

# Relación entre motivaciones y cambio conceptual en el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia en alumnos de Secundaria

---

*José Domingo Villarroel*  
*Doctorado de Psicodidáctica*

El objetivo de este estudio es verificar si las concepciones que el alumno tiene sobre sí mismo y sobre el aprendizaje se relacionan con el cambio conceptual en el aprendizaje de conceptos de Química. Se analiza cómo alumnos de Educación Obligatoria usan modelos microscópicos y macroscópicos para entender las propiedades físicas de la materia y como el empleo de estos modelos se relaciona con tres estilos diferentes de motivación hacia las tareas escolares. Los resultados obtenidos apoyan la tesis de que, dada la relación que las variables motivacionales tienen con el aprendizaje de Química, el cambio conceptual no puede ser considerado como un "cambio frío", al margen de variables afectivas.

Palabras clave: *Aprendizaje de la Química, motivación, cambio conceptual.*

The aim of this paper is to improve the understanding how motivational believes relate to conceptual change in the field of chemical education. The study analyzes how compulsory students use macroscopic and microscopic models in order to understand physical properties of the matter and relatives the usage of these models with three different motivational styles. The general observation of this article is that due to the relation that these motivational believes can have with conceptual learning in chemical, the conceptual change can not be considered as a "cold change" without any connection with affective variables.

Key words: *Chemical education, motivational believes, conceptual change.*

Durante años el estudio sobre el cambio conceptual se ha abordado desde la teoría piagetiana sobre el funcionamiento y desarrollo de la inteligencia, lo que ha permitido afianzar la idea de que los niños son activos constructores de su propio aprendizaje. Sin embargo, en los últimos tiempos se viene cuestionando que exista una relación directa entre cambio conceptual y el desarrollo de las operaciones lógicas al margen y con independencia del contexto (Vosniadou, 1999). En este sentido, se está desarrollando una nueva línea de investigación centrada en el estudio del proceso de cambio conceptual en dominios de conocimiento específicos más que en la búsqueda de cambios globales en las estructuras de conocimiento o de desarrollo en las capacidades lógicas generales (Schonotz et al., 1999).

En el dominio del aprendizaje de las ciencias, los recientes modelos sobre el cambio conceptual han subrayado el papel que las creencias ontológicas (creencias sobre la naturaleza y clasificación de los objetos físicos) y epistemológicas (principios sobre la realidad que utilizamos para predecir o explicar fenómenos cotidianos) tienen en dichos cambios.

Aun más, se está proponiendo enriquecer este modelo mediante la consideración de las variables afectivas que pueden influir en el cambio conceptual (Pintrich, 1993 y 1999) ya que determinados aspectos motivacionales pueden activar o entorpecer el uso de estrategias cognitivas y metacognitivas necesarias para codificar la información que se suministra al alumno.

La enseñanza de las propiedades físicas de la materia y de la teoría cinético molecular es un punto esencial del currículum del área de ciencias en E.S.O., ya que es la base del aprendizaje de otros contenidos de Química y Biología. Para lograr una adecuada comprensión de los cambios físicos que puede sufrir la materia es necesario atender a las dos representaciones sobre ésta, una referida especialmente a la descripción de estos cambios (procesos de dilatación y contracción, fenómenos de expansión y compresión, cambios de estado y comprensión de las disoluciones) que convenimos en llamar representaciones macroscópicas y otra referida a la explicación de estos procesos desde una óptica corpuscular (teoría cinético-molecular) que considera las interacciones de pequeñas partículas que conforman la materia y que, separadas por el vacío, están en continuo movimiento (Hierrezuelo, 1995). Son empero, estas últimas representaciones microscópicas de la materia las que más dificultades causan en el proceso de aprendizaje, precisamente porque obligan al alumno a abandonar los indicios perceptivos que caracterizan a las representaciones macroscópicas (Pozo, 1998).

