

CONCEPCIONES DE LOS ALUMNOS DE 15-18 AÑOS SOBRE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA MATERIA EN EL ESTADO SÓLIDO

DE POSADA APARICIO, J.M.

Colegio Español Miguel de Cervantes. Av. Jorge João Saad, 905. CEP. 05618 São Paulo (Brasil).

SUMMARY

A questionnaire of free answers has been used in order to elicit pupils' ideas about the internal structure of some substances. The 15-16 years old pupils (2º de BUP) use an atomic framework with a gas and a non atomics one with solids. The differences between melting points are explained by pupils using macroscopic reasonings, atomic arguments, or mixing both of them.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento adecuado de la estructura de la materia es de gran importancia para la correcta comprensión de fenómenos físicos y químicos que se imparten en nuestros currículos a alumnos de 13 años en adelante. Como han puesto de manifiesto Gilber et al. (1982), entre otros, los alumnos tienen ideas que interfieren con las que se imparten en clase. En esta interacción pueden darse diversas situaciones:

– Estas concepciones, en el transcurso del aprendizaje, pueden salir reforzadas a veces. El alumno puede mal interpretar las ideas o conceptos dados por el profesor fortaleciendo las que él ya poseía.

– En otras ocasiones pueden mezclarse con la concepción científicamente establecida. Ambas pueden permanecer, incluso siendo contradictorias.

– Otras veces pueden persistir tras numerosos años de estudio; eso sí, aportando un lenguaje algo más científico, pero permaneciendo el punto de vista del alumno esencialmente inalterado.

– Pueden coexistir ambas; el alumno rechaza el punto de vista del profesor como alternativa para ver el mundo, pero admite que debe estudiarlo con fines académicos exclusivamente.

– O finalmente, puede prevalecer el punto de vista científico.

Se han realizado en los últimos años algunos trabajos con el objeto de conocer cuáles son las ideas que tienen

los alumnos sobre la concepción corpuscular de la materia. Estos estudios se han centrado de forma general en la fase gaseosa (Llorens 1988, Furió y Hernández 1983, Novick y Nussbaum 1981, Gentil et al. 1989, Nussbaum 1985, Brook et al. 1984). Las investigaciones pusieron de manifiesto las dificultades de los alumnos en concebir la idea de vacío y de aplicación de la teoría cinético-molecular para explicar los fenómenos de dilatación, compresión y difusión. Estas dificultades continúan en cierto número de alumnos después incluso de su estudio en el currículo (Nussbaum et al. 1982, Iglesias et al. 1990). Menor atención han recibido las ideas de los estudiantes sobre otros estados de agregación.

Posiblemente el proceso físico más estudiado a este nivel ha sido el de disolución. Prieto et al. (1989) encontraron que más de la mitad de los alumnos de 11 a 14 años reflejaban en sus dibujos una visión continua del soluto en la disolución. Muy pocos estudiantes utilizaron los términos átomo y molécula a pesar de haber recibido algunas ideas básicas sobre la estructura de la materia. Para Selley (1981) el modelo corpuscular de la materia está lejos de ser evidente y no puede ser inferido simplemente de la disolución de cristales. Otros procesos físicos han sido menos estudiados desde este punto de vista.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este trabajo tiene como fin investigar el conocimiento de los alumnos españoles de 15 a 18 años (2º y 3º de BUP

y COU) en relación con la estructura de la materia y la forma en que se unen sus partículas. Intentaremos arrojar luz sobre:

- cómo los alumnos interiorizan los conceptos impartidos sobre la materia que estamos estudiando;
- de qué forma se modifican estas ideas a lo largo de los tres cursos escolares;
- cómo interfieren los nuevos conocimientos con los ya previamente existentes.

Se construyó un extenso mapa conceptual sobre el enlace químico siguiendo las ideas de Novak y Gowin (1988). De él se extrajeron 41 frases que intentaban verbalizar las relaciones entre conceptos. Confeccionamos un amplio número de cuestiones en su mayoría totalmente abiertas para que los estudiantes pudieran mostrar todos sus conocimientos sobre el tema. Cada cuestión estaba inspirada en un número variable de las frases ya mencionadas. Después de varios pretests, las preguntas fueron reformuladas, sustituidas o desechadas. Las cuestiones fueron agrupadas de dos en dos siguiendo normas preestablecidas, formando un conjunto de diez cuestionarios independientes. Cada alumno completaría un único modelo.

