

# ESTRATEGIA PARA EVALUAR LA EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNADO: ESQUEMAS DE PENSAMIENTO (RAZONAMIENTO Y ACCIÓN)

**DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS<sup>1</sup>, JOSÉ MANUEL; y DE PRO BUENO<sup>2</sup>, ANTONIO**

<sup>1</sup> Dpto. de Didáctica das Ciencias Experimentais. U. de Santiago <ddacabdz@usc.es>

<sup>2</sup> Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. U. de Murcia <nono@fcu.um.es>

---

**Palabras clave:** Esquemas de pensamiento: razonamiento y acción; Evaluación. Instrucción; Calor y Temperatura.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de una investigación más amplia (Domínguez 2000) en la que se ha estudiado la incidencia de una determinada propuesta de enseñanza sobre Calor y Temperatura en los cambios que se producen en los conocimientos del alumnado y si estos se mantienen al cabo de un cierto tiempo.

Se presenta una estrategia de recogida y tratamiento de la información mediante la que se ha puesto de manifiesto la evolución de las estructuras conceptuales y procedimentales que activan los alumnos, durante la instrucción.

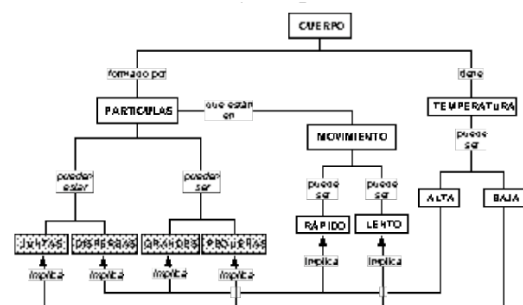
## LOS ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO Y DE ACCIÓN PARA DIMENSIONAR EL CONOCIMIENTO Y EVALUAR EL PROGRESO DEL MISMO

Hemos explorado el razonamiento presente en el discurso del alumnado, así como las estrategias de acción implicadas en el mismo. Para ello nos han sido útiles las aportaciones de la Teoría del Esquema (Rumelhart y Ortoni, 1982; Rumelhart, 1989), desarrollada en el marco de la Ciencia cognitiva. Esta teoría nos ha permitido caracterizar la forma de pensar y actuar de los estudiantes, a partir de sus argumentos y de sus acciones.

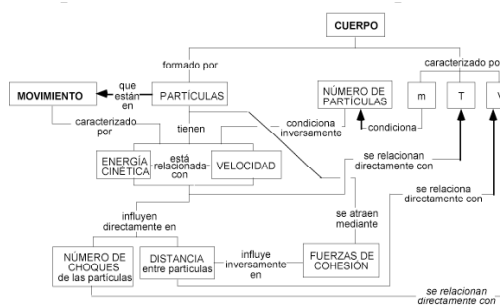
Desde esta perspectiva, los *esquemas de razonamiento* y de *acción* (Domínguez et al., 2003) son respectivamente representaciones del conocimiento conceptual y procedimental que los estudiantes adquieren y construyen con el aprendizaje y que pueden activar para utilizar o procesar una determinada información.

Como ejemplo ilustrativo, recogemos a continuación el esquema de razonamiento inicial (Esquema 1) y el final (Esquema 2), que nos informan sobre la evolución del conocimiento del alumno 2, antes y después de la instrucción respecto del *modelo cinético de partículas*.

Una vez identificados los esquemas, es posible analizarlos, discutirlos, compararlos y ordenarlos según su potencialidad explicativa, interpretativa o predictiva y su proximidad al referencial deseable desde la ciencia escolar. Los hemos ordenado en niveles en las tres caracterizaciones: inicial (*i*), final (*f*) y retención (*r*). Cuando dos o más estudiantes usan estructuras de conocimiento semejantes o con diferencias poco signi-



Esquema 1



Esquema 2

ficativas, los incluimos en el mismo nivel aunque le asignamos distintos subniveles. Este análisis nos ha permitido también contrastar la significación estadística de la evolución del conocimiento de cada estudiante en los tempus de la investigación -antes, durante y después de la instrucción.

Finalmente hemos ordenado globalmente los esquemas -*i, f, r*- según su aproximación al esquema referencial obteniendo así nuevos niveles que denominamos *g*. De esta manera se puede apreciar la variación ordinal que han experimentado (Tabla 1); es decir, el progreso y las posibles pérdidas u olvidos individuales y del grupo.