En este sentido, se considera que un cambio conceptual fundamental en el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia es la progresiva distinción de ambos modelos de forma que el alumno comience a utilizar representaciones microscópicas para generar explicaciones sobre las propiedades del mundo macroscópico (Pozo, 1998).

## MÉTODO

### Objetivo

El estudio que a continuación se presenta pretende evaluar si las creencias motivacionales que el alumno tiene sobre sí mismo y sobre el aprendizaje se relacionan con el cambio conceptual sobre las propiedades físicas de la materia, entendiendo este cambio no como una modificación radical de conceptos sino como una paulatina asimilación de modelos macroscópicos y microscópicos de la materia y su adecuado uso vinculado a contextos descriptivos y explicativos respectivamente.

### Muestra

En el estudio han participado 85 alumnos (45 mujeres y 41 varones) de cuarto curso de enseñanza secundaria durante el curso 1999-2000. A finales de dicho curso se pasó a los alumnos las pruebas de variables motivacionales y el test para evaluar sus conocimientos sobre la estructura de la materia.

### Instrumentos

CEAM II (*Cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación*). Este cuestionario es el resultado de la traducción y adaptación al castellano del MSLQ (Pintrich et al. 1991). Este instrumento permite explorar seis dimensiones motivacionales con notable claridad (Roces et al., 1995); la autoeficacia para el rendimiento, la ansiedad durante la realización de tareas escolares, la orientación hacia metas intrínsecas, la orientación hacia metas extrínsecas, el valor de la tarea y la creencia de control (González et al., 1997). El cuestionario consta de 31 ítems que los alumnos deben responder con arreglo a una escala Likert de 7 puntos.

*Test sobre la estructura de la materia:* Esta prueba se ha diseñado siguiendo las consideraciones de Pozo et al., 1999 y presenta al alumno diversas cuestiones para analizar su conocimiento sobre la estructura de la materia. El test se completa aproximadamente en media hora y consta de tres tipos de tareas que difieren en el modo en el que dichas tareas son presentadas a los alumnos (contexto de la tarea):

- Las primeras cuatro preguntas son de respuesta libre (primera tarea); con ellas se pretende que el alumno explique libremente el porqué de cuatro sucesos de la vida cotidiana (ejemplos en el anexo 1).
- La siguiente tarea (test descriptivo) es un cuestionario de opción múltiple en el que cada una de las ocho preguntas planteadas ofrece cuatro respuestas de las que el alumno únicamente debe elegir una, la que a su juicio sirve mejor para interpretar el fenómeno planteado. Las cuatro opciones que se presentan son de naturaleza descriptiva y en ningún momento se alude a explicaciones basadas en la teoría cinético molecular; dos opciones son de naturaleza macroscópica; siendo solo una de ellas científicamente correcta; y las otras dos opciones son de naturaleza microscópica (hacen referencia a las partículas que componen la materia), siendo también sólo una de ellas acertada (ejemplos en el anexo 2). Tanto en esta tarea como en la primera de ellas, se ha obviado cualquier terminología científica en el enunciado de las preguntas.

- El diseño de la tercera tarea (de ocho ítems) es el mismo que el de la tarea anterior; se diferencian tan sólo en que las dos opciones microscópicas (una correcta y otra incorrecta) hacen referencia explícita a la teoría cinético molecular, la cual permite una explicación de los cambios observables de la materia basándose en la interacción entre moléculas (ejemplos en el anexo 3).

