso el progreso en el aprendizaje. Vamos a ejemplificarlo con el caso del alumno 8.

Niveles g	Niveles iniciales	Nº Alumnos	Niveles finales	NºAlumnos
g8			f5a, f5b, f5c	.9
g7			f4	1
g6	i6	1	f3	1
g5	i5	1		
g4	i4a, i4b, i4c, i4d	5		
g3	i3a, i3b	2		
g2			f2a, f2b, f2c, f2d	8
g1	i2a, i2b	2	f1	1
g0	i1	9		

Tabla 4. Contraste de esquemas iniciales y finales

4.1. El caso del alumno 8

El alumno 8 no presenta unas características especiales para nuestra ejemplificación, más allá de los esquemas iniciales y finales que hemos elaborado a partir de sus respuestas. En la Figura 4, podemos contemplar los resultados obtenidos en ambas pruebas.

El esquema inicial de razonamiento del alumno 8 era del nivel *i1*. En este nivel hay que destacar las relaciones que suponen concepciones alejadas de la ciencia escolar:

- Las relaciones del subesquema *calor* con los subesquemas *mechero* y *cuerpo*, así como con el esquema dominante *incremento de temperatura* y con la variable *energía*, señalan la confusión entre energía y calor: un cuerpo tiene energía que se desprende en forma de calor por eso se

nota caliente (ΔT); el mechero produce calor ya que cuando se acerca de la mano a la llama se nota caliente (ΔT).

- La relación del subesquema *termómetro* con el subesquema *calor* y la variable *temperatura*, pone de manifiesto la confusión de calor con temperatura: la temperatura se mide con el termómetro que además indica el calor del cuerpo. Calor y temperatura aparecen como sinónimos y, en el mejor de los casos, la temperatura supone la medida del calor que tiene el cuerpo.
- Tampoco en este caso se establece la relación inversa entre la variable *masa* y el esquema dominante *incremento de temperatura*.

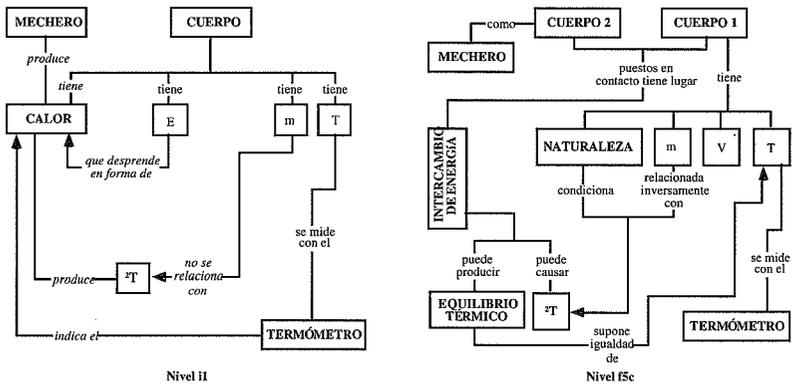


Figura 4. Esquemas inicial y final del alumno 8

Tras la puesta en práctica de la Actividad Abierta sobre Calor y Temperatura, en el esquema de razonamiento final del alumno 8 se han activado nuevos subesquemas y variables que se relacionan entre sí para construir nuevos significados, por lo que se sitúa en el nivel *f5c*. En este nivel hay que destacar que:

- Se activan los subesquemas *cuerpo 1* y *cuerpo 2* que se relacionan entre si y con el subesquema *intercambio de energía*, para dar significado a este último.
- Se ha activado el subesquema *equilibrio térmico* y sus relaciones con el subesquema *intercambio de energía*, con el esquema dominante *incremento de temperatura* y con la variable *temperatura*, dan pleno significado al principio cero de la termodinámica.

- Se activa el subesquema *naturaleza* que se relaciona con el esquema dominante para indicar que el comportamiento del sistema depende de la naturaleza del mismo.
- Por último se relaciona la variable *masa* con el esquema dominante para poner de manifiesto la relación inversa entre ambos.

Si comparamos esta situación final con el deseable de la Figura 1 podemos confirmar el alto grado de aproximación al conocimiento deseable; se puede observar en la Tabla 4 el progreso desde el nivel *g0* al nivel *g8*.

No obstante, persisten algunos problemas:

- No se activa el subesquema *calor*. Aunque, desde luego, ni lo identifica con la temperatura, no utiliza razonamientos *calóricos*, ni lo considera como una forma de energía..., no llega a “encajarla” en el esquema.
- No incluye la presión entre las magnitudes características por lo que parece que sólo contempla fenómenos isobáricos, a pesar de los contenidos desarrollados en la Actividad Abierta.

