

UTILIZACIÓN DEL MODELO CORPUSCULAR DE LA MATERIA*

GUTIÉRREZ JULIÁN¹, M. S.; GÓMEZ CRESPO², M. A. y POZO³, J. I.

¹ IES Tirso de Molina, Madrid.

² IES Victoria Kent, Torrejón de Ardoz, Madrid.

³ Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid.

OBJETIVOS

La experiencia como profesores de Física y Química, tutores de alumnos recién licenciados que completan un periodo de formación didáctica, y los resultados de investigaciones anteriores nos muestran ciertas similitudes entre la forma de razonamiento de los recién licenciados y la de los alumnos de Secundaria Obligatoria y Bachillerato, a pesar de la formación específica de los primeros.

En el aprendizaje de la Química, al igual que en otros dominios de la ciencia, las concepciones intuitivas o representaciones alternativas, son producto del “sentido común” aplicado a la predicción y control de los fenómenos cotidianos, lo que da lugar a concepciones y representaciones mediadas por nuestros sentidos, por la forma en qué percibimos el mundo, estructuradas en torno a principios muy diferentes de los que se estructuran las teorías científicas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Como muestran muchos trabajos (p. ej.: Gabel y Bunce, 1994; Stavy, 1995), los estudiantes tienden a interpretar los distintos fenómenos desde una perspectiva realista en la que buscan semejanzas entre causas y efectos.

Uno de los objetivos de la educación secundaria es que los alumnos aprendan a interpretar los fenómenos macroscópicos en términos microscópicos (submicroscópicos, en sentido estricto), es decir que aprendan a utilizar el modelo corpuscular de la materia como instrumento interpretativo de los fenómenos que tienen lugar en la naturaleza. Sin embargo, descender al terreno microscópico implica asumir que, para explicar la realidad macroscópica de la materia, que en muchos casos se nos presenta como continua y estática, la ciencia nos propone un modelo interpretativo que conlleva una naturaleza discontinua, con partículas en continuo movimiento y algo tan contraintuitivo como la idea de vacío, frente a la apariencia con que la percibimos.

Con el fin de analizar algunos de los procesos que tienen lugar cuando se utiliza el modelo corpuscular, diseñamos un cuestionario para indagar sobre las representaciones de los estudiantes y la forma en que integran las concepciones alternativas sobre la naturaleza de la materia y sus cambios (Gutiérrez Julián *et al.*, 2002), tratando de ver cómo utilizan sus ideas, si lo hacen de forma consistente (utilizan el mismo modelo de respuesta para problemas diferentes) o lo hacen de forma inconsistente (utilizan patrones de respuesta diferentes para problemas similares). Los resultados muestran que los estudiantes no utilizan el modelo corpuscular de forma espontánea y recurren a sus teorías cotidianas, basadas en las propiedades macroscópicas de la materia (Gutiérrez Julián *et al.*, 2002). Tan sólo cuando la situación lo induce de alguna manera (la pregunta del profesor, el contexto, etc) recurren a ese modelo; pero, cuando lo hacen, en

* Esta investigación se ha llevado a cabo gracias a una licencia por estudios concedida por la Comunidad de Madrid a la primera autora (curso 2001/2002), y se ha realizado dentro del Proyecto BSO2002-01557, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, bajo la dirección del tercer autor.

muchas ocasiones, asignan a las partículas las propiedades que atribuyen al mundo que les rodea. Para los estudiantes 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 el modelo científico. Trastocando los papeles, se acaba por explicar el funcionamiento de las partículas a partir de las propiedades del mundo macroscópico, en lugar de a la inversa (Pozo y Gómez Crespo, 2002), y para poder explicar los cambios de la materia se interpreta que las partículas experimentan los mismos cambios que se perciben a nivel macroscópico. Pero, el dato más llamativo es que el patrón de representaciones sobre la naturaleza de la materia también se repite, en proporciones elevadas, entre sujetos que pueden considerarse, a todos los efectos, como expertos, los licenciados y potenciales profesores de física y química. Al igual que investigaciones anteriores (Gómez Crespo y Pozo, 2001) mostraban que los estudiantes de último curso de Ciencias Químicas disponían de múltiples representaciones sobre la naturaleza de la materia, que activaban diferencialmente en función del contexto.

Desde el punto de vista de la consistencia de las respuestas, problema tratado por diferentes autores (Oliva, 1996), hemos obtenido resultados que muestran cómo, aunque aumenta con la edad y la instrucción (Gómez Crespo y Pozo, 2001; Pozo y Gómez Crespo, 2005), los alumnos utilizan distintas teorías en función del contenido de la tarea, por ejemplo aplican de forma diferente la teoría corpuscular a sólidos, gases o líquidos. De forma que las teorías alternativas, de carácter macroscópico, son muy consistentes. Sin embargo, no hay una representación global consistente, independiente de la apariencia perceptiva. Por tanto, aunque los sujetos carecen de una teoría global sobre la naturaleza de la materia, disponen de teorías específicas para cada uno de sus estados de agregación.

