

RELACIONES ENTRE EL CONOCIMIENTO COTIDIANO Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: COMPRENDIENDO CÓMO CAMBIA LA MATERIA⁽¹⁾

Gómez-Crespo⁽¹⁾, M.A. y Pozo, J.I.⁽²⁾

⁽¹⁾ Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. *International Journal of Science Education*, 26 (11), pp. 1325-1343, 2004.

El artículo comienza con una reflexión sobre las dificultades de los estudiantes para pasar del conocimiento cotidiano o intuitivo al conocimiento científico, posicionándose entre los estudios que consideran este cambio como un proceso complejo de modificación los modelos implícitos de los alumnos y de cambio de los principios en los que los estudiantes basan los conceptos.

Para el caso de la comprensión de la naturaleza de la materia y sus cambios, el alumno debe interpretar las características macroscópicas y los cambios observables de la materia por medio de un modelo microscópico, que va más allá de lo perceptible con los sentidos, en el que la materia se reduce a un complejo sistema de partículas en interacción. La aplicación de este modelo implica establecer un mecanismo del cambio con el que explicar cómo se producen las interacciones dentro del sistema y considerar cómo estas interacciones conducen al cambio macroscópico que observamos. La comprensión de la teoría cinética requiere una integración conceptual de los dos niveles de análisis, de modo que el análisis microscópico de las interacciones entre las partículas nos permite explicar el aspecto macroscópico adoptado por la materia.

En estudios anteriores se observó que el uso de este modelo está fuertemente condicionado por el contenido químico de la situación, y más específicamente por el tipo de cambio que ocurre en la materia. De modo general, se encontró que entender los cambios en términos de la teoría cinético-molecular era más fácil cuando la situación se refería al proceso de disolución entre dos sustancias, seguidas de las situaciones que implican cambio de estado, mientras que la tarea que presentó más dificultades conceptuales fue la interpretación de la dilatación.

Una posible explicación a la mayor dificultad en el uso de la teoría cinética en la comprensión de dilataciones y de cambios de estado, es que en estas situaciones, para alcanzar la explicación apropiada, se debe manejar la idea del movimiento intrínseco y relacionarlo con la temperatura y la distribución de las partículas.

Generalmente, los cambios químicos plantean más dificultades de comprensión para la mayoría de los estudiantes, puesto que implican la aplicación de un esquema de la interacción, en conflicto con la tendencia de los estudiantes a interpretar cambios en términos aditivos o simplemente agregacional. Sin embargo, con respecto a la aplicación de la teoría cinética, las reacciones químicas deben tener un nivel de dificultad similar al de las disoluciones. La interpretación de estos cambios debe ser más sencilla que la de los cambios de estado y de las dilataciones, al menos en un

nivel elemental, si los cambios energéticos generados por la interacción entre las partículas no se tienen en cuenta.

En este trabajo se pretende investigar cómo influye la enseñanza y el tipo de cambio de la materia implicado en el uso de las concepciones alternativas. Los objetivos se centran en tres factores esenciales, que actúan como variables independientes en el diseño de la investigación. Primero, analizar la influencia de la formación, general y específica, y la edad en la comprensión de la explicación de los mecanismos subyacentes en los cambios en la materia, comparando los sujetos de diferentes niveles de enseñanza y/o formación en química. En segundo lugar, estudiar la comprensión de diversos tipos de cambios físicos y químicos en términos de las relaciones entre la temperatura, el movimiento y la distribución de las partículas o de la combinación entre las partículas. Finalmente, estudiar las concepciones alternativas que mantiene los sujetos, distinguiendo entre la atribución de características macroscópicas a las partículas y a otros mecanismos alternativos (transmutación y desplazamiento), examinando cómo las concepciones alternativas se ven afectadas por las otras dos variables estudiadas, formación académica y tipo de cambio físico o químico abordado.

El estudio se realizó con 278 estudiantes de diversas edades y niveles de enseñanza, distribuidos en seis grupos. Un grupo compuesto por 59 alumnos de 12-13 años, que no habían recibido formación específica en química elemental, un grupo de 52 alumnos 14-15 años que habían estudiado la teoría cinética, dos grupos de 16-17 años pertenecientes al mismo centro de secundaria (58 habían recibido una formación adicional en física y química y 40 no), y dos grupos de estudiantes universitarios (33 estudiantes de química del último curso y 36 estudiantes de psicología de último curso).

