

Algunas cuestiones sobre la comprensión de la Química desde la perspectiva de las "ideas de los alumnos"

Angel Blanco (*) y Teresa Prieto
Facultad de Educación. Universidad de Málaga



RESUMEN

Se han identificado y caracterizado varias áreas problemáticas en la comprensión de la Química. A partir de datos de las ideas de los alumnos sobre fenómenos incluidos en la química escolar, se analiza cómo sus dificultades para comprenderlos configuran las áreas identificadas.

Hoy día disponemos de abundantes datos de las ideas de los alumnos sobre muchos conceptos y fenómenos relacionados con la Química (Pfundt y Duit, 1994). Diferentes revisiones o recopilaciones temáticas (por ej.: Furió, 1986; Hierrezuelo y Montero, 1989; Driver, Guesne y Tiberg-hien, 1989; Andersson, 1990; Pozo y otros, 1991 ; Driver y otros, 1994) nos han presentado las ideas de los alumnos de diferentes edades y niveles educativos sobre temas concretos de Química, entre otros, y aspectos metodológicos de dichas investigaciones.

El propósito de este trabajo es poner de manifiesto algunos aspectos comunes que surgen de estas investigaciones y que se pueden considerar importantes para la

comprensión de muchos conceptos y fenómenos de la Química. Con esta propuesta pretendemos llamar la atención de los profesores de ciencias sobre cuestiones que pueden influir en todos los contenidos de la Química que enseñan, de forma complementaria a las ideas concretas que sus alumnos tengan sobre cada uno de los conceptos en particular.

En el análisis que sigue se han distinguido los siguientes apartados:

- (a) Dificultades derivadas de la percepción de los hechos experimentales.
- (b) Confusión entre los niveles utilizados en la Química.
- (c) El lenguaje de los alumnos, y
- (d) Problemas atribuibles a la enseñanza.

(*) Dpto. Didáctica de las Mat., CC.SS. y CC.EE.
Facultad de Ciencias de la Educación. Campus de Teatinos. 29071 Málaga
Telf.: (95) 2132391 Fax.: (95) 2132393



La percepción de los hechos experimentales

Algunos autores (Llorens, 1987) consideran que parte de las dificultades específicas que tienen lugar en la iniciación al aprendizaje de la Química radican en que la percepción de los alumnos de los fenómenos cotidianos o de las actividades experimentales de clase no les permite, en muchas ocasiones, establecer y distinguir categorías válidas que sirvan de fundamento a un adecuado desarrollo conceptual.

Ello da lugar a que el alumno centre su atención en determinados estímulos y apariencias por encima de otras características más relevantes desde el punto de vista de los conceptos que el profesor quiere enseñar, haciéndole clasificar, por ejemplo, en una misma categoría la eferescencia y la ebullición.

Schollum y Osborne (1985) indican que en las investigaciones sobre aspectos químicos, dentro del proyecto neozelandés L.I.S. (Learning in Science) (Osborne, Cosgrove y Schollum, 1982), se han revelado algunas de las barreras para la comprensión de la Química, entre las que destacan, con relación a los aspectos perceptivos, las siguientes:

El problema de lo inobservable

Muchos alumnos, incluso ya adolescentes, tienen dificultades para aceptar la existencia de las cosas que no pueden ver (excepto quizás el aire):

"Incluso los alumnos de catorce años tienen a veces dificultades para aceptar que lo que no es directamente observable, pueda existir o formarse (el aire suele ser una excepción a este rechazo). Hemos encontrado alumnos de enseñanza secundaria que creían que no había oxígeno en un tubo de ensayo porque no podían verlo dentro. ...Su percepción del mundo

conocido, familiar, es distinta a la que tienen los científicos". (Schollum y Osborne, 1985, pág. 58).