Continuando este trabajo, hemos realizado entrevistas individuales que nos permitan profundizar en la forma en que los estudiantes se representan y utilizan el modelo corpuscular de la materia, algunos de cuyos resultados queremos mostrar aquí.

METODOLOGÍA

La experiencia se ha realizado con 214 participantes distribuidos en cinco grupos: 60 estudiantes de 3º ESO (14 a 15 años); 53 estudiantes de 2º de Bachillerato (17 a 18 años) que no seguían estudios de ciencias; 36 estudiantes de 2º de Bachillerato (17 a 18 años) de la opción ciencias, con las asignaturas de Física y de Química; 38 licenciados en Filología, Filosofía o Ciencias Sociales; y 27 licenciados en Ciencias, de los cuales 17 lo eran en Física o Química. Los grupos de licenciados, estaban formados por estudiantes que completaban un curso de formación en didáctica.

Tras la administración del cuestionario formado por 40 ítems de opción múltiple, se efectuó un análisis de las categorías utilizadas por los sujetos en sus respuestas y se midió la consistencia proporcionada por cada alternativa de respuesta (considerando a un sujeto consistente con una teoría cuando la utilizaba como mínimo en el 75% de las respuestas; Pozo y Gómez Crespo, 2005). Lo que informa sobre el grado de consistencia en función de las variables manejadas y sobre qué conocimiento la proporciona. Posteriormente, mediante un análisis de conglomerados, se clasificaron los sujetos como no consistentes, o como consistentes con la teoría científica o con cualquiera de las teorías alternativas, de forma que se seleccionó una muestra de participantes, para cada uno de los conglomerados obtenidos, que fueron entrevistados con la intención de profundizar en el análisis de las teorías personales, su grado de elaboración, la forma en que se utilizan, etc.

DESCRIPCIÓN DE LA ENTREVISTA

La entrevista está estructurada en torno a tres tareas en las que se muestran otras tantas experiencias realizadas con material sencillo y sobre las que el sujeto tiene que realizar predicciones y tratar de explicar los cambios que observa. Las tareas son las siguientes:

TAREA 1: Globo con aire, puesto dentro de un recipiente cerrado de paredes rígidas y del que se extrae aire, de forma que el globo se hincha en su interior. En una segunda parte se deja que vuelva a entrar aire en el recipiente.

TAREA 2: Repetición de la experiencia con un globo lleno de agua.

TAREA 3: Mezcla de volúmenes iguales de dos líquidos miscibles uno coloreado y otro incoloro, de forma que los participantes observan pérdida de volumen después de la mezcla

En cada tarea se desarrolla el siguiente protocolo: se muestra el material y se explica en qué consiste la experiencia; se pide que el entrevistado prediga y justifique qué va a ocurrir; se realiza la experiencia y se intenta que compare su predicción con los hechos observados; se busca la explicación macro y micro que pueda justificar los hechos experimentales; se le induce a que sea consciente de sus contradicciones, en el caso de que las haya, y por último se pide la realización de un dibujo que permita poner de manifiesto el modelo implícito en el que se apoya para la explicación. Cada entrevista tiene una duración entre 35 y 40 minutos y han sido grabadas en video. Para facilitar el análisis y la categorización de las entrevistas se había elaborado una plantilla de observación y otra con un esbozo de los dibujos que cada entrevistado tenía que completar al final de la entrevista.

RESULTADOS DE LA ENTREVISTA

Las entrevistas individuales pretendían confirmar datos e identificar las teorías mantenidas por los sujetos sobre las propiedades y los cambios de la materia. Su análisis permitió la elaboración de un modelo interpretativo en el que encuadrar las ideas de los alumnos dentro del marco de las teorías sobre el aprendizaje. Hay que reseñar que, en los casos en que la predicción coincide con los hechos experimentales pero se hace mediante un razonamiento incorrecto, es muy difícil que los participantes se den cuenta de las contradicciones e incluso, cuando lo hacen, las mantienen diciendo que en esa situación es válida su teoría. En todos los casos, las predicciones que hacen para la segunda parte de las *Tareas 1 y 2* son correctas, y justifican su predicción porque ocurrirá lo contrario que en la primera parte (reversibilidad de los procesos). Sin embargo, cuando se ahonda para que expliquen el porqué, en muchas ocasiones, los razonamientos no son correctos. Es probable que esta reversibilidad, observada en las Tareas 1 y 2, sea la que lleve a muchos sujetos a predecir que, con el tiempo, la mezcla de los líquidos de la Tarea 3 se separará en dos partes diferenciadas, el líquido coloreado arriba y el agua incolora abajo, como en la situación inicial. Estos casos ilustrarían la tendencia a las generalizaciones acríticas.

Otro criterio que siguen con frecuencia es el de semejanza entre causas y efectos, desde una perspectiva realista, un ejemplo que lo ilustra es el siguiente “*el globo sube y baja porque al mover la palanca del aparato hacia arriba y hacia abajo sale y entra aire en el recipiente*”.

