

# **CONOCIMIENTOS DE ALUMNOS DE ESO Y BACHILLERATO (14-18) SOBRE EL MODELO IÓNICO DEL ENLACE QUÍMICO**

**VALCÁRCEL PÉREZ<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> VICTORIA; SÁNCHEZ BLANCO<sup>1</sup>, GASPAR y ZAMORA BARRANCO<sup>2</sup>, ANTONIO**

<sup>1</sup> Departamento Didáctica de Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia

<sup>2</sup> Colegio Salcillo (Molina de Segura).

**Palabras clave:** Contenido escolar; Enlace iónico; Modelo didáctico; Ideas y modelos mentales alumnos

## **MARCO TEÓRICO**

Un aprendizaje comprensivo de la química requiere la diferenciación y relación de tres niveles en la conceptualización de las propiedades y cambios de la materia: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico. El paso de un nivel a otro y las relaciones que deben establecerse entre ellos encierra dificultades intrínsecas al conocimiento de la química puestas de manifiesto por diferentes autores. Además de estas exigencias, el pensamiento y los procesos de razonamiento de los estudiantes y el propio proceso de enseñanza aparecen como causas de las dificultades del aprendizaje de la química.

En el nivel submicroscópico, la unión entre los átomos constituye un tema central en el conocimiento de la química. No podemos comprender ni explicar o predecir el comportamiento de la materia sin saber cómo interactúan las partículas que la constituyen y sin saber que el resultado de las mismas determina su composición y estructura, y consecuentemente sus propiedades físicas y químicas. Por ello, a pesar de las dificultades de aprendizaje, se plantea la necesidad de su introducción temprana en los currículos de ciencias. Todo lo anterior ha generado un interés por indagar en las concepciones, y más recientemente en los modelos mentales, que construyen los alumnos cuando se enfrentan al aprendizaje de modelos, en mayor medida sobre la teoría cinética-molecular de la materia, pero también sobre átomos y moléculas (Valcárcel et al., 2000). Menos numerosos han sido estudios similares sobre el enlace químico (Taber, 1997 y 1998; Coll y Treagust, 2003), sobre todo en nuestro contexto educativo (Furió y Calatayud, 1996; Posada, 1999).

Las anteriores investigaciones han puesto de manifiesto diferentes concepciones de los alumnos de secundaria sobre aspectos concretos del enlace covalente, las representaciones de Lewis y de bolas y varillas, la comprensión de la estructura molecular y sobre las fuerzas intermoleculares. Más escasos han sido los estudios de las concepciones de los alumnos sobre el modelo iónico del enlace y las estructuras resultantes. Aunque parece que entre los modelos del enlace químico, el iónico es mejor comprendido que el covalente, los alumnos no construyen una interpretación adecuada del enlace iónico y la relación necesaria entre este modelo de enlace, la estructura y las propiedades de las sustancias iónicas. Entre las ideas de los alumnos más documentadas sobre el enlace iónico (Taber, 1997; Posada, 1999; Coll y Treagust, 2003) destacan: la existencia de moléculas, o de pares iónicos, en las sustancias iónicas; el modelo preferido por los alumnos es el de que el enlace es el resultado directo de la cesión y captación de electrones entre los átomos; el motivo por el que explican la formación del enlace es la consecución del octeto y el hecho de que se unan un metal y un no-metal.

Ahora bien, los modelos utilizados sobre el enlace en la enseñanza de la química varían dependiendo del nivel educativo, siendo progresivamente más complejos, por lo que cabría esperar una evolución también en los modelos que sucesivamente pueden ir construyendo los alumnos. Es importante, por ello, analizar cuáles son los modelos didácticos presentados, por los libros de texto y profesores, para poder explicar la posible relación que se da entre ellos y los construidos por los alumnos. Además, dada la función que tienen los modelos de enlace, es importante indagar en cómo son utilizados los modelos didácticos y los de los alumnos en las explicaciones de características macroscópicas, ya que compartimos que sólo debería introducirse los modelos didácticos cuando hay evidencia de su necesidad y utilidad explicativa.

