

# E.A.O. Y ENSEÑANZA DE LOS MODELOS MICROSCÓPICOS EN QUÍMICA\*

**GÓMEZ CRESPO, M.A.**

IES Victoria Kent. Torrejón de Ardoz, Madrid.

---

**Palabras clave:** EAO; Teoría cinética; Aprendizaje; Enseñanza; Química.

Las investigaciones sobre el aprendizaje de la Ciencia muestran que existen un conocimiento cotidiano y unas concepciones alternativas firmemente arraigadas que compiten, con ventaja, con el conocimiento científico que se intenta transmitir a través de la escuela. En el caso de la química, son muchas y de diversos tipos las dificultades de aprendizaje que encuentran los alumnos, pero, uno de los temas en el que más se ha trabajado es la comprensión de la naturaleza de la materia y se ha acumulado bastante información que muestra la existencia de concepciones alternativas firmemente asentadas, que persisten incluso después de largos períodos de instrucción (p. ej.: Huann, 2000; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1999; Gómez Crespo y Pozo, 2004). Las investigaciones realizadas muestran que los estudiantes aceptan fácilmente el modelo corpuscular que se enseña en la escuela, pero no lo utilizan de forma espontánea y recurren, para sus explicaciones, a teorías cotidianas, basadas en las propiedades macroscópicas de la materia, más cercanas a las dimensiones "físicas" del mundo real. Tan sólo, cuando la situación lo induce de alguna manera (pregunta del profesor, contexto de la tarea, etc) recurren a este modelo, pero cuando lo hacen, en muchas ocasiones, asignan a las partículas todas aquellas propiedades que atribuyen al mundo que les rodea (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1999). Para ellos, la teoría corpuscular no es realmente un modelo explicativo de las propiedades de la materia, tal como nos plantea la ciencia, sino que más bien necesitan recurrir a su conocimiento cotidiano para poder explicar y comprender esas teorías "extrañas" que se explican en la escuela y que es necesario aprender. Es decir, trastocando los papeles, se acaba por explicar el funcionamiento de las partículas a partir de las propiedades del mundo macroscópico, en lugar de hacerlo a la inversa (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Desde esta perspectiva, el resultado es que los estudiantes, aunque acepten la "existencia" de partículas que no pueden verse, tienden a atribuirles las mismas propiedades que observan en el mundo macroscópico y para poder explicar los cambios que la materia experimenta (cambios en las propiedades del sistema), se interpreta que las partículas (los componentes del sistema) experimentan los mismos cambios que se perciben en la materia observable (por ejemplo, las moléculas de agua podrían evaporarse, las partículas que componen el aire dilatarse, etc). Para la mayoría de los estudiantes, las partículas, al igual que la materia que perciben, tienen un estado natural que es el reposo, de forma que sólo se moverán si hay un agente o causa externa que provoque el movimiento (por ejemplo, movimiento del objeto en los sólidos, del recipiente o al agitar en el caso de los líquidos, presencia de una corriente de aire para los gases, etc.). De la misma manera, frente a la idea de discontinuidad con partículas separadas por un espacio vacío, los estudiantes tienden a representarse una materia continua en la que o bien no hay nada entre las partículas que

\* Este trabajo se ha realizado gracias a una Licencia por Estudios concedida por la Comunidad de Madrid durante el curso 2004-2005.

la componen (están muy juntas, sin huecos) o bien hay otra sustancia que ocupa todos los rincones (por ejemplo, el aire).

Las investigaciones realizadas muestran como los sistemas de representación que se utilizan en la enseñanza de la química, fundamentalmente simbólicos, no facilitan, en muchos casos, la integración y diferenciación de las teorías macroscópicas con que interpretamos el mundo y las teorías microscópicas que nos proporciona la ciencia, lo que se traduce en que los alumnos tiendan a redescubrir las nuevas teorías que se presentan en la escuela en función de sus teorías alternativas, basadas en la percepción que tienen del mundo macroscópico (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1999). Si el objetivo que perseguimos es el contrario, incluir las representaciones implícitas de los alumnos dentro de los modelos microscópicos presentados durante la instrucción formal, sería previsiblemente más fácil de alcanzar si la instrucción se centrara en la comparación de modelos, haciendo explícita la diferencia entre ellos y fomentando la distinción entre los diferentes niveles de explicación. Un estudio experimental (Gómez Crespo, Pozo y Gutiérrez Julián, 2004) muestra como el aprendizaje se ve favorecido muy significativamente por un modelo de instrucción en el que el alumno tenga que utilizar, comparar y diferenciar entre los modelos macroscópicos y modelos microscópicos, estableciendo las diferencias de lo que es capaz de explicar cada uno, frente a modelos más tradicionales en los que se expone la teoría cinética y el alumno la aplica a cada situación.