En el transcurso de la entrevistas hay algunos sujetos que “aprenden” y, al darse cuenta de que se contradicen, son capaces de modificar su teoría o de decir “no puede ser”. Además, hemos observado que los sujetos inicialmente consistentes, aunque lo sean con representaciones alternativas, son los que más fácilmente evolucionan hacia la teoría científica en el transcurso de la entrevista, son los que más “aprenden”.

Hemos observado que al término vacío se le atribuye un significado de *lleno de nada*. Para muchos, las cosas están llenas o vacías del todo, pero no comprenden las situaciones intermedias. De sus explicaciones, se deduce que “conocen”, han estudiado, la teoría cinética para explicar el comportamiento de los sólidos, los líquidos y los gases, pero son muy pocos los que dan explicaciones en términos microscópicos espontáneamente, y el vacío es uno de los mayores obstáculos. Cuando se fuerza el cambio de la explicación macro a la micro, en muchos casos, no son capaces de darse cuenta y diferenciar entre los tipos de explicación.

También les resulta muy difícil explicar la presión ejercida por los gases y por los líquidos, en ocasiones “*substancializan*” la presión y aunque conocen las variables que modifican la presión (sobre todo para los

gases) tienen dificultades para comprender qué variables son las adecuadas para explicar las variaciones a nivel macroscópico y cuáles a nivel microscópico. Especial dificultad reviste el equilibrio de presiones entre el globo lleno de aire y el recipiente, sólo ha sido utilizado por dos de los licenciados entrevistados; en el resto de los casos cuando se les ha sugerido como posibilidad todos lo han rechazado (Pozo et al, 2004).

Los razonamientos más comunes, en las explicaciones, son los que realizan mediante esquemas causales. La mayoría de los esquemas causales son simples y unidireccionales, y cuando los esquemas causales son múltiples, entre los alumnos de Enseñanza Secundaria que hemos entrevistado, utilizan esquemas secuenciales, no combinados.

El análisis pormenorizado de las entrevistas sugiere que uno de los problemas principales de los sujetos ante situaciones nuevas, aunque sencillas, es la falta de diferenciación entre niveles de análisis macroscópico o microscópico. Sólo los sujetos verdaderamente expertos son más conscientes de las teorías que están usando para interpretar problemas, de modo que discriminan mejor entre diferentes niveles de análisis. De hecho, hemos encontrado que incluso los expertos no abandonen las teorías de sentido común respecto a la materia, sino que en lugar de eso aprendan a diferenciarlas de las teorías científicas.

CONCLUSIONES

Aprender ciencias, no implica necesariamente la sustitución de las representaciones cotidianas por las científicas, sino la diferenciación e integración jerárquica entre ellas, de forma que los estudiantes sean más eficientes en la activación de sus distintas representaciones. Por tanto, debemos aceptar que después del aprendizaje de las ciencias podrían coexistir los dos tipos de representaciones y ser usadas de forma diferente por los sujetos según el contexto. En este sentido, en el caso que estamos tratando, la utilización de la teoría corpuscular de la materia, tras la experimentación de las actividades anteriores, es fundamental especificar siempre ante el alumno, en cada situación, si se está contemplando el problema desde el punto de vista *macroscópico* o *microscópico*, haciendo explícitos los cambios de punto de referencia (Gómez Crespo et al, 2004).

Desde una perspectiva más específica, centrándonos en el análisis de los procesos implicados en la tarea presentada, parece necesario definir claramente, en cada caso, el sistema, distinguiendo entre el sistema en su conjunto y una parte del mismo, poniendo de manifiesto las interacciones entre las partes. Así mismo, es preciso llevar al alumno hacia la necesidad de relacionar los cambios con explicaciones ligadas al *equilibrio* dentro del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- GABEL, D. y BUNCE, D. (1994) Research on problem solving: Chemistry. En D. Gabel (ed.) *Handbook of research on science teaching and learning*. N. York: Macmillan.
- 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. y POZO, J.I. (2001) La consistencia de las teorías sobre la naturaleza de la materia: una comparación entre las teorías científicas y las teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 441-459.
- GUTIÉRREZ JULIÁN, M.S.; GÓMEZ CRESPO, M.A. y POZO, J.I. (2002) Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino De Ciências*, Vol. 7 (3).
- OLIVA, J.M. (1996) Estudios sobre consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 87-92.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (2002) Más allá del “equipamiento cognitivo de serie”: la comprensión de la naturaleza de la materia. En: Benlloch, M. (Comp.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Paidos.

- 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.; GUTIÉRREZ JULIÁN, M.S. y GÓMEZ CRESPO, M.A (2004) *El cambio conceptual como un proceso de reestructuración: la representación de la naturaleza de la materia*. V Congreso de la Sociedad Española de Psicología Experimental (SEPEX).
- 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.