En este trabajo se analizarán dos cuestiones. La primera tiene como fin que los alumnos expliciten por escrito o de forma gráfica sus ideas sobre la estructura interna de diferentes materiales. Como comprobaremos, para muchos de los alumnos más jóvenes la expresión «a nivel atómico» significa tamaño extremadamente pequeño y no necesariamente algo relacionado con átomos y moléculas.

La segunda cuestión pretendía que los alumnos emitieran ideas sobre las causas por las que las sustancias tienen diferentes puntos de fusión. En un pretest que pasamos, observamos que algunas respuestas eran demasiado evidentes y concisas. Ésta fue la razón por la cual decidimos colocar la segunda pregunta para disuadir a los más perezosos. En el apéndice se encuentran las cuestiones tal como fueron planteadas.

La técnica que hemos elegido para poder estudiar las frases obtenidas ha sido la puesta a punto por Bliss et al. (1983). Hemos elegido este método por su enorme capacidad para poder estructurar la información procedente de preguntas totalmente abiertas.

MUESTRA

Las cuestiones que se analizan fueron pasadas en seis institutos. Dos en Málaga capital y cuatro de su provincia. La muestra fue realizada durante el mes de enero de 1990. El número de alumnos encuestados con la primera cuestión fue de 82. Repartidos por niveles, participaron 24 alumnos de 2º de BUP, 21 de 3º de BUP y 37 de COU. Para la segunda cuestión, el número fue de 171 alumnos, repartidos de la siguiente forma: 74 de 2º de BUP, 68 de 3º de BUP y 36 de COU. Los alumnos que contestaron a la primera y segunda cuestión fueron diferentes, ya que

se encontraban en cuestionarios distintos. El formulario fue pasado en clases de Física y Química en los niveles de 2º y 3º y en clase de Química en COU.

Los estudiantes de 2º de BUP no habían comenzado aún el tema de estructura atómico-molecular cuando fue pasado el cuestionario, aunque a un nivel básico ya forma parte de los temarios de 7º y 8º cursos de EGB (alumnos con 12-13 y 13-14 años de edad). Todos los alumnos de 3º de BUP habían tratado en su currículo el tema indicado. No todos los estudiantes de COU habían contemplado el tópico en cuestión al nivel en el que se encontraban, contestando éstos con los conocimientos que ya tenían de años anteriores.

RESULTADOS DE LA CUESTIÓN E-1

Las frases obtenidas se han clasificado según la red semántica que aparece en la figura 1. Podemos encontrar

Figura 1
Red semántica obtenida al clasificar las frases emitidas por los alumnos de los tres niveles en la cuestión E-1.

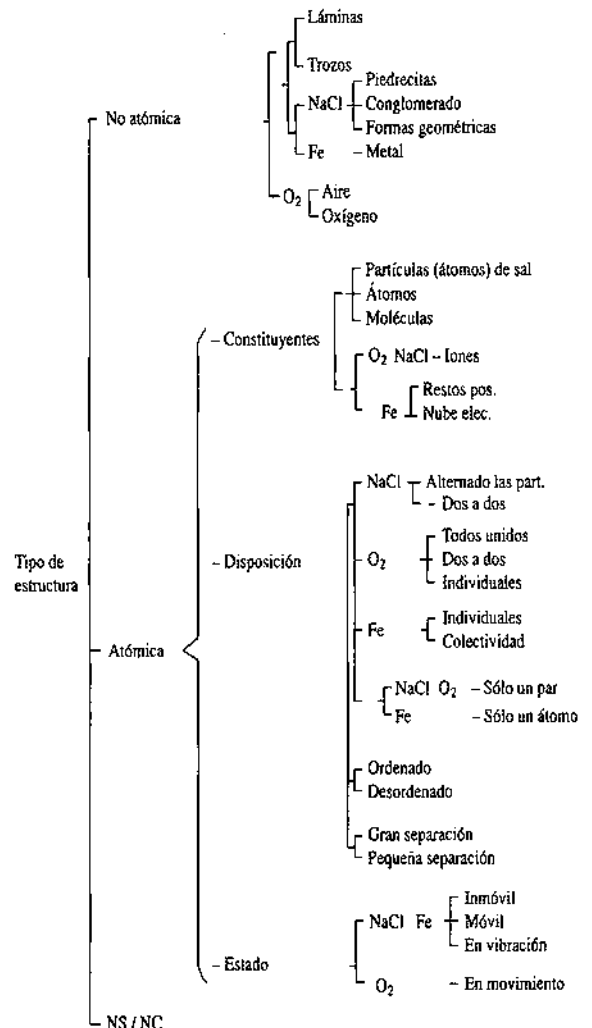


Tabla I

Frecuencias obtenidas en la cuestión E-1, clasificadas de acuerdo con la red semántica de la figura 1.