TABLA 1  
Esquemas de razonamiento modelo cinético de partículas: contraste de esquemas *i, f, r*

Nivel <i>g</i>	Nivel <i>i</i>	Alumnado N = 20	Nivel <i>f</i>	Alumnado N = 20	Nivel <i>r</i>	Alumnado N = 15
<i>g7</i>			<i>f5a, f5b, f5c, f5d, f5e, f5f</i>	16, 1, 8, 2, 14, 4, 10		
<i>g6</i>			<i>f4a, f4b</i>	6, 13, 21, 7, 20	<i>r4</i>	2, 6, 8, 10, 16
<i>g5</i>			<i>f3</i>	9, 11, 18	<i>r3a, r3b, 3c</i>	9, 13, 1, 11, 18, 20, 21
<i>g4</i>			<i>f2a, f2b, f2c</i>	12, 19, 15	<i>r2</i>	7
<i>g3</i>	<i>i4</i>	8	<i>f1</i>	3, 17	<i>r1a, r1b</i>	14, 3
<i>g2</i>	<i>i3</i>	9, 11, 15, 16				
<i>g1</i>	<i>i2</i>	10				
<i>g0</i>	<i>i1</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21				

Se puede observar en la Tabla 1 la evolución positiva del alumno 2 que ha ascendido siete niveles *g* (*g0* a *g7*) pues pasa del nivel más bajo (*i1*) en la caracterización inicial al nivel superior (*f5*) de la caracterización final. Ha progresado, evidentemente, en su aprendizaje y presenta, después de la instrucción, esquemas de razonamiento muy próximos al referencial de la ciencia escolar. Asimismo, en la retención, podemos ver que el alumno 2 ha retrocedido un nivel (del *g7* al *g6*), respecto a la caracterización final. Esto es debido a que no ha activado algunas de las relaciones que suponen mayor dificultad cognitiva, e indica pérdida u olvido de las mismas.

Finalmente, si se compara la retención con la caracterización inicial, se observa el significativo progreso en el aprendizaje de los estudiantes de la muestra.

## LOS ESQUEMAS DE RAZONAMIENTO Y DE ACCIÓN PARA EVALUAR EL APRENDIZAJE DURANTE LA INSTRUCCIÓN

En la línea de considerar el aprendizaje de las ciencias como construcción de conocimientos y no como simple adquisición de los elaborados previamente, la unidad didáctica objeto de enseñanza -*Calor y Temperatura* (Domínguez et al. 2001)- se ha estructurado en función de un programa de actividades que

facilitan dicha construcción, por parte del alumnado, y no como un listado de contenidos a transmitir por el profesorado. Dichas actividades, realizan continuas referencias a la realidad socio-cultural en la que los estudiantes están inmersos y se desarrollan en tres fases: exploración, indagación y aplicación (Ollerenshaw y Ritchie, 1997)

Hemos de recordar que nuestra intención durante la intervención es que el alumnado llegue a establecer las relaciones necesarias para que los conocimientos conceptual y procedimental se integren en esquemas de razonamiento y de acción útiles para interpretar y, en ocasiones, predecir, los acontecimientos que se plantean en el aula. La Tabla 2, muestra en qué tipo de esquemas se hace énfasis respecto de cada una de las diferentes actividades que se trabajan en clase. La numeración corresponde al orden de secuenciación en que se realizaron.

**TABLA 2**  
**Relación entre esquemas de razonamiento y de acción, y actividades realizadas**

Esquemas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
<b>Esquemas de razonamiento</b>																	
Incremento de temperatura											X	X	X		X	X	X
Modelo cinético de partículas														X	X	X	X
Dilatación														X	X	X	
Cambio de estado																	X
<b>Esquemas de acción</b>																	
Medida de la temperatura				X	X	X	X	X	X		X	X			X		X
Representación gráfica											X						X
Relación de variables										X	X	X		X	X	X	X
Diseño experimental																	

A = actividad de la que se extraen las relaciones con las que se elaboran los esquemas.

Las tres primeras actividades parecen no fomentar ninguna relación que conduzca al establecimiento de esquemas de razonamiento o de acción. En cierto modo así es, pues tienen por objetivo cuestionar el uso de los sentidos, y por lo tanto de las sensaciones, como criterio válido para la diferenciación entre objetos a diferente temperatura.