El problema del sabor, olor y color

Los jóvenes poseen o desarrollan ideas no científicas debido a confusiones sobre qué es lo que prueban, huelen o ven; así por ejemplo, algunos chicos consideran que cuando el azúcar se disuelve en agua caliente "no queda nada más que el gusto", o cuando un cristal de colores brillantes se disuelve en el agua, entonces "el color sale del cristal"; o piensan que si se calienta alcanfor en la parte delantera de la habitación "sólo es el olor" lo que llega a la parte trasera.

Son, precisamente esta clase de experimentos los que suelen utilizarse para iniciar a los alumnos en la naturaleza de la materia como algo constituido por partículas. Dado que sus puntos de vista acerca del color, el olor y el gusto, pueden ser bastante diferentes de los que tienen los profesores y los diseñadores de materiales didácticos, no debe sorprendernos que lo que se pretende mostrar con ello no sea lo que acaban viendo la mayoría de los alumnos.

Estos puntos de vista, a los que se han denominado "ideas substancializadoras de las propiedades" han sido identificadas en varios trabajos y parecen estar relacionadas con las dificultades que muestran los alumnos para la diferenciación de conceptos básicos tales como los de mezcla y compuesto (Sanmarti, 1989).

La impresión de que la materia es continua

Una de las ideas en las que se asienta la Química es en la concepción discontinua de la materia. Así, desde el punto de vista perceptivo, el problema fundamental quizás sea la visión continua de la materia por parte de los alumnos (la conciben tal

como la ven). Esto se ha puesto de manifiesto en una gran cantidad de trabajos sobre tópicos diferentes, persistiendo esta visión en algunos de edades y niveles de instrucción elevados, lo que le convierte en un problema central para la comprensión de la Química.

Autores como Gabel, Samuel y Hund (1987) creen que esta falta de comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia puede estar relacionada en primer lugar con la falta de capacidad de razonamiento formal y una pobre habilidad de visualización- también mencionada por Kleinman, Griffin y Kerner, 1987- y en segundo lugar con la ausencia de diferenciaciones adecuadas entre conceptos básicos como : sólido, líquido, gas, elementos, compuestos, sustancias, mezcla, disolución, etc. y a la falta de instrucción sobre estos términos relacionados con la estructura corpuscular de la materia

Si la percepción de algunos hechos y fenómenos cotidianos son posibles fuentes de dificultades , cabría preguntarse cuál es el papel de las experiencias prácticas en la enseñanza de la Química. Sobre esto existen distintas posturas.

Llorens (1987 y 1988) considera necesario evaluar hasta que punto puede ser aconsejable una introducción de tipo eminentemente fenomenológico e inductivo de los primeros conceptos de Química, siendo necesario , quizás, un esfuerzo teórico que, desde los niveles iniciales, vaya progresivamente condicionando y guiando la observación y la experimentación.

Johnstone (1982) y sobre todo Schollum y Osborne (1985), aún reconociendo las dificultades antes descritas, consideran que es importante que los alumnos vean y manejen productos químicos, describan sus propiedades y aprendan algo sobre los cambios a un nivel descriptivo y funcional con objeto de adquirir una base con la que relacionar el aprendizaje posterior.

Siempre que sea posible, según estos últimos autores, esos materiales y cambios deberían relacionarse con el mundo conocido fuera del laboratorio, así como con ideas familiares a los alumnos. No hay por qué recurrir a extraños compuestos químicos orgánicos para ilustrar el fenómeno de la evaporación, cuando podríamos utilizar la evaporación del perfume sobre nuestra piel. Hay que pedir a los estudiantes que aporten muchos más ejemplos: cómo se seca la ropa tendida o sudan los animales, o se evaporan los charcos o se forma la sal con la evaporación en las salinas.

Algunos trabajos recientes (Lee y otros, 1993) (Hierrezuelo y otros, 1994) apuntan que, desde edades tempranas (11-12 y 12-14 años respectivamente), es posible trabajar con los alumnos modelos teóricos sencillos que les permitan explicar los hechos experimentales.