	2º de BUP			3º de BUP			COU		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
No atómico	12	3	9	3	1	1	1	0	1
Atómico	7	19	11	18	19	19	33	34	32
NS/NC	5	2	4	0	1	1	3	3	4

- A sal de cloruro sódico
- B Oxígeno
- C Hierro

los dibujos típicos utilizados por los alumnos para representar la estructura interna de la sal, oxígeno e hierro, en la figura 2. La mitad de los alumnos de 2º de BUP explicaron o dibujaron la estructura interna del cloruro sódico desde un punto de vista no atomista. La sal debía estar formada, según ellos, de láminas, piedrecitas, trozos, conglomerados, formas geométricas o partículas, unidos unos a otros. Unos pocos alumnos entendieron que cristal de sal eran dos sustancias: cristal y sal. Para algunos el mundo microscópico es como el macroscópico pero de reducido tamaño:

«Veríamos unas partículas de sal, formando unos cristallitos muy, muy pequeños.» (Alumno de 3º de BUP).

La ruptura entre el mundo macroscópico y atómico no se produce de forma total en muchos alumnos:

«Un átomo de NaCl se vería como trozos de cristal.» (Alumno de COU).

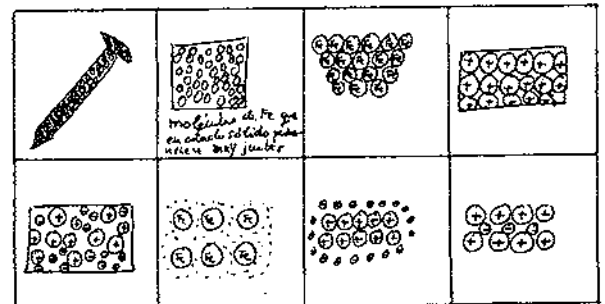
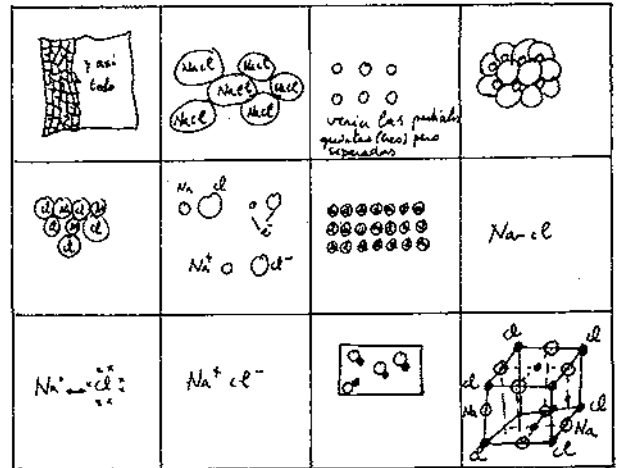
«En el trozo de cristal veríamos grandes átomos de cristales.» (Alumno de COU).

Otros investigadores, porejemplo Driver (1985), corroboran este tipo de resultados. Aunque esta tendencia disminuye con el nivel de instrucción, no llega a desaparecer del todo, incluso después de cuatro años de estudio de Química.

Algo menos de la tercera parte de los alumnos encuestados en 2º de BUP utilizan argumentos atomistas en sus explicaciones. Las unidades que forman los cristales son, a juicio de estos alumnos: partículas (átomos) de sal, átomos, iones y moléculas. El constituyente más nombrado en 2º de BUP ha sido la partícula de sal; en 3º de BUP y COU fueron los átomos. Son pocos los alumnos de 2º que abordan la disposición de las partículas constituyentes; en cambio, dos terceras partes de los alumnos de COU mencionan el gran orden existente. Muchos alumnos de 3º y COU dibujan la red cristalina alternando átomos de cloro y sodio sin representar sus

Figura 2

Dibujos típicos utilizados por los alumnos para representar la estructura interna del cloruro sódico, oxígeno e hierro.



cargas. Es interesante apreciar que son minoría los alumnos (33% en COU) que hablan de iones cuando se les pregunta de forma espontánea no dirigida. Aparentemente la alternancia de los átomos de sodio y cloro es vista como la principal causa de estabilidad de la sal, ya que la existencia de iones es sólo contemplada por una minoría. ¿Es sólo un problema de memoria y terminología, o por el contrario denota algo más profundo? Muchos argumentos podrían ser utilizados en uno y otro sentido, que por razones de espacio no pueden ser abordados aquí.

