

MATERIA INERTE / MATERIA VIVA ¿TIENEN AMBAS CONSTITUCIÓN ATÓMICA?

MONDELO ALONSO, M., GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C.
Departamento de Pedagogía e Didáctica das Ciencias Experimentais. EU de Formación do
Profesorado de EXB Universidade da Coruña. Paseo de Ronda, 47. 150011. La Coruña.

SUMMARY

Familiarity with and the correct use of the atomic molecular theory is essential for understanding chemical and biological concepts, and students' knowledge of this question has important pedagogical implications. Both of these aspects are dealt with in this work.

INTRODUCCIÓN

La investigación en didáctica de las ciencias justifica la importancia educativa del análisis conceptual. Su objeto es seleccionar las ideas clave de la ciencia a enseñar que sirvan de hilo conductor de los contenidos y establecer las relaciones mutuas entre ellos, excediendo, en ocasiones, estas relaciones, los límites de una materia concreta. Por otra parte, la literatura también destaca la influencia de las representaciones de los alumnos en el proceso de enseñanza/aprendizaje.

Refiriéndonos concretamente a la enseñanza de la química, podemos decir que existen dos ideas clave fundamentales que presiden el conocimiento de esta ciencia: la materia y su composición atómica/molecular. Así, los conceptos de elemento, compuesto, mol... y la interpretación de procesos químicos (conservación de la masa, presencia de gases en la combustión...) requieren una adecuada utilización del modelo atómico/molecular de la constitución de la materia (Carbonell y Furió 1987, Hesse et al. 1992, Furió et al. 1989, Lloréns 1991, Pozo et al. 1991, Yaroch 1985). Tal modelo también es imprescindible para comprender fenómenos físicos, cambios de estado, disoluciones... (Gentil et al. 1989), procesos biológicos relacionados con la fisiología celular (Dreyfus y Jungwith 1988), fenómenos geológicos, etc. Sin embargo, la comprensión del modelo encierra dificultades para los alumnos debido al ejercicio de abstracción involucrado.

El alumno ha de pasar de un modelo continuo perceptible de la materia a otro completamente abstracto e imperceptible que explique científicamente los fenómenos observables (Brook et al. 1983, Lloréns 1988). En este sentido, la literatura pone de manifiesto que entre los estudiantes de niveles secundarios existen concepciones erróneas con relación a la discontinuidad de la materia. Las investigaciones de Novick y Nussbaum (1978, 1981), así como las revisiones realizadas por Lloréns (1991) y Pozo y otros (1991) destacan extensamente este aspecto, aunque los trabajos por ellos recopilados suelen centrarse en el estudio de la capacidad de los sujetos para explicar determinados procesos físico-químicos en términos atómico-moleculares. Hasta el momento son poco frecuentes los estudios que tratan directa y abiertamente las ideas de los alumnos sobre la materia y su composición, siendo prácticamente inexistentes los que extienden este objetivo a la materia viva.

Los profesores de ciencias sabemos que uno de los obstáculos más importantes para el aprendizaje de muchos procesos biológicos es precisamente el desconocimiento de conceptos químicos. El alumno, para comprender tales procesos, requiere básicamente asumir que la composición atómica es universal, interesando indistintamente a la materia viva e inerte, y debe aceptar que ambas están regidas por las mismas leyes. En este sen-

tido resultará de gran interés el estudio de las concepciones que tienen los estudiantes al respecto debido a las implicaciones didácticas que de ellas se derivan, siendo precisamente estos aspectos los que se aborden en este trabajo.

OBJETIVOS

1. Detectar y analizar las ideas de los alumnos sobre:
 - a) Concepto de materia.
 - b) Composición atómica de la materia y su universalidad.
2. Estudiar las implicaciones curriculares de las concepciones de los estudiantes.

METODOLOGÍA

La detección de las ideas de los estudiantes con relación al concepto de materia y su composición se realizó a través de una prueba escrita, dirigida a un total de 511 estudiantes de centros de La Coruña distribuidos de la siguiente forma: 1º de BUP (118); 2º de BUP (125); 3º de BUP opción B-Ciencias (107); COU opciones científico-técnica o biosanitaria que estudiaban química y biología (131); y 3º de la especialidad de ciencias de la Escuela Universitaria de Formación de Profesorado de EXB (3º de EU) (30).