Confusión entre los niveles utilizados en la Química

En Química se utilizan, fundamentalmente, tres niveles para referirse a las sustancias y sus transformaciones: el nivel descriptivo y funcional, el nivel representacional y el nivel explicativo (Johnstone, 1982). La confusión entre los niveles descriptivo y explicativo, es decir, entre los conceptos relativos a las sustancias y fenómenos y los relacionados con las teorías y los modelos que los interpretan es muy frecuente entre los alumnos (Schollum y Osborne, 1985).

Muchos alumnos, incluso después de estudiar Química, manifiestan una visión del átomo como una pequeña parte de la materia con las mismas propiedades que ésta. Esta visión intuitiva puede impedir la comprensión de la naturaleza interactiva de la Química, llevando a una concepción aditiva de estructuras y procesos (Ben-Zvi;

Eylon y Silberstein, 1986). La dificultad para interpretar los fenómenos en términos de "interacción entre los elementos de un sistema" se ha mencionado ya como una de las características generales de las ideas de los alumnos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989).

Ante la dificultad de que los alumnos comprendan la naturaleza de las teorías y modelos que se utilizan en las clases de Química, una de las posibles alternativas que manejan es utilizar sus conocimientos del nivel descriptivo, sobre las sustancias, y aplicarlos directamente al mundo de las "partículas". La asignación a las partículas de las propiedades de las sustancias, tales como: "partidas", "quemadas", "expandidas", "fundidas", "encogidas", "disueltas", son un claro exponente de indiferenciación y confusión entre ambos niveles.

En este caso, no todas las dificultades son achacables a la forma de pensar de los alumnos. Algunos autores (Selley, 1978; Carr, 1984 y Andersson, 1990) consideran que algunas de estas dificultades provienen del escaso cuidado con que se tratan estos aspectos en los materiales de enseñanza y en las clases; aspecto que analizaremos más adelante.

El lenguaje de los alumnos

La importancia del lenguaje en cualquier situación de aprendizaje es obvia; sin embargo, una falta de conciencia o una visión inadecuada acerca de la relación entre pensamiento y lenguaje hace que el desarrollo y perfeccionamiento de este último quede relegado en aquellas disciplinas no estrictamente lingüísticas (Llorens, 1991).

La importancia del lenguaje en la comprensión de la Química se ha puesto de manifiesto en algunos estudios. Johnstone y Cassels (1978) indican que muchas de

las bajas puntuaciones en exámenes de Química se deben a fallos en la comprensión del lenguaje en el que están realizadas las preguntas y el cambio de una sola palabra afecta a menudo a los porcentajes de respuestas correctas

Dos aspectos se podrían destacar desde la perspectiva del lenguaje de los alumnos. En primer lugar las características del lenguaje de los alumnos cuando acceden al estudio de la Química. Llorens (1987), que ha estudiado el lenguaje utilizado por los alumnos que comienzan el estudio de la Química en las EE.MM. (BUP. y FP.), concluye que éste tiene unas características peculiares propias de esta fase del desarrollo conceptual que de forma resumida serían:

a) El discurso de los alumnos es eminentemente descriptivo, pero puede diferir en el mayor o menor grado en que dichas descripciones van haciéndose en términos de magnitudes, superándose este nivel preconceptual.

b) El lenguaje ordinario aparece como fuente de significados que apoyan u obstaculizan la adquisición de conceptos.

c) En el uso del vocabulario cotidiano las ambigüedades e imprecisiones pueden ser más bien aparentes. El alumno puede asimilar conceptos a una estructura cognitiva establecida en torno a criterios puramente perceptivos; y así, utilizar indistintamente diferentes términos referidos a procesos que agrupa bajo una misma categoría. Por ejemplo:

- La idea de "peso" puede aplicarse a "masa", "densidad", "ligero", "pesado", "macizo", "sólido", etc.