La cuarta parte de los alumnos de COU sólo expone una pareja de iones o átomos juntos. Curiosamente esta

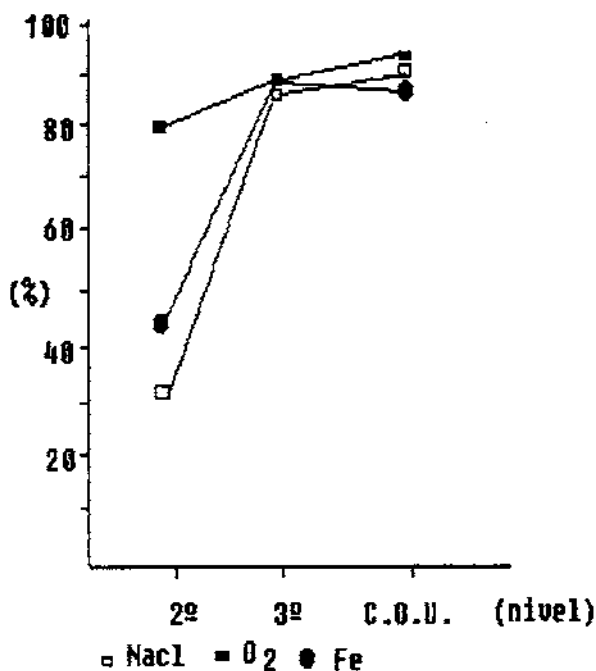
situación no se da en los niveles anteriores. Este hecho podría indicar una focalización de los estudiantes sobre aspectos del enlace químico exclusivamente, dejando de lado la cuestión central que es la distribución espacial de sus átomos o iones en el cristal. Este hecho no parece estar influenciado por los textos escolares, ya que sólo hemos encontrado tres textos, de un total de veintinueve estudiados (de Posada 1991), en los que no se advierten de forma explícita que los compuestos iónicos están formados por redes cristalinas y no por moléculas individuales.

Aspectos convencionales que pueden parecer asumidos por todos son mal interpretados por algunos alumnos. El tipo de representación que los textos realizan de las redes cristalinas pueden ser tomados al pie de la letra por los estudiantes. Nos estamos refiriendo concretamente a los trazos que dibujamos entre los iones de diferentes signos y a la separación existente entre ellos cuando dibujamos la celdilla unidad. Las frases que se transcriben a continuación ilustran lo que decimos:

«Su estructura interna es NaCl y tiene forma geométrica. Yo vería todos los enlaces de los átomos.» (Alumno de 2º de BUP).

Figura 3

Estudio comparativo de las posiciones atomistas de los alumnos en los tres casos propuestos.



«...con los iones lo más separados posibles.» (Alumno de COU).

Fue una mínima parte el número de alumnos de 2º de BUP que explicaron o dibujaron la estructura del oxígeno desde un punto de vista no atomista. En la figura 3

podemos apreciar la diferencia notable que establecen los alumnos de 2º de BUP en relación con la estructura interna del oxígeno en comparación con los otros dos casos propuestos (sal y hierro). Estadísticamente estas diferencias son significativas ($p < 0.01$; $X^2 = 12,45$, g.l. = 2). La conclusión que podemos extraer es que para los alumnos de 2º de BUP estudiados, el esquema mental atomista que ponen en juego es modificable en función del caso particular presentado. Para los alumnos de 2º de BUP, existen evidencias notables de que el oxígeno debe tener una estructura atómica; esa situación no se da con la misma intensidad en los dos sólidos propuestos. No existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las respuestas atómicas de la sal y del hierro en 2º de BUP.

La idea utilizada por los alumnos para explicar la estructura interna no atomista del oxígeno es la existencia de aire u oxígeno que como característica destacable no se puede ver:

«En su estructura interna se vería que hay aire pero no se podría apreciar, ya que no es visible sólo respirar.» (Alumno de 2º de BUP).