La encuesta (ver anexo) consta de nueve preguntas. La primera de ellas, cerrada, tiene por objeto conocer la concepción del alumno sobre «cuerpo material». La decisión de incluir, únicamente en este caso, una pregunta cerrada se debió a los resultados obtenidos en un trabajo previo con alumnos de EGB (García et al. 1991). En él se utilizó además otra pregunta abierta del tipo «nombra cinco cuerpos materiales», cuyos resultados fueron excesivamente pobres debido a que los sujetos circunscribían sus respuestas exclusivamente a objetos materiales evocados por el propio ambiente en el que se realizó la prueba. Por ello consideramos necesario optar aquí por presentar propuestas concretas de materiales diversos y conocidos de los alumnos: sustancias en diferentes estados, seres vivos, etc.

Con relación al estudio de las concepciones de los estudiantes respecto a la constitución atómica de la materia, propusimos tres tipos de preguntas: abierta (núm. 2), cerradas de opción múltiple (núm. 4, 5 y 6) y de verdadero/falso (núm. 8). En ellas se procuró introducir ejemplos cotidianos de materia viva e inerte con el fin de averiguar si los sujetos hacen distinción entre ambas. Con este objetivo y de forma más específica se incluyó a su vez una pregunta cerrada de verdadero/falso (núm. 9).

En esta prueba también se propusieron cuestiones encaminadas a observar la capacidad de representación

icónica de los estudiantes (núm. 3) y sus ideas con relación a la unidad «viva» elemental de organismos vivos (núm. 7).

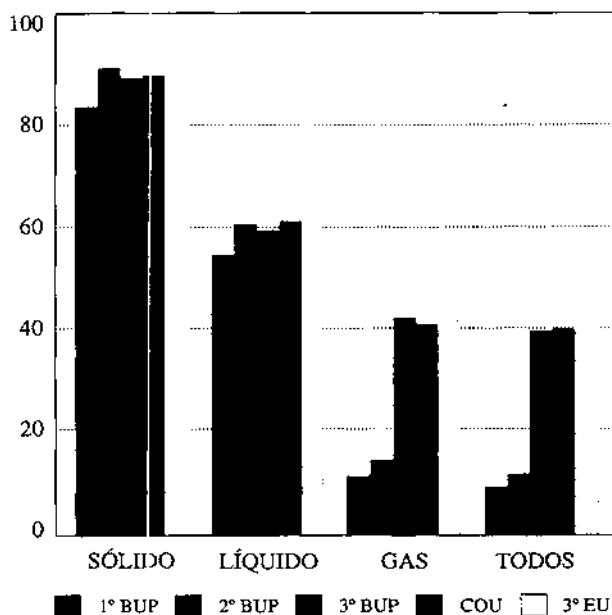
RESULTADOS

¿Qué entienden los alumnos por materia?

El reconocimiento del carácter material de todos los objetos, sustancias, etc. presentados en la pregunta 1 es escaso entre los sujetos encuestados (Fig. 1), observándose mayor número de respuestas correctas a medida que aumenta el nivel educativo. Así el 8,5% y el 11,2% de los alumnos de 1º y 2º de BUP responden correctamente frente al 39,3%, 39,7% y 43,3% de los alumnos de 3º de BUP, COU y 3º de la EU respectivamente.

Figura 1

Concepciones de los alumnos sobre el carácter material de sólidos, líquidos y gases (Pregunta 1).