## **Análisis de datos**

El análisis de los datos se presenta en tres partes:

- En primer lugar, se buscaban grupos con diferentes patrones motivacionales. Con este fin, y considerando las seis variables del cuestionario CEAM II, se realizó un análisis de conglomerados del que se extrajeron tres grupos homogéneos que difirieran significativamente para todas las variables consideradas.
- En segundo lugar, se estudió si el tipo de respuestas al test sobre la estructura de la materia difería entre los tres grupos considerados. La comparación se realizó mediante una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis) entre las variables independientes "grupo de motivación" (extraído del análisis de conglomerados) y las variables dependientes:
  - . Frecuencia de respuestas correctas en el conjunto de la prueba ("Correcto total").
  - . Frecuencia de opción macroscópica en el conjunto de preguntas de la prueba ("Macro total").
  - . Frecuencia de opción microscópica en el conjunto de preguntas de la prueba ("Micro total").
  - . Frecuencia de respuestas macroscópicas incorrectas en el conjunto de la prueba ("Macro incorrecto").
  - . Frecuencia de respuestas microscópicas incorrectas en el conjunto de la prueba ("Micro incorrecto").
  - . \* La última parte de la investigación considera el tipo de modelo empleado por el alumno en las tres tareas de las que consta el Test sobre la estructura de la materia y analiza mediante la misma prueba no paramétrica si las diferencias entre grupos de motivación (variable independiente) son o no significativas para las siguientes variables dependientes:
    - . Frecuencia de respuestas microscópicas en la tarea libre ("Micro libre").
    - . Frecuencia de respuestas microscópicas en la tarea descriptiva ("Micro descriptivo").
    - . Frecuencia de respuestas microscópicas en la tarea explicativa ("Micro explicativo").

Las correcciones, el tratamiento de datos y las pruebas estadísticas se elaboraron mediante una hoja de cálculo Excel (versión 7,0) para Windows 95 y el programa SPSS (versión 9,0).

## RESULTADOS

Realizado el análisis de conglomerados, se extrajeron tres grupos homogéneos para las seis variables del test CEAM. Dadas las características de este análisis estadístico, las diferencias entre los tres grupos es significativa ( $P < 0,0001$ ) para todas las variables dependientes (autoeficacia, ansiedad, valor tarea, intrínseca, extrínseca y control). En la tabla 1 se muestran los estadísticos de los tres grupos.

**TABLA 1**

**Estadísticos descriptivos de las variables del CEAM en los tres grupos considerados.**

		Autoeficacia	Ansiedad	Valor tarea	Extrínsecas	Intrínsecas	Control
<b>Grupo 1</b>	Media	29.0	19.3	25.0	16.2	11.7	19.2
	N	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Desv. típ.	6.2	6.3	6.4	4.4	3.3	3.7
<b>Grupo 2</b>	Media	37.7	27.8	34.7	23.7	16.3	22.0
	N	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	Desv. típ.	5.8	3.5	5.2	2.6	2.5	3.1
<b>Grupo 3</b>	Media	47.1	17.5	36.4	20.6	16.2	22.7
	N	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
	Desv. típ.	3.8	5.0	4.7	5.0	2.1	2.3
<b>Total</b>	Media	38.5	21.2	32.2	20.1	14.8	21.4
	N	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
	Desv. típ.	9.2	6.7	7.4	5.1	3.4	3.4

Los alumnos del grupo 1 destacan por mostrar los niveles más bajos de autoeficacia, motivación (tanto extrínseca como intrínseca), valoración y control sobre la tarea. Son alumnos que, sin embargo, manifiestan valores medios de ansiedad al realizar tareas escolares.

Los alumnos del grupo 3 exteriorizan un perfil completamente distinto. Manifiestan los niveles más altos de autoeficacia, control y valor de la tarea. Presentan, sin embargo, los niveles más bajos de ansiedad y valores medios en la valoración de metas extrínsecas.

Finalmente el grupo 2 se caracteriza especialmente por los mayores valores de ansiedad y de metas extrínsecas, mientras que expresan sentimientos intermedios de autoeficacia, valor de la tarea y control.

Respecto a la segunda parte del estudio, la tabla 2 muestra los estadísticos de las variables dependientes para cada una de los grupos considerados.