- Los procesos en que aparecen gases, vapores o humos a partir de sólidos o líquidos a: "quemar", "evaporar", "hervir", etc.

- Aquellos en que desaparecen sólidos y el estado final es líquido a: "fundirse", "derretirse", "licuarse", "disolverse", etc.

Estos campos semánticos son similares a los resultados obtenidos en otras investigaciones (Brook, Briggs y Driver, 1984; Meheut, Saltiel y Tiberghien, 1985 y Driver, 1989), abundando en la idea de que la relación entre concepto y palabra es más compleja y difusa de lo que habitualmente se supone.

En segundo lugar destacar la percepción de los alumnos del lenguaje de la enseñanza (profesores, textos,...). Cassels y Johnstone, (1983) informan de algunos de los resultados de un proyecto realizado en 1977-79 con una enorme muestra, 25.000 alumnos ingleses, de más de cien escuelas, sobre los significados que los alumnos otorgaban a las palabras en los exámenes de Química. Entre estos, destacan:

- Muchas palabras preferidas por los profesores de ciencias no parecían ser accesibles para sus alumnos.

- El significado de las palabras no es absoluto y puede variar desde un significado general a significados más precisos.

- Una palabra en un contexto científico era más difícil de comprender que en un contexto no científico.

- La comprensión de una palabra depende no sólo de su contexto sino también de su acepción.

- Una combinación de palabras puede producir una expresión con un significado difícil.

Concluyen estos autores que el vocabulario de los alumnos parecía mejorar durante la escolaridad pero que esta mejora podría ser potenciada si los profesores intentaran conectar conscientemente nuevas palabras al vocabulario que tienen los alumnos. Los profesores podrían ayudar a los alumnos a realizar conexiones entre el vocabulario nuevo y el existente, a mejorar la calidad de estas conexiones. Sería necesario ayudar a los alumnos a moverse desde un significado vago de las palabras a una más completa comprensión de sus

significados y, simultáneamente, promover su comprensión de la Química.

Problemas atribuibles a la enseñanza

La enseñanza también puede ejercer una influencia, y en ocasiones ser fuente de obstáculos, para la comprensión de la Química.

Uno de los problemas señalados es lo que Schollum y Osborne (1985) denominan "*el problema de las ideas influidas de manera imprevista*". Las ideas que los alumnos tienen sobre la Química pueden también verse influidas de modos y maneras no previstas por los profesores.

Un buen ejemplo sería el siguiente. Si bien la evaporación del agua de un plato en la cocina es un fenómeno físico, muchos alumnos creen que implica un cambio químico. Una idea que aparece predominante entre los más jóvenes es que el agua dentro del plato se transforma en aire (Osborne y Cosgrove, 1983). Además, los alumnos de más edad apoyaban esta intuición con su conocimiento científico de que el "agua se compone de oxígeno e hidrógeno". Las consecuencias de tal yuxtaposición del primer punto de vista y el conocimiento citado, no resultan difíciles de predecir. La idea de que al evaporarse el agua se convierte en gases de oxígeno e hidrógeno es algo que se vuelve más popular entre los alumnos de trece a quince años, siendo asimismo un punto de vista mantenido por una proporción significativa de estudiantes de Química de diecisiete años.

En muchos trabajos se plantean serias objeciones a las formas en que se presenta la Química en los textos y otros materiales de enseñanza. Estas objeciones podrían agruparse en dos apartados que a continuación vamos a desarrollar.