También en la figura 1 se observa que los estudiantes admiten con facilidad que los objetos sólidos están formados por materia (más del 85% de los distintos grupos), no apreciándose diferencias entre los ejemplos propuestos (alimentos, seres vivos y material inerte). Sin embargo tal admisión fue menor en el caso de los líquidos y los gases. Concretamente, los porcentajes de alumnos de los distintos grupos que señalaron el carácter

organismos vivos cuando tuvieron libertad de respuesta (ítem 2). En este caso se obtuvieron nuevamente valores

distintos objetos y sustancias, observándose diferencias al respecto que dependen del estado físico de los mis-

INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

mos. Mientras que la materialidad de los sólidos (tanto inertes como seres vivos) fue asumida por un alto número de estudiantes de los distintos niveles, no ocurrió lo mismo con los gases.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Shepherd y Renner (1982) con alumnos de las mismas edades que los de este estudio. Sin embargo fueron superiores a los expuestos en un trabajo previo realizado por nosotras con escolares del ciclo superior de EGB, donde las referencias al carácter material de los gases no superaron el 8% (García et al. 1991).

El que los estudiantes reconozcan sin dificultad la materialidad de los sólidos podría deberse a que éstos poseen características físicas fácilmente observables (volumen, masa/peso...); además, el lenguaje cotidiano tiende a asociar los términos materia-cuerpo sólido (Lloréns 1991). Sin embargo la materialidad de un gas no resulta tan intuitiva, de hecho es frecuente que su masa/peso y volumen ni siquiera se consideren (Furió y Hernández 1983); que la misma cantidad de una sustancia pese menos en su estado gaseoso (Stavy 1990) e incluso se admita acríticamente que un objeto cuanto más aire contenga resultará más ligero (Seré 1986). Por otra parte sería interesante destacar que la aceptación del carácter material de los gases podría depender, hasta cierto punto, del tipo de gas que se presente al alumno. Tanto en este trabajo como en otro preliminar (García et al. 1991) observamos una tendencia a considerar más la materialidad del butano que la del aire. A nuestro juicio la cotidianidad del producto, es decir, su presentación comercial y uso doméstico, pudieron haber influido en las opiniones vertidas por los alumnos al respecto.

Por otra parte el sistema de instrucción no parece favorecer la superación de la idea restrictiva de materia que poseen los estudiantes. Si bien los libros de texto no pueden considerarse un parámetro definitivo en este sentido, pues son numerosos los docentes que se alejan de las directrices marcadas por los mismos, nos pueden dar cierta información. En líneas generales, y después de analizar diversos textos del ciclo superior de EGB de siete editoriales de amplia implantación en nuestra comunidad, observamos que la mayoría, al tratar la materia en los cursos inferiores, destaca los distintos estados físicos, utilizando abundantes ejemplificaciones de objetos sólidos, líquidos, gases y seres vivos, mientras que en los cursos más elevados dan por supuesto que el concepto está suficientemente comprendido circunscribiendo éste al aspecto exclusivamente físico-químico.

Una segunda conclusión extraída de este trabajo es que un número relativamente alto de estudiantes no concibe la constitución atómica de la materia. Diferentes trabajos de investigación ofrecieron conclusiones similares en este sentido, aunque generalmente, a diferencia de este trabajo, los análisis se realizaron indirectamente a través de las explicaciones dadas por los estudiantes a procesos físico-químicos concretos (Chastrette y Franco 1991, Gentil et al. 1989, Haidar 1991, Hesse y Anderson 1992, Lloréns 1988). Esta escasa concepción atomista podría deberse a que la interpretación microscópica de la realidad observable no es un proceso tan fácil ni tan

espontáneo como cabría esperar (Pozo et al. 1991). De hecho, en este estudio fueron relativamente abundantes las referencias a partes macroscópicas de los objetos y seres vivos como la unidad más pequeña de los mismos, sobre todo entre los estudiantes más jóvenes; aunque también se obtuvieron otras contestaciones que, aun siendo erróneas, encierran una aproximación a los niveles microscópicos.

La tercera conclusión de este trabajo es que los alumnos no comprenden con facilidad la universalidad de la composición atómica de la materia, pues establecen diferencias al respecto dependiendo del tipo de sistemas materiales presentados. Los resultados expuestos demuestran que la constitución atómica se reconoce sobre todo en los gases y sólidos inertes y en menor medida en los seres vivos, siendo dentro de éstos menos admitida la existencia de átomos en animales que en vegetales.

