

# LA TEORÍA CINÉTICO-CORPUSCULAR DE LA MATERIA Y SU JUSTIFICACIÓN EN EL CURRÍCULUM OBLIGATORIO

*Alicia Benarroch Benarroch*

E.U. de Formación del Profesorado de Melilla

## **RESUMEN**

La naturaleza corpuscular de la materia es un contenido sistemático en la educación obligatoria. La selección del mismo no siempre obedece a una única causa. Por el contrario, en este trabajo se argumenta que al menos se podrían usar tres tipos de criterios distintos para justificar su aprendizaje. Los hemos denominado pragmático, psicológico y epistemológico, respectivamente. Cada uno de ellos lleva aparejado una perspectiva distinta de las metas u objetivos por los que se enseñan las ciencias. Estos criterios, sin embargo, no son explícitos en los libros de texto y creemos que tampoco en los profesores, dando lugar a deficiencias en su enseñanza.

## **ABSTRACT**

The corpuscular nature of matter is a systematic content in compulsory education. This selection is not always due to only one reason. On the contrary, this paper argues that at least, three different types of criteria could be used in order to justify its learning. They have been respectively called pragmatic, psychologic and epistemologic. Each one implies a different perspective of the targets or goals for which sciences are taught. However, these criteria are not made explicit in text books nor by teachers, what gives rise to teaching faults.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los tópicos sobre los que más se ha investigado en la línea de las concepciones durante los últimos quince años, se refiere al uso que hacen los alumnos de ideas corpusculares de la materia para resolver cuestiones de la vida cotidiana. Precisamente, uno de los primeros trabajos fue el de Doran (1972), preocupado por obtener buenos distractores en los ítem destinados a valorar la aceptación de la naturaleza atomística de la materia. Ya Furió (1986) señaló la abundancia relativa de este tópico respecto a otros en el área de la Química. La justificación de esta área de investigación suele realizarse enfatizando los siguientes motivos (no necesariamente disyuntivos):

1. Por ser uno de los **principales objetivos educativos** de la mayor parte de los currícula de ciencias de los cursos superiores de la enseñanza básica (Mitchell y Kellington, 1982; Gabel y otros, 1987; CLIS, 1987).
2. Por ser de importancia primordial para la **Ciencia Actual** y para toda explicación causal de cualquier tipo de cambio material, que toda la materia está compuesta por partículas y que no es continua (Nussbaum, 1989).
3. Por su poder explicativo y predictivo, y, por tanto, por la capacidad de economía mental que supone la utilización de modelos de partículas, para explicar **cuestiones de la vida cotidiana** (Brook y otros, 1984).
4. Por su potencialidad para favorecer el **trabajo con modelos físicos**, acercando la actividad del alumno a la actividad científica (Seré, 1990) (Barboux y otros, 1987) (De Vos, 1990).
5. Para clarificar **confusiones de conceptos macroscópicos** (energía interna y calor, voltaje y corriente...) (Licht, 1990) (Valcárcel y otros, 1990).
6. Como requisito indispensable para la **iniciación en el ámbito de la Química** (Llorens, 1987, 1989) (Pozo y otros, 1991).
7. Para poder desarrollar el **mundo conceptual de la Biología** (Halldén, 1990).
8. Por sus influencias sobre los procesos ecológicos, imprescindibles en la **Educación Ambiental** (Helldén, 1995).

9. Por ser un ámbito que ilustra cómo se pueden utilizar los esquemas epistemológicos para seleccionar y secuenciar la instrucción en ciencias (Duschl, 1997).

En nuestro país, la importancia de este contenido se ve reflejada en los currícula de los niveles de Secundaria Obligatoria:

*«Bloque de contenidos: Diversidad y Unidad de la Materia.*

*Con este bloque de contenidos se pretende llegar a explicar la naturaleza discontinua de la materia mediante el modelo corpuscular y, así, poder justificar las propiedades de los estados de agregación y especialmente las de los gases.»*

(MEC. 1989. *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria.* Servicio de Publicaciones del MEC. Madrid. p.125)

*«En el primer ciclo se trata del conocimiento de las propiedades macroscópicas de los distintos estados de agregación así como de los cambios de estado.(...) Cuando los alumnos hayan trabajado sobre los aspectos anteriores es posible pasar a un modelo interpretativo para los gases, con una estructura discontinua como partículas discretas.»*

(Junta de Andalucía. 1989. *Diseño Curricular de Ciencias de la Naturaleza.* Consejería de Educación y Ciencia. Sevilla. p.61).