El papel de los modelos y sus representaciones

En los textos, rara vez se tratan a los átomos y moléculas como modelos. Por el contrario, se pide a los alumnos que aprendan "hechos" sobre átomos y moléculas, en el mismo sentido que aprenden hechos sobre el mundo observable. La presentación en los libros de texto es incompleta y a veces probablemente confusa para una persona que no tenga un entrenamiento científico (Andersson, 1990). Algunos ejemplos serían:

La introducción de los conceptos de átomos y moléculas

Algunos autores como Pfundt (1981) consideran inadecuada la introducción intuitiva de las ideas corpusculares sobre la materia, basada en un proceso abstracto de subdivisión y consideran más oportuno hacerlo en el marco de teorías planteadas para explicar y predecir los hechos experimentales. Sin embargo esta forma de introducción es bastante corriente en los textos. El siguiente ejemplo, tomado de un texto de 7º de EGB., puede ser ilustrativo de este tipo de presentación:

"Toma una pequeña cantidad de mercurio. Aplastando una gota consigues otras más pequeñas. Con la ayuda de un objeto fino podrías conseguir otras menores. Siguiendo este proceso de división, cada vez se obtienen porciones más reducidas. En algún momento llegaríamos a una partícula que no se podría "dividir" sin perder las propiedades del elemento. Las partículas más pequeñas que están constituyendo las sustancias elementales se llaman átomos".

Utilización de muchos modelos atómicos diferentes

En los textos, los átomos y las moléculas son representados de muchas maneras:

como círculos, bolas, núcleo y corteza, bolas separadas o pegadas. Los autores probablemente suponen que los alumnos comprenderán fácilmente que es debido a que son diferentes modelos con diferentes propósitos. A veces queremos destacar que los átomos vuelven a ser los mismos cuando las reacciones químicas tienen lugar, a veces visualizar la estructura de los cristales, otras destacar la existencia de enlaces, etc. Pero los diferentes modelos, dados sin una explicación, pueden confundir a los niños cuya tendencia básica es tratar a los átomos y moléculas del mismo modo que a las sustancias.

Una posibilidad de resolver este problema es hacer las distinciones oportunas entre modelo y observación, y proporcionar una explicación de la naturaleza del concepto "modelo" (algunos textos ya han incorporado estas ideas: ver, por ejemplo, Bullejos y otros, 1992). El átomo debe ser presentado como un modelo en desarrollo cuyas características cambian de acuerdo con los nuevos hechos que deben ser explicados.

En multitud de temas científicos, y ciertamente en Química, es necesario decidir en qué momento hay que introducir una determinada idea o nivel de explicación. Un ejemplo importante de esto es el que se plantea en el caso de los modelos relativos a la teoría corpuscular de la materia. Un modelo de partículas ha de ser presentado solamente cuando sea necesario, y en la forma adecuada, para ayudar a los niños a comprender su experiencia (Schollum y Osborne, 1985)(Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986). Los profesores tienen que asegurarse de que las experiencias que los alumnos han tenido antes les ayudarán a ver las ventajas de este modelo de partículas.

Mezclas de modelos

En algunos libros de texto aparecen dibujos similares al que se muestra en la figura 1. Podemos imaginar las moléculas de

agua flotando sobre el agua. Los niños que no distinguen entre modelo y observación, que conciben la materia como continua y tengan dificultad para concebir la idea de vacío, pueden fácilmente tomar esta ilustración literalmente: en el vaso hay agua ordinaria y moléculas de agua (ver figura 1).

Presentación no adecuada de modelos

Un ejemplo muy típico es el de las distancias entre las partículas en la representación comparativa entre sólidos, líquidos y gases. Los dibujos de la figura 2 muestran la representación de tres ejemplos concretos de los estados de la materia. En ellos pueden apreciarse cómo se sobreestima la distancia entre las partículas en los líquidos con respecto a los sólidos y las de los gases se subestima con respecto a los sólidos (una proporción más correcta podría ser del orden de 10:1) (ver figura 2).

Si los niños intentan construir un modelo de la materia coherente y consistente, des-

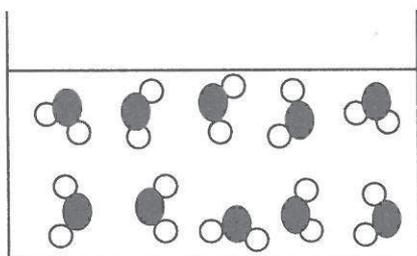


Fig. 1. Ejemplo de la ilustración de un libro de texto representado el agua líquida (tomado de Andersson, 1990).