El hecho de que los estudiantes hayan asumido mayoritariamente la presencia de átomos en sustancias gaseosas es un verdadero contrasentido si lo comparamos con la escasa aceptación de su materialidad. El sistema de instrucción no parece tener suficiente capacidad para superar el mencionado contrasentido, debido posiblemente a que al introducir el concepto «átomo» se emplean con frecuencia ejemplos de sustancias químicas prototípicas, como oxígeno, nitrógeno... componentes del aire, dándose por supuesto que el alumnado comprende su carácter material. De ahí que la asociación producto químico-átomo sea sencilla por simple evocación memorística, subsistiendo paralelamente un error más elemental: el carácter material de este tipo de sustancias.

Las diferencias establecidas por los alumnos con relación a la constitución atómica de sólidos inertes y seres vivos se aprecian tanto directamente en las respuestas dadas a la pregunta de verdadero/falso (núm. 8), como a través del análisis comparativo entre las recogidas en preguntas abiertas (núm. 2) y de opciones (núm. 4, 5 y 6). Deteniéndonos en las últimas, sería lógico esperar un incremento sistemático de las referencias atomistas para todos los objetos y seres vivos cuando se presenta dicha opción. Sin embargo la visualización del término «átomo» estimuló el aumento de respuestas correctas casi exclusivamente en el caso de la materia inerte. Para los seres vivos, y dentro de ellos, más para los animales que para los vegetales, la opción célula tuvo un gran poder distractor. El hecho de que se haya detectado una ligera disminución de referencias atomistas en preguntas de opciones y el paralelo incremento de la opción célula significa que, para un cierto número de sujetos, la simple sugerencia celular los disuadió de su idea inicial, «átomo, unidad más pequeña de los seres vivos», espontáneamente expuesta.

Todo ello parece indicar que el estudiante tiene una visión microscópica diferenciada para materia inerte y seres vivos, lo que a nuestro juicio contribuye a apoyar la idea de que ambas son distintas en cuanto a su composición elemental y no están regidas por las mismas leyes (Lawson y Weser 1990). No debemos olvidar que este aspecto fue aceptado por la comunidad científica en momentos históricos precedentes.

Por otra parte y en este mismo sentido, los datos obtenidos de la pregunta nueve del cuestionario parecen mostrar que un elevado porcentaje de encuestados considera que los elementos químicos constitutivos de la materia viva son diferentes a los de la materia inerte. Estos resultados, sin embargo, habrá que tomarlos con cautela, pues podrían estar influidos por la ambigüedad de la propia pregunta que, obligatoriamente, deberá ser reformulada en posteriores trabajos. De hecho, al incluir en ella «elementos químicos» en vez de átomos de elementos químicos, se establece una relación entre dos categorías que pudo haber conducido al alumno a interpretaciones diversas del término «elemento», no necesariamente coherentes con el modelo corpuscular de la materia.

Otra diferencia digna de mención es la que establecen los estudiantes entre animales y vegetales. Consideramos que, detrás de la mayor aceptación de la composición atómica y la menor aceptación de la constitución celular de los segundos frente a los primeros, subyace la idea de que los organismos vegetales son «menos vivos» que los animales. Tal idea, bastante abundante en edades infantiles, aflora en la adolescencia, probablemente no a través de preguntas directas, pero sí indirectamente, como en nuestro caso y en otros que refleja la literatura (Caballer y Giménez 1992, Jiménez 1987) referidos a la constitución celular de los seres vivos.