Las diferencias que se observan son significativas para las variables de "Correcto total" ( $\chi^2(2) = 11,86$ ;  $P < 0,001$ ); "Macro total" ( $\chi^2(2) = 11,3$ ;  $P < 0,001$ ); "Micro total" ( $\chi^2(2) = 7,7$ ;  $P < 0,05$ ) y "Micro incorrecto" ( $\chi^2(2) = 6,5$ ;  $P < 0,05$ ).

Estos resultados sugieren que el mayor rendimiento en la prueba no es ajeno

al modelo de estructura de la materia preferentemente empleado. Así el grupo de alumnos con menor frecuencia de uso de modelos microscópicos de la materia (grupo 3) es también el que logra medias más altas en el conjunto de la prueba. El grupo 2 presenta las mayores frecuencias en el uso de respuestas microscópicas pero no parece que este hecho se relacione con una mejor comprensión de este tipo de modelo ya que esta tendencia también parece implicar un aumento de errores en estas respuestas ("Micro incorrecto").

Por otro lado se debe destacar que los tres grupos analizados no difieren en cuanto a su capacidad de usar correctamente modelos macroscópicos de la materia, ya que las diferencias analizadas para la variable "Macro incorrecto" no son significativas.

TABLA 2

**Estadísticos descriptivos en cada grupo de, respuestas correctas totales, macroscópicas y microscópicas totales y macroscópicas y microscópicas incorrectas totales en la prueba sobre las propiedades físicas de la materia.**

		Correcto Total	Macro Total	Micro Total	Macro incorrecto	Micro incorrecto
<b>Grupo 1</b>	Media	9,2	10,7	7,0	5,0	3,6
	Desv. típ.	2,5	3,2	3,2	2,1	1,9
	N	27	27	27	27	27
<b>Grupo 2</b>	Media	9,8	10,9	8,1	5,2	4,0
	Desv. típ.	1,9	2,6	2,0	2,2	1,8
	N	26	26	26	26	26
<b>Grupo 3</b>	Media	11,2	13,1	6,2	5,2	2,9
	Desv. típ.	2,3	3,1	2,7	2,1	1,6
	N	32	32	32	32	32

En relación con la tercera parte de la investigación, referente al uso diferencial de modelos macroscópicos y microscópicos según el contexto, la tabla 3 muestra los estadísticos de las frecuencias de uso de modelos microscópicos en los tres tipos de tareas que presenta la prueba (variables dependientes) para cada uno de los tres grupos considerados (variables independiente).

Las diferencias son significativas en el uso de modelos microscópicos en la prueba libre ( $\chi^2(2) = 6,1; P < 0,05$ ) y en la prueba explicativa " ( $\chi^2(2) = 8,3; P < 0,05$ ).

Estos datos refrendan la observación anterior en el sentido de que el grupo 3 utiliza con menor frecuencia modelos microscópicos de la materia y añaden el dato de que es precisamente este grupo el que menor frecuencia de respuestas microscópicas presenta, precisamente en el tipo de tarea que a priori, más induce su uso (prueba explicativa).

**TABLA 3**

**Estadísticos descriptivos de las frecuencias de respuestas microscópicas en cada tipo de tarea de la prueba sobre las propiedades físicas de la materia.**

		Micro Libre	Micro descriptivo	Micro explicativo
<b>Grupo 1</b>	Media	,2	3,4	3,4
	Desv. típ	,5	1,8	1,7
	N	27	27	27
<b>Grupo 2</b>	Media	,7	3,8	3,5
	Desv. típ	,9	1,3	1,1
	N	26	26	26
<b>Grupo 3</b>	Media	,5	3,3	2,5
	Desv. típ	,7	1,3	1,7
	N	32	32	32

A modo de esquema de tendencias que estos datos sugieren, se puede señalar las siguientes:

1. El grupo de alumnos que presenta los niveles más altos de autoeficacia, control y valor de la tarea y los niveles más bajos de ansiedad, recurre significativamente menos frecuentemente a representaciones microscópicas de la materia, especialmente en contextos en los que su uso puede ser especialmente apropiado (contextos explicativos).
2. Sin embargo, el grupo de alumnos que admiten mayores niveles de ansiedad y de metas extrínsecas es el que más frecuentemente recurre a modelos microscópicos, aunque esta tendencia no parece relacionarse con una mejor comprensión de dichos ya que el aumento de su uso es parejo al aumento de errores en el empleo de estos modelos.
3. El conjunto de alumnos con peores niveles de autoeficacia, motivación (tanto extrínseca como intrínseca), valoración y control sobre la tarea pero que sin embargo manifiesta valores medios de ansiedad, obtiene los rendimientos más bajos en el conjunto de la prueba.
4. El éxito en el empleo de modelos macroscópicos para explicar el comportamiento físico de la materia resulta ser independiente de los componentes motivacionales considerados.

## DISCUSIÓN

En relación con el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia por alumnos de Secundaria, dos han sido las tendencias que se han mencionado en la bibliografía en relación con los alumnos de Secundaria. En primer lugar que en sus interpretaciones espontáneas sobre distintos fenómenos relacionados con cambios de la materia suelen considerar suficientes las descripciones macroscópicas de dichos cambios, eludiendo modelos corpusculares de la materia. Y en segundo lugar que los alumnos parecen activar representaciones microscópicas o corpusculares de la mate-

ría en aquellos contextos y tareas que tengan una cierta "apariencia a química" bien debido a su complejidad, bien por el uso de determinados tecnicismos. Este aumento en el empleo de modelos microscópicos suele llevar parejo sin embargo, un aumento del número de errores (Pozo, 1998, 1999).

Los datos presentados efectivamente concuerdan con la primera de las observaciones apuntadas, en el sentido de que los alumnos de la muestra analizada tienden a utilizar más frecuentemente representaciones macroscópicas de la materia que aquellas que consideran las características corpusculares de ésta.

Respecto a la influencia que determinados contextos parecen tener en la activación de modelos microscópicos, los datos sugieren que ésta parece relacionarse con el patrón motivacional de los alumnos, de forma que los alumnos que menos frecuentemente utilizan estos modelos microscópicos en contextos complejos y explicativos, son precisamente los que mayor confianza manifiestan en su propia capacidad para alcanzar un rendimiento académico adecuado (autoeficacia) y los que más claramente sienten que la tarea de aprender se relaciona con razones de reto personal, curiosidad, maestría o dominio (metas intrínsecas). Este hecho de recurrir más frecuentemente a representaciones macroscópicas permite afirmar que si bien estos alumnos no han logrado un cambio conceptual completo en su manera de interpretar fenómenos relacionados con los cambios físicos de la materia, por lo menos son capaces de cometer menos errores en la comprensión de situaciones experimentales.

Esta situación podría considerarse como un paso previo en el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia ya que, por un lado, estas representaciones macroscópicas son fundamentales para la comprensión de las interpretaciones microscópicas y, por otro, son cognitivamente más accesibles debido, en gran medida, a que se fundamentan en hechos perceptibles y ligados a la evidencia experimental.

Los datos también advierten que los alumnos con mayores niveles de ansiedad en sus tareas escolares y con mayor dependencia de motivaciones externas son también los que más sensibilidad demuestran hacia el contexto de la tarea, de forma que recurren más frecuentemente a modelos microscópicos cuando la tarea incita de algún modo (por su dificultad o por su vocabulario) al empleo de éstas. Dado que, sin embargo, estas interpretaciones microscópicas llevan parejas un mayor número de errores, es de suponer que esta tendencia se debe más a un deseo de adaptarse a supuestas expectativas del profesor que a una comprensión real de estos modelos.