Los resultados del estudio citado muestran que para aprender a utilizar la teoría corpuscular de la materia es importante aprender a diferenciar a contrastar y a distinguir entre modelos macroscópicos y microscópicos. Desde este punto de vista, el aprendizaje debería verse favorecido por una instrucción en la que el alumno, no sólo tiene la oportunidad de diferenciar entre dos modelos distintos, sino que además puede trabajar y “manipular” con los modelos poniendo a prueba sus propias hipótesis. Para conseguirlo, puesto que es imposible que el alumno manipule con los átomos y moléculas que constituyen la materia, pueden resultar muy útiles las posibilidades que proporcionan las nuevas tecnologías informáticas que permiten realizar simulaciones en las que los alumnos pueden poner a prueba sus predicciones a un determinado problema. Se han realizado ya algunas experiencias en esta línea con resultados positivos (por ejemplo: Snir, Smith y Raz, 2003)

## **OBJETIVOS**

En este estudio partimos de la hipótesis de que los sistemas de representación que se utilizan en la enseñanza de la química, fundamentalmente simbólicos, no facilitan, en muchos casos, la integración y diferenciación de las teorías macroscópicas con que interpretamos el mundo y las teorías microscópicas que nos proporciona la ciencia. En este sentido, las nuevas tecnologías nos proporcionan instrumentos de simulación que permiten desarrollar sistemas de representación que ayuden a los alumnos a manipular y diferenciar entre distintos modelos, poniendo a prueba sus predicciones a un determinado problema. Nuestro objetivo es diseñar software de instrucción que facilite el cambio representacional y analizar si dicho cambio se ve favorecido cuando se le proporcionan al alumno sistemas de representación externos a partir de módulos de EAO.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

La experiencia, dentro de un experimento más amplio dirigido a analizar el cambio conceptual en química, se ha llevado a cabo con una muestra de 107 alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria, repartidos en un grupo experimental y un grupo de control. El grupo de control recibe instrucción “tradicional”, en su aula habitual, en la que durante dos semanas trabajan con el modelo cinético de la materia y realizan exactamente las mismas tareas que el grupo experimental. En el grupo experimental trabajan los mismos contenidos y actividades, durante el mismo periodo de tiempo. La diferencia radica en que el grupo experimental trabaja en el aula de ordenadores y en todo momento puede recurrir al ordenador para comparar los modelos macroscópicos y los microscópicos y poner a prueba sus hipótesis.

Se ha diseñado, con el apoyo del servicio EDUCAMADRID dependiente de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, un software de E.A.O. (Enseñanza Asistida por Ordenador), a partir de animaciones Flash estructuradas en forma de página web, basado en los siguientes principios: permite simular el comportamiento microscópico de la materia y sus consecuencias macroscópicas en diversas situaciones; se puede actuar sobre las condiciones y variables que influyen en el problema y visualizar las consecuencias macroscópicas de las representaciones alternativas más frecuentes; se pueden representar las consecuencias macroscópicas de una acción microscópica y viceversa, de forma que el alumno pueda comprobar las consecuencias prácticas de las distintas representaciones sobre la naturaleza y comportamiento de la materia.

El experimento ha tenido lugar en tres fases: pretest, instrucción, postest. En la fase de instrucción ambos grupos reciben los mismos contenidos en los que se explicarán los principios la teoría cinético-corpúscular de la materia y sus diferencias con los modelos macroscópicos que se manejan habitualmente.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se han realizado varios análisis exhaustivos encaminados a determinar la eficacia de la enseñanza recibida y estudiar cómo cambian las representaciones de los alumnos a partir de esa enseñanza. En esta comunicación se presenta el avance de algunos de estos resultados.

**Análisis 1.** Análisis de respuestas correctas. Se compara el rendimiento del grupo experimental y del grupo de control mediante análisis de covarianza en los que se toma como variable dependiente la proporción de respuestas correctas en el postest, como variable independiente el tipo de enseñanza recibido y como covariable la proporción de respuestas correcta en el pretest.