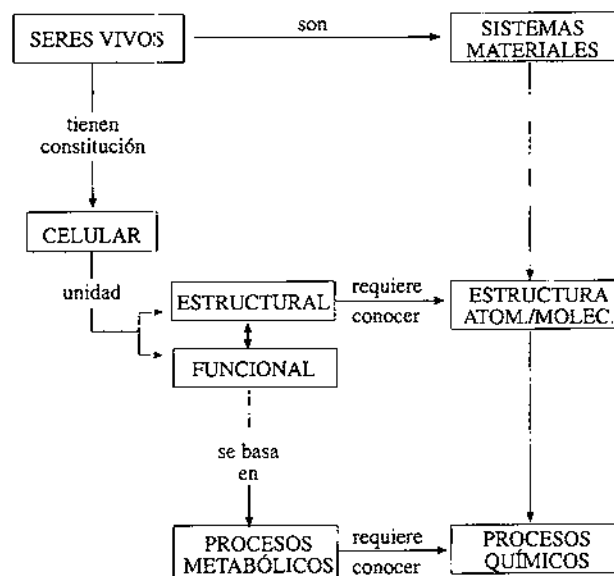
El sistema educativo tampoco parece resolver las ideas erróneas de los estudiantes sobre la universalidad de la composición de la materia. Volviendo ahora al análisis de los textos y siempre considerándolos como un parámetro ilustrativo, pero no definitivo del proceso de instrucción, hemos observado que si bien los conceptos átomo y célula se introducen en ciencias de la naturaleza en los últimos cursos de la EGB, las relaciones mutuas entre ambas son, salvo excepciones, insuficientes. Debemos recordar que las relaciones conceptuales tienen una importante repercusión en el aprendizaje (Coll et al. 1992), sobre todo en los niveles más elementales; por tanto, los planteamientos didácticos no podrán presuponer que el alumnado, de forma autónoma e independiente, va a extender el conocimiento de la composición atómica de la materia a los seres vivos, máxime cuando subsiste una barrera epistemológica clara consistente en considerarlos algo completamente diferente del mundo inanimado.

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

El interés educativo del establecimiento de relaciones conceptuales ha sido ampliamente señalado en este trabajo. En concreto, se destacó la importancia de comprender adecuadamente el concepto de materia y su constitución atómica universal para abordar conceptos y procesos biológicos introducidos en el currículo de ciencias de la naturaleza de los niveles obligatorios, pudiéndose realizar conexiones conceptuales como las esquematizadas en la figura 3. Por otra parte las ideas de los alumnos al respecto encierran además, a nuestro juicio, importantes derivaciones didácticas que especificamos a continuación.

Centrándonos en el concepto de materia debemos recordar que las concepciones de los alumnos resultaron restrictivas, ya que un apreciable número de ellos no asume la materialidad de las sustancias gaseosas. Este hecho ha de ser contemplado a la hora de planificar la unidad didáctica correspondiente. La superación de la exclusiva asociación materia - objeto sólido y la extensión del concepto a todos los sistemas materiales serán objetivos ineludibles. En este sentido, la utilización de abundantes ejemplos de cuerpos en los diferentes estados, seres vivos e inertes, etc. incluyendo el empleo de sustancias gaseosas que presenten características observables (color, olor, etc.) así como la observación en todos ellos de las propiedades generales de toda porción material facilitarían el objetivo indicado.

Figura 3
Relaciones conceptuales.



Con relación a la constitución atómica debemos indicar que, a diferencia de lo que ocurre en otros muchos temas (movimientos, fuerzas...) los alumnos jóvenes no tienen generalmente concepciones basadas en evidencias cotidianas (Carbonell y Furió 1987). Podríamos pensar que los estudiantes tienen, en un primer momento, concepciones continuas no corpusculares de la materia o que ni siquiera se planteen el problema, siendo posible que el propio contacto con la instrucción despierte en ellos la idea de discontinuidad; de esto se deriva el trascendente papel que adquiere aquella en las primeras representaciones que, en el peor de los casos, pueden ser erróneas. El paso de la observación macroscópica a la interpretación en términos corpusculares es esencial en la explicación de la mayoría de los conceptos químicos y también bioquímicos y ese paso no es fácil pues requiere abstracción (Heidar 1991, Brook y otros 1984) centrada fundamentalmente en el abandono de un modelo estático y continuo a un modelo abstracto y representativo (Stavy 1988).