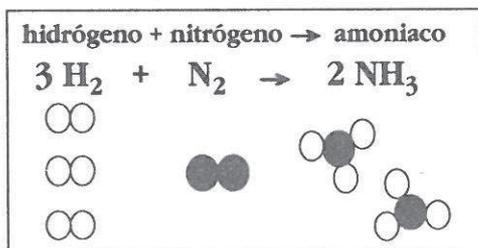


Fig. 3. Diferentes formas habitualmente utilizadas en los textos para representar una reacción.

pues de estos dibujos deben estar confusos, si en otros contextos se les han presentado de manera correcta las distancias entre las partículas para los sólidos, líquidos y gases.

Representación de las reacciones

Una herramienta habitual para clarificar las reacciones químicas es utilizar círculos de diferentes colores (figura 3). La ventaja es que ayuda a clasificar los diferentes átomos en una reacción. La desventaja es que puede ayudar a mantener una concepción aditiva. Se obtiene la impresión visual de que la molécula de amoníaco es un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno juntos, más que una nueva molécula con otras propiedades que son diferentes a las de los átomos que la forman (ver figura 3).

Pfundt (1981) indica que los niños creen que los átomos se forman a partir de la materia continua y la ilustración de la figura 4 les puede confirmar su concepción cotidiana (ver figura 4).

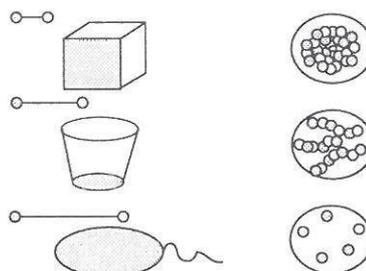


Fig. 2. Ejemplo de ilustración de un libro de texto de 7º de EGB con discutibles distancias entre las partículas.

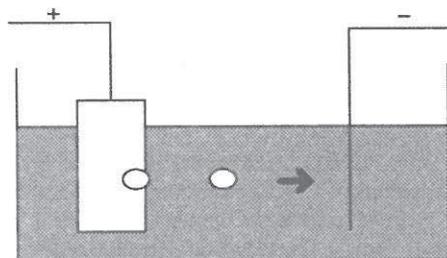


Fig. 4. Ilustración de un texto sobre la electrólisis del cobre con impurezas (tomado de Andersson, 1990).

El uso poco preciso del lenguaje

Autores como Herron (1977, 1978, 1979), de forma reiterada, han llamado la atención con respecto al escaso cuidado con que se utiliza en ocasiones el lenguaje en los textos y se pregunta si los términos químicos están definidos de forma tan precisa como habitualmente creemos.

En la misma línea, Selley (1978) advierte del lenguaje utilizado por algunos libros, y quizás por los profesores, con respecto a una clara distinción entre las sustancias y los átomos y moléculas, y presenta muchos ejemplos entre los cuales se pueden citar:

"... los tones hidrógenos son reducidos a gas hidrógeno",

"... la síntesis de moléculas complicadas a partir de substancias más simples..."

"... cuando el bromuro de plomo es electrolizado, los iones plomo se convierten en plomo metal".

Finalmente presenta una clasificación de distintos términos según el nivel al que pertenecen (nivel fenomenológico o al de los modelos), poniendo de manifiesto que esta clasificación presenta lagunas y dudas en las relaciones entre algunos términos, e incidiendo así en el problema de la precisión del lenguaje utilizado en Química, ya mencionado por algunos autores (Herron, 1977).