El análisis de covarianza muestra un efecto significativo favorable al grupo que recibe instrucción mediante ordenador frente al grupo que recibe instrucción tradicional [ $F(1, 103) = 7,904, p = 0,006$ ], una vez descontados los efectos de la covariable (resultados del pretest). Los datos concretos se recogen en la tabla siguiente

**Tabla**  
**Proporción de respuestas correctas obtenidas por cada grupo**

	pretest	postest
G. Control	0,33	0,50
G. Experimental	0,29	0,63

**Análisis 2.** Estudio de la evolución de la consistencia de las respuestas. Los cuestionarios, tanto del pretest como del postest, han sido analizados utilizando el índice de consistencia (Pozo y Gómez Crespo, 2005). A partir de estos datos se compara la consistencia de las respuestas mediante un análisis de covarianza tomando como variable dependiente el índice de consistencia en el postest, como variable independiente el tipo de enseñanza recibido y como covariable el índice de consistencia en el pretest.

Los resultados muestran un efecto significativo favorable al tratamiento experimental. Por falta de espacio, aquí sólo se proporcionan los datos correspondientes a uno de los problemas estudiados: los mecanismos implicados en los cambios de la materia. Para este contenido el análisis de covarianza muestra [ $F(1,103) = 5,166, p = 0,025$ ] como el tratamiento experimental mediante simulaciones con ordenador presenta también un efecto significativo en el nivel de consistencia de las respuestas de los alumnos. La instrucción mediante ordenador hace que las respuestas de los alumnos sean más consistentes.

**Análisis 3.** Las respuestas a los cuestionarios, tanto en el pretest y postest, se categorizan en función de las

representaciones utilizadas por los estudiantes siguiendo el modelo propuesto en Pozo y Gómez Crespo (2005). Sobre estas categorías se realizará un análisis cualitativo de la evolución de las representaciones, lo que permitirá definir la dirección y las dimensiones de ese cambio, tanto en el grupo experimental como en el de control. Esto permitirá ver la influencia de las representaciones externas proporcionadas por el software de instrucción en el cambio de las representaciones internas de los estudiantes.

El análisis cualitativo de las representaciones utilizadas por los alumnos muestra que en el grupo experimental se producen más cambios que en el grupo de control. Así, sólo un 50 % de los alumnos del grupo que recibe instrucción tradicional experimenta una evolución en sus representaciones sobre la naturaleza y propiedades de la materia, mientras que en el grupo que recibe instrucción apoyada por las simulaciones informáticas el porcentaje de alumnos que evoluciona llega al 74 %. Pero además se observa que esta evolución, en el grupo que recibe instrucción por ordenador, favorece especialmente a aquellos alumnos que parten de perfiles conceptuales más bajos.

## CONCLUSIONES

Los resultados descritos nos muestran cómo la utilización de sistemas de representación externos, en este caso el apoyo de las simulaciones mediante ordenador, facilitan el aprendizaje del modelo cinético de la materia y el cambio conceptual. La utilización de estos nuevos sistemas de representación favorecen especialmente a aquellos alumnos que tienen más dificultades para representarse los modelos microscópicos en los que se basa la química.

## BIBLIOGRAFÍA

- GÓMEZ CRESPO, M.A. y POZO, J.I. (2004) Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. *International Journal of Science Education*. 26(11), 1325-1343
- GÓMEZ CRESPO, M. A.; POZO, J. I. y GUTIÉRREZ JULIÁN, M. S. (2004) Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15 (3), 198-209.
- GÓMEZ CRESPO, M.A.; POZO, J.I. y SANZ, A. (1995). Students' ideas on conservation of matter: effects of expertise and context variables. *Science Education*, 79 (1): 77-93.
- HUANN, L.; HSIU, Ch. y LAWRENZ, F. (2000) The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (2005) The embodied nature of implicit theories: the consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*., 23.
- POZO, J.I.; GÓMEZ CRESPO, M.A. y SANZ, A. (1999) When Change Does Not Mean Replacement: Different Representations for Different Contexts. En: W. Schnotz; S. Vosniadou y M. Carretero (Eds) *New Perspectives on conceptual change*. Pergamon. Elsevier Science.
- SNIR, J.; SMITH, C.L. y RAZ, G. (2003) Linking Phenomena with Competing Underlying Models: A Software Tool for Introducing Students to the Particulate Model of Matter. *Science Education*, 87, 794-830.
- STAVY, R. (1995) Conceptual development of basic ideas in Chemistry. En: S. M. Glynn y R. Duit (Eds.) *Learning science in schools*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.