De hecho, la ansiedad se ha señalado como un factor que dificulta el aprendizaje de modelos abstractos en ciencias y en matemáticas ya que reduce la eficacia del pensamiento al incrementar, subjetivamente, la dificultad de la tarea de comprender. Se ha señalado además, que los sentimientos de ansiedad se relacionan con motivaciones extrínsecas hacia el aprendizaje y que ambos favorecen el aprendizaje memorístico y poco comprensivo de estas materias (Skemp, 1980).

Los datos presentados evidencian una relación entre el aprendizaje de modelos necesarios para la comprensión de las propiedades físicas de la materia y las creencias motivacionales de los individuos que apunta la necesidad subrayada por algu-

nos autores de no considerar el cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias desde una perspectiva de "cambio frío".

## ANEXO 1

*Si de una bombona que tiene 10 litros de gas extraigo primero una cierta cantidad de gas, y luego otra cantidad idéntica y finalmente otra cantidad también idéntica, al final sigo teniendo 10 litros de gas. ¿Por qué crees que ocurre esto?*

## ANEXO 2

*La luneta de los coches se empaña cuando la temperatura exterior es mucho más baja que la que hay en el interior. ¿Por qué crees que ocurre esto?*

*a. Porque la baja temperatura del exterior hace que el vapor de agua del ambiente cambie a líquido.*

*b. Porque por acción de las bajas temperaturas, las partículas de agua dispersas en el aire se depositan en la superficie del cristal.*

*c. Porque se forma agua por condensación debido a la diferencia de temperaturas.*

*d. Porque las partículas de agua vapor se transforman en partículas de agua líquida.*

## ANEXO 3

*El butano es gas a temperatura ambiente (20°C, por ejemplo). A -1°C, sin embargo, se transforma en líquido. ¿Por qué crees que ocurre esto?*

*a. Porque a -1°C el butano cambia de estado (de gas a líquido).*

*b. Porque a -1°C las moléculas de butano se mueven lentamente y disminuye la distancia entre ellas.*

*c. Porque el frío transforma los gases en líquidos.*

*d. Porque las moléculas de butano pierden calor y se vuelven líquidas.*

## REFERENCIAS

- González, M.; Tomón, J (1997). Expectativas de aprendizaje y de rendimiento de los alumnos universitarios. *Revista de Psicología de la Educación*, 22, 99-123.
- Hierrezuelo, J. ; Bullejos, J.; Carmona, A.; Molina, E.; Montero, A.; Mozas, T.; Ruiz, G.; Sampedro, C.; Valle, V. (1995). Naturaleza de la materia: propiedades físicas. En: *Ciencias de la Naturaleza*. Primer Curso de Educación Secundaria Obligatoria. Grupo de Ciencias de la Axarquía. Ministerio de Educación y Ciencia y Edelvivies. Madrid.
- Roces, C.; Tourón, J.; González, M. (1995). Validación preliminar del CEAM II. *Psicológica*, 16, 347-366.
- Pintrich, P. R.; Marx, R.; Boyle, R. (1993). Beyond cold conceptual change. The role of motivation beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.
- Pintrich, P.R.; Smith, D.; Garcia, T.; Mc Keachie, W. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI: National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and learning. The University of Michigan.
- Pintrich, P.R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. En: *New perspectives on conceptual change* (pp.3-13). Oxford: Pergamon.
- Pozo, J. I. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata: Madrid.
- Pozo, J.I.; Gómez, M.A.; Sanz, A., (1999). When change does not mean replacement: Different representations for different context. En: *New perspectives on conceptual change* (pp.3-13). Oxford: Pergamon.
- Skemp R. (1980). *Psicología del aprendizaje de las matemáticas*. Madrid: Morata.
- Schonotz, W; Vosniadou, S.; Carretero, M. (Ed.) (1999). *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: state of the art and future directions. En: *New perspectives on conceptual change* (pp.3-13). Oxford: Pergamon.

### NOTA:

Este artículo es uno de los resultados de la investigación llevada a cabo dentro del proyecto 087.154-HA-089/92 de la UPV/BBK