Como instrumento de evaluación se diseñó un cuestionario de opción múltiple basado en las representación de los estudiantes obtenidas en estudios anteriores, que permitieron establecer diversas categorías de respuestas. Este cuestionario incluyó 16 ítems, distribuidos al azar, en los que se presentaron cuatro tareas, correspondientes a los siguientes cambios:

- *cambios de estado* (Ej. un trozo de mantequilla que se derrite o la condensación de agua en una ventana de coche),
- *dilatación* (Ej. la que ocurre en el mercurio de un termómetro o en el aire contenido en un balón expuesto al sol),
- *disoluciones* (Ej. el azúcar en una taza de café o cristal de permanganato de potasio en agua) y, finalmente,
- *reacciones químicas* (Ej. la oxidación de un clavo de hierro o la combustión de la madera).

En todos los casos se trata de fenómenos familiares o fácilmente comprensibles para los estudiantes. Los estudiantes debían justificar la respuesta, pidiéndoles que comparasen los dos estados sucesivos del mismo sistema material, antes y después del cambio. La categorización de las respuestas dadas por los estudiantes, se realizó

en base a los datos obtenidos en la investigación anterior y a los resultados de un cuestionario abierto aplicado previamente. Las categorías manejadas son:

- *Transmutación* de las partículas constitutivas de la sustancia inicial en partículas de otra sustancia, la final. En el caso de las disoluciones, las partículas de una sustancia penetran las de la otra.
- *Atribución de características macroscópicas* a las partículas: las partículas de la sustancia experimentan el mismo cambio macroscópico que la sustancia.
- Intervención de un agente externo que causa un *desplazamiento* de las partículas o libera alguna propiedad que se encontraba retenida en las mismas.
- Cambio interpretado de acuerdo con el *modelo cinético*, como función de las relaciones entre la temperatura, movimiento y distribución de las partículas o, en algunos casos, de su mezcla o combinación con las partículas de otra sustancia.

Se trata de un estudio cuantitativo en el que se realizan dos tipos de análisis a partir de las respuestas a los cuestionarios. En el primer lugar se analiza la influencia de las diversas variables consideradas en el número de respuestas correctas. En segundo lugar el análisis se realiza en función de las distintas categorías de respuestas.

Los resultados muestran que la comprensión de los mecanismos explicativos de los cambios físicos y químicos en la materia está influenciada por la edad y la formación en un grado mayor al encontrado en el caso de otros contenidos relacionados con la comprensión de la naturaleza y propiedades de la materia. Los seis grupos con los que se han trabajado se pueden distribuir en tres niveles. El primer nivel estaría formado por los estudiantes más jóvenes (12-15 años), en segundo lugar los adolescentes de 16-17 años con y sin estudios de ciencias y los estudiantes de psicología, y el tercero formado por los expertos en química. Aunque los datos muestran una progresión clara con el nivel de enseñanza, el efecto de la instrucción específica es más débil: mientras que los expertos en química se distinguen claramente del resto de los grupos en su comprensión de los mecanismos explicativos de los cambios en la materia, la instrucción científica falla en la producción de resultados apreciables en los grupos de adolescentes. Los estudiantes con y sin instrucción específica en ciencias alcanzan niveles similares en la comprensión de fenómenos científicos. Ambos grupos parecen mantenerse sin cambios en sus concepciones alternativas y en sus teorías implícitas o modelos sobre la naturaleza de la materia.