Vemos que en ambos casos se propone el modelo corpuscular en los niveles de 12-14 años. En el cuadro 1 puede verse el conjunto de ideas básicas y principios que constituyen la teoría y que suelen ser objetivos primordiales en la educación obligatoria. Parece lógico que nos preguntemos: ¿qué justifica esta pronta introducción en los niveles obligatorios? ¿Es este tópico fundamental para la vida cotidiana de cualquier persona? A nuestro parecer, son tres los motivos principales que justifican la inclusión de este tópico en los niveles obligatorios de la educación científica, que abordaremos a continuación:

- a) La potencialidad de la teoría cinético-corpuscular para la resolución de cuestiones físicas de la vida cotidiana,
- b) como introducción al mundo conceptual de la Química, y
- c) como iniciación al trabajo científico.

1. El comportamiento de las sustancias materiales puede explicarse si se asume que la **materia está constituida por pequeñas partículas** indeformables, indivisibles y de masa invariante.
2. Entre partícula y partícula no hay nada. Es **vacío**. La distancia entre partículas es del orden de doce veces mayor en los gases que en los líquidos y sólidos.
3. Las partículas están en movimiento permanente, llamado agitación térmica, en los sólidos, líquidos y gases. Para una misma sustancia, este movimiento es de mayor energía en estado gaseoso que en estado líquido, y mucho menor en el sólido.
4. Las partículas están sujetas a interacciones mayores en los sólidos que en los líquidos y mucho mayores que en los gases.
5. La temperatura es una propiedad del conjunto de las partículas proporcional a la energía cinética media de las mismas. Cuando una sustancia eleva su temperatura, ello ocurre porque aumenta la energía de sus partículas. Ello equivale a decir que se mueven con una velocidad media mayor.
6. La presión ejercida por un gas sobre una superficie es el resultado del bombardeo de la superficie por muchas partículas. Es función del número de partículas, de la masa y de la velocidad media de las mismas.
7. La difusión de una sustancia se debe al comportamiento al azar de las partículas individuales. La velocidad de difusión es mayor para los gases más ligeros que para los pesados.

Cuadro 1: *Posible relación de las principales nociones hipotéticas de la teoría cinética corpuscular, extendida a sólidos, líquidos y gases, introducida en los niveles obligatorios*

Probablemente, la apuesta por alguna de estas opciones no sea explícita en muchos casos, y sin embargo, como veremos a continuación para ciertos libros de texto, lleva aparejada una selección y secuenciación distinta de contenidos. Desde nuestro punto de vista, es conveniente una discusión abierta sobre los objetivos curriculares que se han de perseguir en los distintos niveles de la educación obligatoria para la teoría cinético-corpuscular, lo que ayudaría al profesor a tomar sus propias decisiones, y, en consecuencia, diseñar sus unidades didácticas y su intervenciones educativas.

#### **JUSTIFICACIÓN 1: La potencialidad de la teoría cinético-corpuscular para la resolución de cuestiones físicas de la vida cotidiana**

El primero de estos apartados incide directamente sobre la utilidad de este tópico para ayudar al alumno a comprender mejor el mundo que le rodea. En efecto, permite resolver cuestiones cotidianas relacionadas con:

- La diferencia de comportamientos entre sólidos, líquidos y gases. Por ejemplo:

- ¿Por qué el aire es compresible y el agua no?
- ¿Por qué los fluidos adoptan la forma del recipiente que los contiene y los sólidos tienen forma fija?, etc.

- El comportamiento de los gases. Así:

- ¿Por qué crece la presión de las ruedas de un automóvil los días calurosos o cuando se lleva un cierto tiempo de marcha?
- ¿Qué provoca el desplazamiento del olor?
- ¿Por qué no sentimos la presión del aire? ¿Qué ocurre al subir o bajar por una cuesta?
- ¿Cómo funciona una escopeta de aire comprimido?
- ¿Qué le pasaría a una lata de aceite vacía si le sacamos el aire que tiene dentro?
- Si caliento una olla «a presión» sin válvula de escape, explota, ¿por qué?...

- Dilataciones de sólidos y líquidos. Por ejemplo:

- ¿Cómo podemos destapar un bote de mermelada cuya tapadera está fuertemente enroscada?
- ¿Por qué las vías del tren tienen pequeñas separaciones a lo largo de los rieles?
- ¿Qué es un camión cisterna? ¿Para qué sirven las cámaras de expansión?
- ¿Por qué se puede romper una botella gruesa de vidrio cuando se vierte en ella agua hirviendo?

- Fenómenos moleculares de los líquidos:

- ¿Cómo se explica que algunos insectos puedan andar sobre el agua?
- ¿Cómo se explica que la superficie libre del agua en una probeta tenga forma cóncava?
- ¿Por qué es esférica una gota?
- ¿Por qué la miel fluye más lentamente que el agua?

- Cambios de estado:

- ¿Por qué, al sacar una botella de agua del congelador y dejarla sobre la mesa, se produce un surco de agua a su alrededor?
- Si un plato mojado se deja sobre una mesa después de fregarlo, al cabo de un rato está seco. ¿Qué le ocurre al agua que no se queda sobre la mesa?
- ¿Cómo funciona una olla «a presión»?
- ¿Por qué se seca más rápidamente la ropa en un día cálido que en un día frío?