«En la botella de oxígeno, si nos pudiéramos hacer pequeños y meternos dentro de ella, ver, no veríamos nada. Esta botella sólo está llena de aire.» (Alumno de 3º de BUP).

La mitad de los alumnos en cada nivel hacen uso de la palabra molécula al referirse a los constituyentes del oxígeno; el siguiente término más utilizado es el de átomo, seguido a mayor distancia de partícula y en muy pocos casos de iones. La idea de invisibilidad tomada del mundo macroscópico es incorporada al atómico de forma manifiesta por algunos alumnos:

«Serían átomos que casi no se verían, como casi transparentes y unidos de dos en dos y así con los demás.» (Alumno de COU).

Al igual que ocurría con la sal, aparecen en COU aproximadamente un 20% de alumnos que representan tan sólo un par de átomos unidos entre sí. La tercera parte de los alumnos de COU son capaces de representar satisfactoriamente la estructura interna del oxígeno. Si incluimos en este cómputo la visión desenfocada de contemplar un solo par de átomos, la proporción de respuestas satisfactorias alcanza el 50%.

Los elementos constituyentes del trozo de hierro, desde una óptica no atomista, son prácticamente los mismos que en el caso de la sal. Las frases encontradas son muy similares a las ya expuestas anteriormente:

«En este dibujo me imagino que veríamos trocitos de hierro también muy pequeños. En forma de láminas muy finas y muy cortas.» (Alumno de 3º de BUP).

Los restantes hacen uso de los términos: átomos, restos positivos y nube electrónica, partículas y moléculas. Entre las características más destacables, los alumnos nombran la gran unión entre sus constituyentes y el gran orden reinante.

Algunos alumnos representan los restos positivos sin la nube electrónica. Otros representan la nube electrónica con átomos neutros. Los electrones eran dibujados, por algunos, con puntos; otros los representaban con círculos de tamaño variable comparable al de los átomos. La disposición de los electrones fue distinta de un caso a otro. Algunos los situaban de forma homogénea entre las partículas, otros en los huecos formados y también algunos alrededor del conjunto de partículas. La mayoría de los casos denotan una concepción corpuscular de los electrones.

RESULTADOS DE LA CUESTIÓN A-1

Las explicaciones que los alumnos daban para justificar las diferencias existentes en los puntos de fusión de las sustancias fueron variadas (fig. 4). Unos utilizaban razonamientos puramente macroscópicos haciendo alusión a diferentes propiedades. Otros utilizaron razonamientos en los que la disposición de los átomos, enlaces o composición de las moléculas estaban relacionados con la propiedad física solicitada. El tercer grupo está constituido por aquellos alumnos cuyas contestaciones no pudieron ser catalogadas en ninguno de los grupos anteriores. La alusión a diferentes estructuras en las sustancias nos pareció bastante indeterminada y formó un apartado diferente. El cuarto y último grupo estaba compuesto por los que no contestaron, no supieron qué contestar o la respuesta era demasiado obvia, como por ejemplo: «Porque todas las sustancias no son iguales» (Alumno de 2º de BUP).

ARGUMENTOS MACROSCÓPICOS

Los estudiantes utilizaron las siguientes propiedades para justificar las diferencias entre las sustancias propuestas: dureza, calor específico, diferente conducción del calor, densidad, composición, masa, tardanza y material del que está formado. Los argumentos más utilizados fueron «composición» y «material». En apariencia éstos son términos muy parecidos entre sí. Un estudio más detenido nos indicó que la expresión «material» utilizada por los alumnos era extremadamente imprecisa y estaba más relacionada con la idea de «naturaleza», una especie de determinismo marcante. Según esta concepción, los materiales pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos. No parece estar muy claro, para todos los alumnos, que pueda existir una relación entre los diferentes estados para una misma sustancia. Como ejemplos se pueden exponer las siguientes frases:

«Pues que cada material tiene una naturaleza distinta, es decir, pueden ser líquidos, gases o metales.» (Alumno de 2º de BUP).

«Porque no todos los materiales tienen por qué fundir en un mismo punto al igual que los líquidos; sino que fundirán dependiendo de su naturaleza, ya que no puede fundir lo mismo un material que sea más sólido que otro.» (Alumno de 2º de BUP).