Andersson (1990) comenta otro ejemplo:

"El profesor de Química dice que el agua consta de hidrógeno y oxígeno, pensando en la molécula de agua que está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Pero los niños que utilizan su concepto cotidiano, puede fácilmente pensar que el agua es una mezcla de hidrógeno y oxígeno. Macroscópicamente, es incorrecto decir que el agua se compone de hidrógeno y de oxígeno. El agua es sólo agua y nada más. No tiene

ninguna de las propiedades del hidrógeno y del oxígeno, sino que es una sustancia única. Si queremos ayudar a los niños a distinguir entre modelo y observaciones entonces es necesario escoger las palabras con cuidado".

Finalmente, se puede resaltar otro problema, referente a la polisemia con que un término es utilizado según el contexto, dependiendo su significado del nivel de descripción que se utiliza. Los siguientes ejemplos, recogidos en Llorens (1987), presentan los distintos significados con que se utiliza la palabra "partícula" en un mismo libro de texto:

*"... moléculas son las **partículas** más pequeñas que pueden existir libres conservando las propiedades de la substancia de procedencia".*

*"... en esencia, un átomo está formado por dos partes: una parte central llamada núcleo, formado por la reunión de otras **partículas** más pequeñas llamadas nucleones...".*

*"**Partícula:** es la parte más pequeña en que se puede dividir un cuerpo, empleando medios mecánicos, tales como la molienda, limado, etc.".*

En otros caso nos encontramos que, tras haber citado la expresión "elemento" refiriéndose implícitamente al concepto de elemento químico, se afirma: "... ya hemos mencionado los tres elementos del átomo: protones, neutrones y electrones".

Creemos que estos ejemplos son, de por sí, suficientemente ilustrativos de la importancia de la precisión del lenguaje en los textos y las clases de Química.

Consideraciones finales

El volumen de investigación actualmente disponible nos permite trascender de la identificación y descripción, más o

menos exhaustiva de las ideas de los alumnos sobre conceptos o fenómenos específicos, de los primeros trabajos, para situarnos en el diagnóstico de los grandes problemas que comprometen la naturaleza del aprendizaje que los alumnos son capaces de desarrollar, y que superan el ámbito de conceptos particulares, impregnando a toda la Química.

Al avanzar en estudios de este tipo se puede apreciar que el problema de las ideas de los alumnos y su papel en el aprendizaje no es exclusivo del marco del alumno (sus experiencias cotidianas, su percepción de los fenómenos, la formas de comunicar sus ideas ...). Por el contrario, tal y como se ha señalado, en él también tienen su parte de responsabilidad los trabajos que se realizan en el marco netamente "escolar", incluyendo en él a profesores y materiales curriculares.

El análisis presentado asume que el hecho de reconocer la diversidad de incidencias en el pensamiento científico de los alumnos es la mejor manera de acercarse a las tareas de enseñanza-aprendizaje con planteamientos que atiendan a las fuentes de complejidad y se alejen de visiones simplistas.

Con respecto a los profesores, sin olvidar otras cuestiones que pueden ser igualmente influyentes en el aprendizaje, el conocimiento de los aspectos analizados como posibles barreras en el aprendizaje puede ayudarles a plantear su enseñanza de forma que los alumnos puedan superarlas.