## OBJETIVOS

El propósito del trabajo que estamos llevando a cabo es profundizar en las concepciones y modelos mentales que construyen nuestros alumnos de secundaria (14 a 18 años) en torno al enlace químico y su relación con el contenido presentado en los libros de texto (modelos didácticos), así como su utilización en la explicación de propiedades de las sustancias. Esta comunicación se centra en las concepciones de los alumnos sobre el enlace iónico, concretamente los aspectos que abordamos son:

- Qué conocen y cómo explican la unión de los átomos en sustancias iónicas prototípicas ( $KI$ ,  $NaCl$ ,...) y la formación de agregados macroscópicos (sal común).
- Qué conocen y cómo explican diversas formas de representación de sustancias iónicas ( $KI$ ,  $Li_2O$ ,  $NaCl$ ).
- Qué conocen y cómo explican algunas propiedades características de las sustancias iónicas: conductividad eléctrica, punto de fusión y solubilidad.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Los alumnos con los que se realiza el estudio ( $N=233$ ) proceden de ocho centros (6 públicos y 2 privados) ubicados en seis localidades diferentes de la Comunidad Autónoma de Murcia. Estos alumnos pertenecen a los diferentes cursos de ESO y Bachillerato donde ha podido ser objeto de estudio el enlace químico. Aunque su selección ha estado determinada básicamente por la disponibilidad de los profesores, hemos procurado garantizar la representatividad de la población de estudiantes.

El instrumento de recogida de información ha sido un cuestionario escrito con 7 y 8 cuestiones, respectivamente, para ESO y Bachillerato. Todas las planteadas a los alumnos de ESO también se plantean a los de Bachillerato. La cuestión adicional está justificada por las diferencias de complejidad del contenido en ambos niveles. Todas las cuestiones fueron ensayadas previamente con una muestra reducida ( $N=52$ ) buscando adecuar su contenido.

Para diseñar el instrumento hemos tenido en cuenta, además de otros trabajos sobre el enlace químico (Posada, 1999; Taber, 1997), básicamente, el resultado del análisis de 21 libros de texto de los cursos antes señalados que se realizó previamente para identificar los modelos didácticos que sobre el enlace químico se enseñan a los alumnos. Las propuestas de los libros de texto se describen con un conjunto de afirmaciones de conocimiento extraídas de ellos, que recogen las ideas básicas que se enseñan a lo largo de la ESO y el Bachillerato, sobre el concepto general de enlace, los modelos iónico, covalente y metálico, y las fuerzas intermoleculares. Así, respecto al contenido que nos ocupa en esta comunicación, el enlace iónico, hemos seleccionado 19 afirmaciones. Por ejemplo: “El enlace iónico es una atracción electrostática que se genera entre iones con cargas opuestas, es decir, entre aniones y cationes”.

Las ocho cuestiones tienen diferentes formatos que van desde situaciones cerradas (ej. elegir entre varias opciones la correcta), semicerradas (ej. decidir sobre la veracidad o falsedad de una proposición y justificarla) y abiertas (ej. explicar un hecho).

El cuestionario se pasó a los alumnos en condiciones similares y habiendo transcurrido, como mínimo, más

de dos meses desde la última vez que tuvieron enseñanza del enlace químico. El vaciado de los datos se ha realizado estableciendo categorías en función de las respuestas de los alumnos. A partir de estas categorías se han generado nuevas variables, jerarquizadas por su relación con las afirmaciones de conocimiento que subyacen a las respuestas que cabría esperar desde los modelos didácticos más complejos recogidos en los libros de texto, para posibilitar un tratamiento estadístico que nos informe sobre las ideas dominantes y el contraste por niveles para estudiar su progresión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De cada cuestión se dispone de la frecuencia de respuestas por curso y nivel educativo, para cada categoría. Estos datos nos proporcionan los primeros resultados sobre las ideas de los alumnos y su evolución. Avanzamos algunos resultados centrándonos sólo en las diferencias por nivel.

En relación con la forma en que se unen los átomos en las sustancias iónicas:

- Entre quienes señalan que la unión entre el yodo y el potasio es un enlace iónico, sorprende el alto número de alumnos que no justifican su elección o lo hacen sin ninguna referencia consistente, al menos en la ESO (27%). La justificación mayoritaria en ambos niveles (21% ESO y 30% Bchto), está exclusivamente centrada en el carácter metálico y no metálico de ambos elementos, o en su posición alejada en el sistema periódico, sin atender a presupuestos del enlace iónico. De hecho, son minoritarios (5% ESO y 14% Bchto) quienes aluden conjuntamente a la cesión de electrones, a la tendencia al cumplimiento del octeto y la consecución de una mayor estabilidad, ideas recogidas en todos los libros de texto.
- Sin embargo, cuando expresamente se pide explicaciones sobre la formación del agregado cristalino del cloruro sódico o sal común a partir de una gran colectividad de átomos de ambos elementos, aparecen diferencias notables tanto en la ausencia de respuestas (61% ESO y 32% Bchto) como entre quienes se refieren a la formación de una red o estructura cristalina (5% ESO y 46% Bchto), con independencia de que el mecanismo sea recogido con mayor o menor detalle.
- Cuando posteriormente se les plantea explícitamente la formación del sólido iónico como una estructura reticular, los alumnos reconocen que cada íon está rodeado por iones de signo contrario, pero para la mayoría, aunque hay diferencias por nivel, el enlace sólo se produce entre los átomos a los que asignan la cesión y captación de electrones, que para unos depende de la valencia y otros lo justifican por el número de electrones más externos. Con el resto de los iones que le rodean sólo existen “interacciones o fuerzas”.