Figura 4

Red semántica obtenida al estudiar las frases emitidas por los alumnos de los tres niveles en la cuestión A-1.

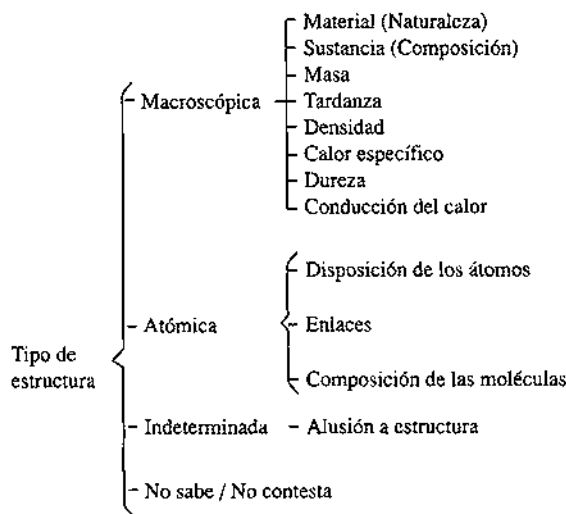


Tabla II
Frases obtenidas en la cuestión A-1 para los tres niveles, clasificadas de acuerdo con la red semántica de la figura 4.

	2º de BUP		3º de BUP		COU	
	f _o	f _r	f _o	f _r	f _o	f _r
Macroscópica	53	54,6	29	31,5	5	9,6
Atómica	10	10,3	56	60,9	44	84,6
Indeterminada	10	10,3	4	4,3	3	5,8
NS/NC/RO	24	24,7	3	3,3	0	0,0

f_o frecuencia observada
f_r frecuencia relativa

En cambio, el término «composición» estaba más unido a la idea de sustancia química y por tanto utilizada con más propiedad:

«Porque para producir ese cambio de estado sólido a líquido, unos materiales necesitan estar a mayor temperatura que otros. Necesitan suministrarle más calor... Que la composición de estos materiales es distinta.» (Alumno de 2º de BUP)

«El tener distinta composición y cantidad.» (Alumno de 2º de BUP).

Los términos cantidad de materia y tiempo que tarda en fundir son relacionados por los alumnos con el punto de fusión, con posibilidad de modificar éste. Otra relación interesante encontrada es densidad y punto de fusión.

Ésta se presenta incluso en estudiantes de COU. La gradación que proponen algunos alumnos para que una determinada sustancia sea más o menos sólida, podría estar relacionada con la densidad:

«Porque cada material tiene una diferente densidad, ya que si tiene mayor densidad tardará más en fundir y en cambio los que tienen menor densidad fundirán antes.» (Alumno de 2º de BUP).

ARGUMENTACIÓN ATÓMICA

Las ideas apuntadas por los alumnos van en tres direcciones: tipos de átomos que componen la sustancia, tipo de enlace y composición molecular del compuesto. La ruptura con la visión macroscópica no se realiza totalmente en algunos casos, simultaneándose, como en los ejemplos siguientes:

«Porque cada sustancia tiene propiedades diferentes que cambian de una sustancia a otra. Cada una tiene una temperatura de fusión diferente a la otra, de ahí se explica el mayor o menor punto de fusión; también influyen la fuerza con que se unen sus átomos. Mayor fuerza, mayor punto de fusión; menor fuerza, menor punto de fusión.» (Alumno de 3º de BUP).

«Por la diferente naturaleza de cada uno de los materiales y la diferente forma de estar unidos sus átomos (enlace metálico, iónico, covalente, etc.).» (Alumno de 3º de BUP).

«Una diferencia sería que el benceno es un compuesto orgánico, por lo tanto tiene distinta naturaleza que los demás que son inorgánicos. Otra diferencia sería que los enlaces que los unen son distintos en cada compuesto.» (Alumno de 3º de BUP).

Algunos alumnos relacionan la fusión de la sustancia con la ruptura del enlace:

«En los que los enlaces son más fuertes hará falta una mayor cantidad de energía para romperlos y esa energía se le da al calentarlos.» (Alumno de COU).

El estudio de los tipos de enlaces puede reforzar en algunos alumnos la idea de «naturaleza» de las sustancias que antes hemos descrito:

«Por la naturaleza de la sustancia:

En las sustancias metálicas generalmente altos.

En las iónicas generalmente altos, pero más bajos que los metálicos.