Por todo ello, una opción metodológica basada en la aceptación acrítica de que el alumno comprende el modelo atómico (Gentil et al. 1989) y es capaz de utilizarlo directamente a la hora de interpretar distintos fenómenos, tanto desde el punto de vista teórico como en las actividades prácticas o simplemente numéricas, es un problema grave que nada contribuye a la alfabetización científica. La opción metodológica elegida debe insistir en los primeros niveles en la adecuada utilización del modelo más que en ofrecer al alumno modelos sofisticados, detalles sobre las características de los átomos, etc. que, más que favorecer en él la formación de esquemas e interpretaciones correctas, le confunden con excesiva profusión de términos (electrones, orbitales...). Por otra parte, a la hora de seleccionar actividades habría que procurar que contribuyan a que el alumno exprese gráficamente sus propias representaciones de la constitución de la materia (Pereira y Pestana 1991) y a que explique los fenómenos físico-químicos observables en términos atómico-moleculares (Heidar 1991, Nakhleh 1992), para promover el aprendizaje significativo.

Como ya se ha indicado, las concepciones que presentan los alumnos en este campo inciden de forma directa en el aprendizaje de conocimientos biológicos clave. La enseñanza de la biología no encierra graves problemas cuando nos circunscribimos a niveles meramente descriptivos de la realidad macroscópica; sin embargo, cuando se abordan aspectos básicos como funciones vitales (nutrición-respiración, por ejemplo) o estructura y funciones celulares (fisiología celular,) nos encontramos con serias dificultades. Los conocimientos básicos de procesos fisiológicos demandan o están relacionados con conocimientos químicos y también requieren una abstracción porque, al igual que decíamos antes, el alumno ha de pasar de una visión macroscópica «organismo vivo como unidad» a una visión microscópica «célula - unidad

funcional del ser vivo» en la que tienen lugar una serie de reacciones bioquímicas. Frente a esto nos encontramos con una realidad concreta: ¿Qué piensa el alumno sobre la constitución de los seres vivos? En este trabajo vimos que un porcentaje bastante elevado de alumnos no admite la constitución atómica, aunque tal constitución es más asumida en el caso de vegetales que de animales. Esta idea debe servir de verdadero toque de atención para el profesorado a la hora de elaborar el currículo. La creencia de que los seres vivos están constituidos por unidades materiales distintas a la materia inerte y de que se rigen por leyes diferentes a ésta (Lawson y Weser 1990) constituye un verdadero obstáculo epistemológico para la comprensión de la biología en niveles obligatorios. La desconexión existente entre química y biología, quizá debida a que los profesores de ambas materias tienden a pensar que el alumno establece fácilmente relaciones entre sus saberes académicos, supone un problema en la instrucción. Para que puedan superar las preconcepciones señaladas es importante establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular (Nieda 1993). Sería necesario por ello que el profesor de química no se circunscriba a presentar «productos químicos» y reacciones estereotipadas, obviando las referencias a procesos biológicos elementales en los que esos «productos químicos» tienen una presencia transcendental y, por otra parte, que el profesor de biología no presuponga que el alumno interpreta los fenómenos macroscópicos en términos celulares y más aún en términos atómico-moleculares.

Por ello, nos parece imprescindible que exista una mayor relación entre ambas materias con el fin de encontrar planteamientos curriculares que den una respuesta educativa a aquellos conceptos científicos clave que, por ser abordados en programas diferentes, no se tratan adecuadamente en ninguno de ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOK, A., BRIGGS, H. y BELL, B., 1983. *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Children's Learning in Science Project. University of Leeds.

CABALLER, M.J. y GIMÉNEZ, I., 1992. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos, *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), pp. 172-180.

CARBONELL, F. y FURIÓ, C., 1987. Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial de las reacciones químicas, *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), pp. 3-9.

COLL, C., POZO, I., SARABIA, B. y VALLS, E., 1992. *Los contenidos en la reforma*. (Aula XXI: Madrid).

CHASTRETTE, M. y FRANCO, M., 1991. La reacción química: Descripciones e interpretación de los alumnos de liceo, *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 243-247.

DREYFUS y JUNGWITH, 1988. The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality, *International Journal of Science Education*, 10, pp. 221-230.