En la actividad A13 también aparece en blanco la columna correspondiente. Esto se debe a que, con ella, se presenta a los estudiantes información sobre el modelo cinético de partículas. Se trata por tanto de un material de referencia que servirá para aplicar sus ideas al resto de las actividades, pero del que no se deriva directamente ningún esquema.

Se diseñaron y proporcionaron a los estudiantes guiones de trabajo, con las actividades y tareas a realizar. Se ha seguido un modelo holístico en el diseño de las mismas. Se planificaron de forma que el alumnado pudiera hacer explícitas sus ideas de manera que fuesen conscientes de ellas y de las de sus compañeros. También se les dió la oportunidad de diferenciar entre su conocimiento y el propuesto por la ciencia escolar, haciendo explícitas sus conclusiones y elaborando sus propios argumentos para justificarlas.

Hemos extraído de las manifestaciones de los estudiantes –escritas, en sus guiones de trabajo; y orales, resultado de sus intercambios en pequeño y gran grupo- aquellas relaciones fundamentales que constituyen esquemas de razonamiento y las hemos registrado sistemáticamente, para cada uno de los esquemas, en tablas, para una mejor búsqueda de regularidades. En este resumen indicamos la de uno de los alumnos, en la que hemos recogido las relaciones asociadas con el esquema de razonamiento modelo cinético de partículas (Tabla 3).

La Tabla 3 se estructura de manera que se puedan hacer explícitas las relaciones fundamentales puestas de manifiesto durante la intervención así como la desaparición, durante ésta, de las relaciones alejadas de la ciencia escolar que aparecían inicialmente.

**TABLA 3**  
**Relaciones del Modelo cinético de partículas activadas por el alumno 2 durante la intervención.**

Modelo cinético de partículas	i1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	f
<b>Relaciones fundamentales</b>																			
Cuerpo está formado partículas (P)	X														X	X	X	X	4
Las partículas están en movimiento	X														X	X	X	X	4
Las partículas se dispersan															X	X		X	3
Las P se atraen mediante fuerzas de cohesión																		X	1
Cuerpo tiene número de partículas																			
Partículas tienen Ec / v															X	X	X	X	4
Ec / v influyen directamente en nº de choques																			
Ec / v influyen direct. en la distancia entre P															X	X	X	X	4
Distancia entre partículas influye invers. en Fc																		X	1
La T condiciona las distancia entre partículas	X																		
Ec / v se relaciona directamente con T															X	X	X	X	4
Nº de P condiciona inversamente su Ec / v																			
La masa condiciona el número de partículas																			
Número de choques condiciona la presión																			
Nº de choques se relaciona con el volumen																			
Distancia entre P condiciona el volumen	X														X	X	X		3
Naturaleza condiciona fuerzas de cohesión																			
<b>Relaciones alejadas de la ciencia escolar</b>																			
Partículas pueden estar juntas/dispersas	X																		
Las partículas son grandes/pequeñas	X																		
T está relacionado con tamaño partículas	X																		
El movimiento supone cambio ubicación																			
T supone cambio ubicación																			
Las partículas están en reposo/en movimiento																			
T alta supone evaporación de las partículas																			
Calor tiene partículas																			
Ec / v influyen invers. en la distancia entre P																			

i = nivel de orden en el que se clasifica el esquema inicial de un total de cuatro.  
A = actividad de la que se extraen las relaciones contenidas en las manifestaciones del alumnado.  
f = frecuencia: número de ocasiones en que se hace explícita una determinada relación en las diecisiete actividades.

Hay que destacar que la nube de puntos señala claramente aquellas actividades en las que se trabaja con el modelo cinético de partículas. Respecto de las frecuencias, en la última columna hay que destacar que la diferencia entre el valor de la frecuencia de *partículas se atraen mediante fuerzas de cohesión y distancia entre partículas influye inversamente en las fuerzas de cohesión*, y el alcanzado por las restantes relaciones, se debe a que aquellas sólo se han trabajado en la actividad A17.

En la primera columna de la tabla se disponen las relaciones fundamentales y las alejadas de la ciencia escolar. En la segunda se indica, en la celdilla superior, el nivel (i) en el que se clasificó el esquema inicial del alumno o de la alumna, cuyos materiales hemos analizado, y a continuación, con un aspa (x), las relaciones que lo constituyen. En las diecisiete siguientes, A1/A17, se señalan las relaciones establecidas a lo largo de las actividades realizadas, teniendo en cuenta sus manifestaciones escritas y orales. En la última columna, nominada con una f, se indica la frecuencia con que aparece cada una de las relaciones, en el total de las diecisiete actividades.