En los covalentes generalmente bajos.» (Alumno de 3º de BUP).

Tan sólo una frase de las diez encontradas en 2º de BUP hace referencia a la fuerza con que se atraen los átomos. En cambio, se menciona más la disposición de los átomos y la composición molecular. En 3º de BUP y

COU esta situación se invierte y las frases emitidas hacen referencia primordialmente al tipo de enlace, con la reducción de los otros dos argumentos.

Los libros de texto españoles de estos niveles hacen hincapié en este tipo de relaciones. El punto de fusión de las sustancias iónicas y covalentes es contemplado por prácticamente todos los textos analizados. El punto de fusión de las sustancias con enlace metálico sólo es expuesto por la mitad de los textos estudiados (de Posada 1991). Esta visión de los alumnos coincide con la mayoría de los textos analizados en la que los enlaces químicos se estereotipan y se relacionan con propiedades físicas muy concretas. Esta orientación impide una visión global y continua entre los diferentes enlaces y sus propiedades. Además oculta la observación de otros aspectos que también influyen en el problema. Esta imagen simplista se recoge en la siguiente frase:

«El punto de fusión bajo o alto es una propiedad del enlace.» (Alumno de 3º de BUP).

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Los alumnos de 2º de BUP desarrollan mayoritariamente un esquema atomista para explicar la estructura del oxígeno, porque encuentran mayores evidencias para ello. No se puede decir lo mismo de los dos sólidos propuestos. Este hecho no debía sorprendernos ya que en la Historia de la Química ocurrió algo parecido. Fue mediante el estudio de las propiedades de los gases cómo evolucionó el modelo corpuscular de la materia (Nussbaum 1985). Ya a comienzos del siglo XIX, esta línea de trabajo se vio apoyada por el estudio de las reacciones químicas entre sólidos y líquidos (Furió et al. 1983). A la luz de estos y otros resultados podría afirmarse que los alumnos deben superar obstáculos epistemológicos para adquirir la concepción atómica de la materia. El abandonar la idea de continuidad supone renunciar y contradecir en gran parte las ideas dictadas por los sentidos, en provecho de un pensamiento más abstracto, modelizado y coherente.

El número de alumnos de 2º de BUP que tienen asumido el modelo atómico-molecular es muy bajo como ya se ha recogido en otras investigaciones (Llorens 1988) pero aún es menor el número de ellos que son capaces de relacionar propiedades físicas macroscópicas de la materia con el mundo atómico, cuando se le hace ese requerimiento de forma espontánea. Esta capacidad va aumentando progresivamente y en COU la mayoría de los alumnos son capaces de relacionar el punto de fusión de una sustancia con el mundo atómico. Aunque esa conexión tiene sus limitaciones como ya ha sido expuesto anteriormente. La incorporación de ideas macroscópicas para explicar el mundo atómico por parte de los alumnos puede ser interpretado como intentos de éstos por buscar conexiones con sus esquemas conceptuales, con la intención de establecer un puente entre dos mundos distintos. En este sentido resulta oportuna la frase de Max Planck (citado en Giordan et al. 1988,

p. 153): «Nuestros conocimientos físicos están extraídos de las sensaciones, sin embargo su progresión consiste en liberarlos precisamente de todo antropomorfismo y sensualismo.»

Como ya se ha mencionado, los textos hacen referencia a propiedades físicas muy características, que podemos denominar estereotipadas. Esta visión es recogida en las frases emitidas por los alumnos de estos niveles, dejando de lado o enmascarando otros aspectos que también influyen. La visión unitaria del enlace (Solbes y Vilches 1991) con una gradación paulatina de sus propiedades (de Posada 1991) no se observa ni en los textos analizados ni en las respuestas de los alumnos.

En el diseño del currículo debían tenerse en cuenta varios aspectos. Entre éstos podemos destacar el dar la oportunidad a los alumnos de construir sus conceptos de

forma significativa. Para ello habría que multiplicar las oportunidades de que las ideas de los alumnos interactúen entre sí y éstas con las de su(s) profesor(es); advertir explícitamente el impedimento de incorporar ideas procedentes del mundo macroscópico en el atómico; seleccionar cuidadosamente tramos de la Historia de las Ciencias o experiencias que conectadas con los esquemas conceptuales de los alumnos pongan de manifiesto sus propias inconsistencias. Una dificultad importante es la variedad de concepciones y estadios en los que se encuentran los alumnos. Por este motivo no resulta fácil confeccionar materiales que sirvan para todos los alumnos de un grupo. Hay que perseverar en la búsqueda de herramientas personalizadas que ayuden al profesor en clase y sean capaces de interactuar con los alumnos a los que van dirigidos. Material impreso, programas de ordenador y vídeos interactivos podrían ser de inestimable ayuda.