5. CONCLUSIONES

Las respuestas de los estudiantes contienen relaciones entre subesquemas y variables que pueden repetirse con una cierta regularidad, constituyendo esquemas de razonamiento, que permiten ordenarlos en niveles por su proximidad a la ciencia escolar. La posibilidad de categorizarlos de esta manera facilita la diferenciación entre ellos y la valoración del progreso en el aprendizaje.

La activación de esquemas de razonamiento macroscópico en la interpretación de fenómenos cotidianos es frecuente en la muestra utilizada. El alumnado tiene un conocimiento básico y experiencial que le permite argumentar sobre estos fenómenos, ya sea por sus aprendizajes escolares o extraescolares.

Se han detectado cambios en el número de niveles y subniveles, y diferencias significativas entre los esquemas iniciales y finales de los alumnos, lo que permite apreciar los efectos de la propuesta utilizada en el aprendizaje. Aunque es evidente el progreso, ni éste es homogéneo en los alumnos, ni se superan todas las dificultades señaladas. Habrá que seguir investigando...

Pero en relación con las preguntas que nos planteamos, podemos decir que:

- *Los esquemas de razonamiento son instrumentos válidos para evaluar el conocimiento de los alumnos respecto a la descripción del sistema y de su comportamiento frente a un aporte de energía desde la fuente*
- *Los esquemas se modifican cuando se produce una intervención intencionada y, por lo tanto, es posible evaluar con ellos los progresos en el aprendizaje*

AGRADECIMIENTOS

A la Xunta de Galicia la financiación del Proyecto AcAb: un diseño curricular para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. XUGA22701B93.

A la Directora y al alumnado del C. P. de Vite de Santiago de Compostela, su colaboración.

REFERENCIAS

- BROOK, A.; BRIGGS, H.; BELL, B.; DRIVER, R. (1984). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report*. CLIS: Children's Learning in Science Project. Leeds: Universidad de Leeds.
- CERVANTES, A. (1987). Los conceptos de Calor y Temperatura: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), 66-70.
- CLAXTON, G. (1993). *Mintheories: a preliminary model for learning science. Children's informal ideas in science*. Routledge: Black y Lucas.
- DOMÍNGUEZ, J.M.; DE PRO, A.; GARCÍA-RODEJA, E.; ILLOBRE, M^a.L^a. (1996). Explorando procedimientos: o termómetro. *Boletín das ciencias*, 28, 63-74.
- DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; DE PRO, A. (1997). Algunas ideas de los alumnos sobre calor y temperatura. En JIMÉNEZ y WAMBA (eds.). *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Serv. de Publicaciones. Universidad de Huelva.
- DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; DE PRO, A. (1998a). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de *calor y temperatura*: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 461-475
- DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; ILLOBRE, M^o.L^o.; DE PRO, A. (1998b). Esquemas conceptuales de los alumnos de secundaria sobre el modelo de partículas de la materia. En BANET y PRO (Coords.). *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Murcia: Diego Marín.
- DUSCHL, R.A. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 3-14.

- EINSTEIN, A.; INFELD, L. (1986). *La evolución de la Física*. Barcelona: Salvat.
- GARCÍA, J.L.; RODRIGUEZ, C. (1985). Preconcepciones sobre el calor en 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 188-193.
- GARCÍA-RODEJA, E.; LORENZO, F.; DOMÍNGUEZ, J.M. (1994). *Proyecto AcAb. Física. Actividades Abiertas para una Enseñanza Integrada de la Física*. Universidad de Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones.
- 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*. Ithaca: Misconceptions Trust.
- LEVINE, I.N. (1995). *Fisicoquímica*. Madrid: McGraw-Hill.
- MINSKY, M. (1986). *La sociedad de la mente: la inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial*. Buenos Aires: Galápagos.
- POZO, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- RUMELHART, D.E.; ORTONY, A. (1982). La representación del conocimiento en la memoria. *Infancia y Aprendizaje*, 19-20, 115-118.
- SCHANCK, R.C.; ABELSON, R.P. (1987). *Guiones, planes, metas y entendimiento: un estudio de las estructuras del conocimiento humano*. Barcelona: Paidós.
- THOMAZ, M. F.; MALAQUIAS, I. M.; VALENTE, M. C.; ANTUNES, M.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*. Ithaca: Misconceptions Trust.
- VALCARCEL, M^a.V^a; PRO, A.; BANET, E.; SÁNCHEZ, G. (1990). *Problemática Didáctica del Aprendizaje de las Ciencias Experimentales*. Murcia: Secretariado de Publicaciones.
- VÁZQUEZ, J. (1987). Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 235-238.