En la anterior Tabla 3 se puede verificar que la propuesta didáctica ha promovido en el alumnado el establecimiento de relaciones asociadas al modelo cinético de partículas que le permiten interpretar los hechos y fenómenos relacionados con el incremento de temperatura, la dilatación y el cambio de estado (alguna de las relaciones se refiere a gases). Además desaparecen todas las relaciones que se alejan de la ciencia escolar.

La homogeneidad con que el alumnado ha aceptado la discontinuidad de la materia, el movimiento inherente de las partículas caracterizado por su energía cinética o velocidad, así como su relación con la temperatura como una manifestación de la energía cinética de las partículas, se hace evidente ya que no es significativa la diferencia entre las frecuencias obtenidas para las relaciones: *cuerpo está formado por partículas, las partículas están en movimiento, las partículas tienen energía cinética o velocidad, la energía cinética o la velocidad se relacionan directamente con la temperatura*. Lo mismo ocurre cuando justifica el incre-

mento de volumen del sistema por medio de la idea de separación de las partículas cuando incrementan su energía cinética.

## CONCLUSIONES

Durante la intervención, las anotaciones de los estudiantes en sus guiones de trabajo y en las manifestaciones orales, han mostrado la homogeneidad, salvo excepciones, con la que han recibido la propuesta didáctica en su conjunto. En muchas de sus respuestas, han activado las relaciones de los esquemas referenciales, deseables desde la perspectiva de la ciencia escolar.

Los resultados después de la intervención han puesto de manifiesto una situación muy diferente a la inicial. Los estudiantes, para construir su discurso, han activado esquemas de razonamiento y de acción mucho más estructurados que los iniciales, en los que el número de relaciones entre subesquemas y variables se ha incrementado significativamente y en los que el conocimiento básico utilizado como fundamento es, en muchos casos, coincidente con la ciencia escolar. Sin embargo hay que destacar que siguen persistiendo problemas, probablemente por condicionamientos relacionados con el aprendizaje en contextos diferentes al del aula de ciencias.

Podemos inferir que los esquemas de razonamiento y de acción se modifican cuando se produce una intervención intencionada y, por lo tanto, es posible evaluar con ellos los progresos en el aprendizaje.

Además de los resultados positivos que, sin duda, hemos obtenido, hemos de señalar algunas cuestiones que precisan de nuevos trabajos e investigaciones: ¿por qué tenían los alumnos esquemas iniciales? ¿por qué las diferentes actividades han favorecido cambios de ideas no previstos? ¿cómo podemos mejorar algunos resultados respecto a la pérdidas debido al olvido? ¿qué otros esquemas de razonamiento y acción tienen los estudiantes en otros ámbitos de las ciencias? ¿cómo se han modificado los esquemas del profesor o su desarrollo profesional con la experiencia realizada?... La investigación educativa nos aporta algunas reflexiones y respuestas pero también nos amplía, aún más, las cuestiones pendientes.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto financiado por el MCYT, código BSO2002-04073-C02-02, parcialmente financiado con fondos FEDER.

## BIBLIOGRAFÍA

- DOMÍNGUEZ, J.M. (2000). *Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material, en el marco de la termodinámica y del modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento*. Tesis doctoral. Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.
- DOMÍNGUEZ, J.M.; PRO BUENO, A.; GARCÍA-RODEJA, E. (2003). Esquemas de razonamiento y de acción de estudiantes de ESO en la interpretación de los cambios producidos en un sistema material. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 21 (2), pp. 199-214
- DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; PRO, A.; ILLOBRE, M<sup>a</sup>.L (2001). Propuesta de enseñanza para el estudio de los cambios producidos en un sistema material, desde la termodinámica y el modelo cinético de partículas. *Adaxe. Revista de Estudios e Experiencias Educativas*, Vol. 17, pp. 337-361.
- OLLERENSHAW, Ch. y Ritchie, R. (1997). *Primary Science. Making it work*. London: David Fulton Publishers.
- RUMELHART, D. (1989). The architecture of mind: a connectionist approach. En Posner (Ed.). *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: The MIT Press.
- RUMELHART, D.; Ortony, A. (1982). La representación del conocimiento en la memoria. *Infancia y Aprendizaje*, Vol.19-20, pp. 115-118.