FURIÓ, C., AZCONA, R., GUIASOLA, G. y MIJKA, E., 1989. Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud no introducida en química: la cantidad de sustancia, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. extra (1), pp. 193-194.

FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, Y., 1983. Ideas sobre los gases en alumnos de 10-15 años, *Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), pp. 83-91.

GARCÍA, S., MARTÍNEZ, M.C. y MONDELO, M., 1991. Análisis didáctico de la constitución de la materia. Primeros resultados. *XII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Oviedo.

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.

HAIDAR, A.H., 1991. A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter, *Journal Science Teaching*, 28(10), pp. 919-939.

- HESSE, Y.Y. y ANDERSON, CH.W., 1992. Student's conceptions of chemical change, *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3), pp. 277-299.
- JIMÉNEZ, M.P., 1987. Preconceptos y esquemas conceptuales en biología, *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), pp. 165-167.
- LAWSON, A. y WESER, J., 1990. The reflection of non-scientific beliefs about life: effects of instruction and reasoning skills, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), pp. 590-606.
- LLORÉNS, J.A., 1988. La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la Escuela*, 4, pp. 33-48.
- LLORÉNS, J.A., 1991. *Comenzando a aprender química*. (Visor: Madrid).
- NAKHLEH, M.B., 1992. Why some students fail to learn chemistry. Chemical misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 69(3) pp. 191-196.
- NIEDA, J., 1993. Concreción y secuenciación de algunos contenidos de ciencias de la naturaleza en la educación secundaria, *Aula*, 11, pp. 67-71.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J., 1978. Junior high school pupils' understanding of matter: An interview study, *Science Education*, 63(3), pp. 273-282.
- 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.
- PEREIRA, M.F. y PESTANA, M.E., 1991. Pupils' representations of models of water, *International Journal Science Education*, 13 (3), pp. 313-319.
- POZO, J.I., GÓMEZ, M.A., LIMON, M. y SANZ, A., 1991. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. (MEC: Madrid).
- SERÉ, M., 1986. Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching, *European Journal Science Education*, 8(4), pp. 413-425.
- SHEPHERD, D.L. Y RENNER, J.W., 1982. Student understandings and misunderstandings of states of matter and density changes, *School Science of Mathematics*, 82(8), pp. 650-665
- STAVY, R., 1988. Children's conception of gas, *International Journal Science Education*, 10(5), pp. 533-560.
- STAVY, R., 1990. Pupils' problems in understanding conservation of matter, *International Journal Science Education*, 12(5), pp. 501-512.
- YARROCH, W.L., 1985. Student understanding of chemical equation balancing, *Journal Research in Science Teaching*, 29(3), pp. 277-299.

NOTA

Este trabajo forma parte de un proyecto subvencionado por la Universidad de La Coruña.

ANEXO

- De los siguientes objetos, productos, etc., señala cuáles están formados por materia:
árbol - aire - ser humano - agua - filete - butano - piedra - leche
- ¿Cuál es la parte más pequeña que compone los siguientes objetos, productos, etc.?
- mesa
- manzana
- piedra
- aire
- pez
- leche
- Representa mediante un dibujo las respuestas dadas para cada uno de los objetos y productos en la pregunta anterior.
- Lo más pequeño que forma parte de una roca es:
- molécula -átomo -arena -mineral
- Lo más pequeño que forma parte de un perro es:
- molécula -átomo -célula -órgano
- Lo más pequeño que forma parte de una lechuga es:
- molécula -átomo -célula -órgano
- Qué es lo más pequeño que está vivo en:
- nuestro cuerpo
- pino
- Indica si es verdadero (V) o falso (F)
- Los seres vivos, al igual que los inertes, están constituidos por átomos.
- Los animales no contienen átomos y la materia inerte sí.
- Tanto un árbol como una piedra tienen constitución atómica.
- Indica si es verdadero (V) o falso (F)
- Los seres vivos contienen moléculas formadas por elementos químicos distintos a los que constituyen la materia inerte.
- Los seres vivos contienen moléculas constituidas por los mismos elementos químicos que los de la materia inerte.