REFERENCIAS

- ANDERSSON, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16), *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B. y SILBERSTEIN, J. (1986). Is an atom of copper malleable?, *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64-66.
- BROOK, A.; BRIGGS, H. Y DRIVER, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*, CLIS Project, University of Leeds, Leeds.
- BULLEJOS, J.; CARMONA, A.; HIERREZUELO, J.; MOLINA, E.; MONTERO, A.; MOZAS, T.; RUIZ, G.; SAMPEDRO, C. y VALLE, V.; (1992). *Ciencias de la Naturaleza, Educación Secundaria, Ciclo 12-14, 1º curso*, Ed. Elzevir, Vélez-Málaga.
- CASSELLS, J. y JOHNSTONE, A. (1983). The meaning of words and the teaching of chemistry, *Education in chemistry*, January, 10-11.
- CARR, M. (1984). Model confusion in Chemistry, *Research in Science Education*, 14, 97-103.
- DRIVER, R. (1989). Más allá de las apariencias, Capt. 8 en DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHIE, A.; *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, MEC-Morata, Madrid.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIGERGHIE, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC.-Morata, Madrid.
- DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*, Routledge, London and New York.
- FURIO, C. (1986). Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 73-77.
- GABEL, D.; SAMUEL, K. y HUND, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter, *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- HERRON, J. (1977). Are chemical terms well defined?, *Journal of Chemical Education*, 54, 758.
- HERRON, J. (1978). Response to "Are chemical terms well defined?", *Journal of Chemical Education*, 55, 393-394.
- HERRON, J. (1979). Hey, watch your language! *Journal of Chemical Education*, 56, 330-331.
- HIERREZUELO J. y MONTERO, A. (1989). *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y Química*, LAIA/MEC., Barcelona
- HIERREZUELO, J.; PRIETO, T.; MOLINA, E. y BULLEJOS, J. (1994). Evaluación de una unidad didáctica sobre las propiedades de la materia, *Revista de Educación del MEC.*, 305, 395-428.

- JOHNSTONE, A. (1982). Macro and microchemistry, *Chemistry in Britain*, 18(6), 409-410.
- JOHNSTONE, A. y CASSELS, J. (1978). What's in a word?, *New Scientist*, 18 May, 432-434.
- KLEINMAN, R.; GRIFFIN, H. y KERNER, N. (1987). Images in Chemistry, *J. Chem. Educ.*, 64(9), 766-770.
- LEE, O.; EICHINGER, D.; ANDERSON, C.; BERKHEIMER, G. y BLAKESLEE, T. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- LLORENS, J. (1987). *Propuesta y aplicación de una metodología para analizar la adquisición de los conceptos químicos necesarios en la introducción a la teoría atómico-molecular: percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de Formación Profesional y Bachillerato*, Tesis doctoral, Universidad de Valencia.
- LLORENS, J. (1988). La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la Escuela*, nº 4, 33-48.
- LLORENS, J. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*, Aprendizaje Visor, Madrid.
- MEHEUT, M.; SALTIEL, E. y TIBERGHIE, A. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion, *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- OSBORNE, R. Y COSGROVE, M. (1983). Children's conceptions of the changes of states of water, *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- OSBORNE, R.; COSGROVE, M. y SCHOLLUM, B. (1982). Chemistry and the Learning in Science project, *Chemistry in New Zealand*, 46(5), 104-107.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in Science, The implications of children's science*, Heinemann, New Zealand.
- PFUNDT, H. (1981). The atom- the final link in the division process or the first building block? *Chimica didattica*, 7, 75-94.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1994). *Bibliography students alternative frameworks and science education*, Institute for science education, IPN., 4ª Ed. Kiel, Germany.
- POZO, J.; GOMEZ, M.; LIMON, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química*, C.I.D.E., Madrid.
- SANMARTI, N. (1989). *Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost*, Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- SCHOLLUM, B. y OSBORNE, R. (1985). Relating the new to the familiar, capt. 5 en OSBORNE, R. y FREYBERG, P.: *Learning in Science. The implications of children's science*, Heinemann, London.
- SELLEY, N. (1978). The confusion of molecular particles with substances, *Education in Chemistry*, 15(5), 144-145.

SUMMARY

Some problematic areas in understanding of chemistry have been identified and characterised. Taking into account students' ideas about a set of phenomena which are included in school chemistry, we analyse how students' difficulties in their understanding can be categorised in these areas.

RÉSUMÉ

Plusieurs zones problématiques pour la compréhension de la Chimie ont été identifiées et caractérisées. A partir des données relatives aux idées que se font les élèves des phénomènes inclus dans la chimie scolaire, on analyse comment les difficultés pour la compréhension configurent les zones identifiées.