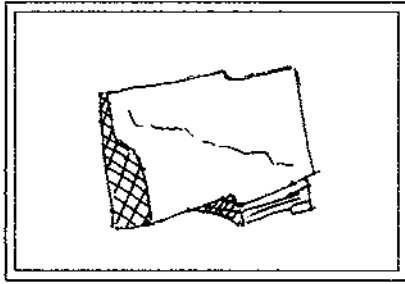
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLISS, J., MONK, M. y OGBORN, J., 1983. *Qualitative Data Analysis for Educational Research*. Ed. Biddles Ltd. (Guildford and King's Lynn: Londres).
- BROOK, A., BRIGGS, H. y DRIVER, R., 1984. Aspects of Secondary Students' understanding of the Particulate Nature of Matter. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Educations, The University of Leeds.
- DE POSADA APARICIO, J.M., 1991. *El enlace químico en los textos españoles de BUP y COU (1975-1990)*. (Manuscrito no publicado).
- DRIVER, R., 1985. Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations, in *Children's Ideas in Science* (Open University Press, Blechley).
- FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, J., 1983. Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años, *Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), pp. 83-91.
- GENTIL, C., IGLESIAS, A. y OLIVA, J.M., 1989. Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas, *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 126-131.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. y FENSHAN, P.J., 1982. Children's Science and its Consequences for Teaching, *Sci. Educ.*, pp. 623-633.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G., 1988. *Los orígenes del saber*. (Ed. Díada: Sevilla).
- IGLESIAS, A., OLIVA, J.M. y ROSADO, L., 1990. Las interacciones entre estudiantes en el trabajo en grupos y la construcción del modelo corpuscular de la materia y el principio de conservación de la masa, *Investigación en la Escuela*, 12, pp. 57-67.
- LLORENS MOLINA, J. A., 1988. La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la Escuela*, 4, pp. 33-48.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B., 1988. *Aprendiendo a aprender*. (Ed. Martínez Roca, SA : Barcelona).
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J., 1981. Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A cross-Age Study, *Science Education*, 65(2), pp. 187-196.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. 1982. Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy, *Instructional Science*, 11, pp. 183-208.
- NUSSBAUM, J., 1985. The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase, en R. Driver (ed.), *Children's ideas in Science*. (Open University Press, Milton Keynes).
- PRIETO, T., BLANCO, A. y RODRÍGUEZ, A., 1989. The ideas of 11 to 14-years-old students about the nature of solutions, *Int. J. Sci. Educ.*, 11(4), pp. 451-463.
- SELLEY, N.J., 1981. Children's understanding of atoms and molecules. (Mimeograph, Kingston Polytechnic, UK).
- SOLBES, J. y VILCHES, A., 1991. Análisis de la introducción de la teoría de enlaces y bandas, *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 53-58.

ANEXO

Cuestión E-1

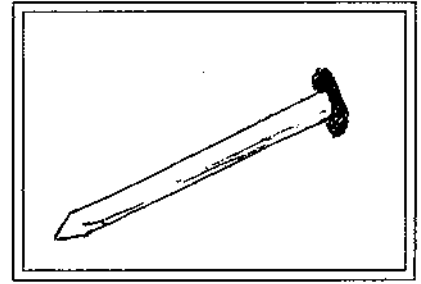
Los dibujos representan diversas sustancias. Explica cuál debe ser su *estructura interna*. (Lo que verías de estas sustancias si te hicieras lo suficientemente pequeño como para observarlas a nivel atómico).



Cristal de sal (NaCl)



Botella conteniendo oxígeno



Trozo de hierro

Si lo deseas utiliza dibujos para hacerlo.

Cuestión A-1

En la tabla encontrarás diferentes sustancias con sus puntos de fusión

	Sustancia	Tª fusión
Óxido cálcico	CaO	2.580
Benceno	C ₆ H ₆	5,5
Iodo	I ₂	114

¿Por qué algunos materiales tienen puntos de fusión bajos y otros altos?

¿Qué les hacen ser diferentes?