En relación con la representación del enlace iónico o de sustancias iónicas:

- Entre quienes eligen la fórmula correcta del yoduro de potasio, ningún alumno de ESO da explicaciones completas en términos de enlace, es decir, cesión de electrones, octeto y estabilidad, siendo anecdótico entre alumnos de bachillerato (5%). Si sólo contemplamos la cesión de electrones como una explicación válida, tampoco son muchos en ambos niveles (3% ESO y 13% Bchto). La gran mayoría de las explicaciones giran en torno a la valencia con la que actúan ambos elementos (42% ESO y 58% Bchto) y en el caso de la ESO, sencillamente, porque reconocen la fórmula (16%). En cualquier caso, cabe destacar el elevado número de alumnos que no relacionan la fórmula de un compuesto iónico con alguna idea del enlace. El aprendizaje de la formulación, en términos de valencias asignadas a cada elemento y el intercambio de las mismas, aparece como un contenido no relacionado o escasamente de modo explícito con el concepto de enlace.
- La representación espacial de un número determinado de partículas (al menos diez) de cloro y sodio en un grano de sal común es una tarea resuelta de modo distinto según el nivel. Así, entre los alumnos de ESO que representan una estructura geométrica bi o tridimensional, sólo unos pocos (6%) diferencias iones de ambos elementos ordenados de algún modo, mientras que son más (15%) quienes usan algún signo igual o distinto (círculos, aspas, puntos, ..) para representar las partículas de ambos elementos. Sin embargo, en el bachillerato ocurre al revés pues es mayor el número de quienes representan la red iónica (45%) y menor quienes representan una red de partículas no iónicas (9%).
- Ante los resultados anteriores cabría esperar mayores diferencias cuando se pide que identifiquen entre varias opciones el diagrama que mejor representa a una sustancia iónica. Sin embargo, al margen de las

justificaciones que se dan, la elección de aquellas consideradas correctas: estructura reticular (23% ESO y 38% Bchto), estructura tipo Lewis señalando las cargas iónicas (14% ESO y 16% Bchto), fórmula empírica (24% ESO y 22% Bchto) no presenta grandes diferencias, si bien éstas son mayores entre la opción más correcta (estructura reticular) y la mas incorrecta, es decir, la estructura covalente (23% ESO y 13% Bchto), así como entre quienes no contestan ((16% ESO y 6% Bchto).

En cuanto a las propiedades de las sustancias iónicas y su relación con el enlace:

- La conductividad eléctrica es identificada y explicada de modo diferente por niveles, tanto entre quienes consideran que es una característica de estas sustancias cuando están en estado líquido debido a que las cargas tienen movilidad (36% ESO y 51% Bchto), como entre quienes consideran que los sólidos iónicos son buenos conductores debido a que sus cargas están próximas (33% ESO y 24 % Bchto).
- La relación entre el punto de fusión de las sustancias iónicas, las fuerzas de atracción de los iones y la energía necesaria para vencerlas es planteada con diversas posibilidades en términos correctos, incorrectos pero coherentes y tanto incorrectos como incoherentes. Las respuestas dadas muestran diferencias entre ambos niveles con una evolución positiva tanto en la elección correcta (32% ESO y 57% Bchto) como en las incoherentes (29% ESO y 17% Bchto).
- De modo similar, con diferentes opciones, la solubilidad de las sustancias iónicas es justificada por la existencia de fuerzas de atracción entre el agua y los iones que hacen posible que pueda o no ser vencida la atracción iónica. Sin embargo, en este caso, aunque existen diferencias en la elección de argumentos coherentes (52% ESO y 75% Bchto), no ocurre lo mismo en la elección de la respuesta correcta (7% ESO y 9% Bchto), aquella que recoge que la solubilidad es diversa para estas sustancias. La mayoría piensa que todas las sustancias iónicas presentan una alta solubilidad en agua (32% ESO y 56% Bchto), lo que no parece justificado al menos en el nivel superior.

## BIBLIOGRAFÍA

- COLL, R. K. y TREAGUST, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal Research in Science Teaching*, 40 (5), 464-486.
- FURIO, C. y CALATAYUD, M. L. (1996). Difficulties with the geometry and polarity of molecules: beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 73, 36-41.
- POSADA, J. M. DE. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 227-245.
- TABER, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? *School Science Review*, 78 (285), 85-95.
- TABER, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 597-608.
- VALCÁRCEL, M. V.; SÁNCHEZ, G. y RUIZ, M. (2000). El estudio del átomo en la educación secundaria. *Alambique*, 26, 83-94.