Con respecto al efecto del contenido, los resultados también confirman las hipótesis iniciales. En contraste con lo que ocurre en la comprensión de otras nociones químicas como la conservación, la comprensión de los mecanismos explicativos -ligados a la teoría cinética- de las disoluciones y de las reacciones químicas son más fáciles que los cambios de estado y la dilatación. En los dos últimos, entra en juego un sistema complejo de relaciones de equilibrio dinámico entre la temperatura, el movimiento y la distribución de las partículas. Sin embargo, la diferencia en dificultad entre los contenidos es más evidente en los grupos de estudiantes más jóvenes. Sin duda, este patrón está en parte determinado por el nivel del análisis considerado en las tareas puesto que, mientras que para los cambios de estado y la dilatación es necesario que

entiendan cómo se ven afectadas las variables por el intercambio energético producido por un agente externo, en las reacciones y las disoluciones, no se consideran los cambios que pueden ocurrir en las variables como consecuencia de la interacción entre las partículas que componen el sistema.

Esta interpretación de los diferentes cambios experimentados por la materia se confirma al analizar las concepciones alternativas mantenidas por los estudiantes. Se encontró que los mecanismos explicativos de los cambios, tales como las transmutaciones o los desplazamientos, apenas tienen peso entre las ideas de los estudiantes. Solamente entre el grupo de estudiantes de 12-13 años se observó un efecto residual de estos conceptos alternativos. A partir de los 15-16 años en adelante, el único concepto que compite con el modelo cinético en la interpretación de estos fenómenos es la atribución a las partículas de los cambios observados en un nivel macroscópico en la materia. Esta confusión resulta una vez más de una falta de distinción entre la realidad representada (aspecto macroscópico) y el modelo que lo representa (cinético-molecular), una carencia de diferenciación que parece constituir uno de los obstáculos esenciales al cambio conceptual en química, quizás porque no recibe el tratamiento adecuado en el currículum. La atribución de los cambios observados en la materia a las partículas, son mucho más evidentes en el caso de cambios del estado y de la dilatación.

La mayoría de los estudiantes utilizan dos esquemas interpretativos de los cambios de estado: un esquema basado en la atribución de cambios macroscópicos a las partículas que constituyen la materia, y otro esquema de acuerdo con el modelo cinético de las partículas. Estos dos esquemas coexisten dentro de los diversos grupos de individuos, de modo que, el correcto, poco a poco, se impone ante el otro, con la edad y, especialmente, con la formación. Sin embargo, y especialmente en las tareas que implican la dilatación, esta concepción alternativa es altamente estable y persistente, puesto que corresponde a una característica del conocimiento cotidiano subyacente a las teorías implícitas. En el caso de las reacciones y de las disoluciones, el patrón de las concepciones alternativas no está tan bien definido, en los grupos de mayor edad, predomina la interpretación científica aceptada, mientras que entre los estudiantes más jóvenes la atribución de características macroscópicas es la concepción alternativa más común, aunque coexiste con otras interpretaciones menos usuales, tales como el desplazamiento; sin embargo, con la edad y el aumento de la formación estas explicaciones pierden rápidamente importancia en las teorías mantenidas por los estudiantes.

En la conclusión, el análisis ha demostrado una vez más las dificultades que tienen los estudiantes para ir más allá de la realidad evidente y para integrar la información obtenida a partir de los modelos científicos. Los estudiantes pueden asumir la existencia de partículas e incluso atribuyen a estas partículas propiedades reconocidas por los expertos, pero fallan al hacer compatibles estas propiedades con la realidad observada. Así, no pueden interpretar el mundo sensorial en los términos microscópicos, que debe ser la meta de la enseñanza de las ciencias; de hecho, hacen lo contrario e interpretan las partículas en términos de características macroscópicas, del mundo sensorial. En resumen, los estudiantes incorporan representaciones sobre

la naturaleza de la materia que la enseñanza de la ciencia no consigue modificar o integrar en las nuevas estructuras conceptuales. Así, para los estudiantes, la realidad macroscópica explica el funcionamiento molecular, y no a la inversa. En vez de interpretar lo que se ve según modelos científicos, se interpretan los modelos científicos según lo que se ve. Si se desea que la enseñanza de la ciencia promueva el cambio conceptual, hay que proveer a los estudiantes no solamente de los modelos científicos, sino también ayudarlos a reinterpretar su experiencia macroscópica en términos del modelo cinético de la materia. Parece que el cambio conceptual no consiste en sustituir o de eliminar representaciones, sino en volverlas a describirlas e integrarlas jerarquizadamente en estructuras conceptuales o teorías más complejas.

María del Mar Aragón