- Disoluciones:

- ¿Por qué el cacao en polvo se disuelve más rápidamente en leche caliente que en leche fría?
- ¿Por qué se disuelve antes el azúcar en polvo que el azúcar en terrones?
- ¿Por qué al mezclar agua y alcohol el volumen resultante no es la suma de los dos volúmenes primeros?

En resumen, se puede ver que la teoría cinético-corpúscular permite prever y explicar una gran cantidad de fenómenos cotidianos del alumno. Las investigaciones didácticas relacionadas con estos fenómenos han puesto de manifiesto reiteradamente la necesidad de dotar al alumno de esquemas explicativos en términos de esta teoría. Por ejemplo, así lo estiman Blanco (1995), en relación con las disoluciones; Osborne y Cosgrove (1983), Stavy y Stachel (1985), Bar y Galili (1994), en relación con los cambios de estado; Stavy (1988), en relación con los gases, etc.

### **JUSTIFICACIÓN 2: La teoría cinético-corpúscular como introducción al mundo conceptual de la Química**

En reiteradas ocasiones, se ha afirmado que la teoría cinético-corpúscular es uno de los núcleos conceptuales fundamentales en la comprensión de la naturaleza química de la materia (Llorens, 1991; Pozo y otros, 1991; Gómez Crespo, 1996; Ben-Zvi y otros, 1990). A pesar de esta reiterada aseveración, hay quienes piensan que la enseñanza de la Química no requiere la teoría cinético-corpúscular en una primera aproximación. Así, Millar (1990) señala que se debería tomar como punto de partida las experiencias diarias de los chicos adolescentes (14-16 años), donde es suficiente una «teoría ingenua de la materia», que es una teoría tecnológica y no científica. Sugiere que la teoría cinético-corpúscular, por más que interese desde el punto de vista científico, no es útil para estos alumnos a la hora de tomar decisiones en su vida cotidiana o sobre ideas sociales.

Sin embargo, los currículos oficiales no opinan de esta manera, insistiendo en la utilidad de la teoría cinético-corpúscular en la iniciación en el ámbito conceptual de la Química:

*«Bloque de contenidos: La estructura de las sustancias»*

*Los contenidos de este bloque suponen un **avance** respecto al modelo corpúscular para explicar la estructura de la materia, ya que se pretende que sea el concepto de*

*átomo, como componente diferenciador de cada elemento químico, el que explique la estructura concreta de las sustancias más importantes y sus características».*

(MEC. 1989. *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria*. Servicio de Publicaciones del MEC. Madrid. p.127)

*«Habrà dos niveles de conceptualización diferente que corresponderán a los dos ciclos de la etapa. En el primer ciclo...es posible pasar a un modelo interpretativo para los gases, con una estructura discontinua como partículas discretas.(...). En el ciclo 14-16 años es conveniente llegar al modelo atomista de Dalton.»*

(Junta de Andalucía. 1989. *Diseño Curricular de Ciencias de la Naturaleza*. Consejería de Educación y Ciencia. Sevilla.pp.60-63).

El requisito de la teoría cinético-corpúscular de la materia en la iniciación al ámbito conceptual de la Química encuentra su razón de ser en argumentos didácticos, pues desde el punto de vista epistemológico e histórico, no parece que este requerimiento sea tan patente.

En efecto, la teoría atómica de Dalton es heredera de una tradición o visión de la materia, que se ha dado en llamar corpuscularismo químico (Solís, 1985), cuyo desarrollo histórico se muestra independiente e incluso competitivo con el desarrollo del mecanicismo corpuscular, tradición que daría lugar a la teoría cinético-corpúscular de la materia. De hecho el mecanicismo corpuscular no sería «universalmente» aceptado hasta ya entrado el siglo XIX, después de su desarrollo matemático por Maxwell (1831-1879) y Boltzmann (1844-1906) y después de que Perrin (1870-1942) aplicara en 1908 las ecuaciones del movimiento browniano de Einstein para calcular el tamaño de las partículas. El avance empírico de la Química sucedió al margen de dichas disquisiciones. De hecho, podemos apreciar «concepciones alternativas» sobre la naturaleza corpuscular de la materia en químicos tan prestigiosos como Lavoisier y Dalton. Por ejemplo, Lavoisier distingue entre cuerpos porosos y no porosos. *«Los primeros están constituidos por el apilamiento de partículas elementales que se tocan por todas las superficies y los segundos los imaginó como un apilamiento que deja vacíos entre las partículas»* (Cid, 1980). Dalton consideró que los átomos de su teoría atómica eran dilatables con el calor, aspecto que contradice la hipótesis primera de la teoría cinético-corpúscular de la materia.

Desde el punto de vista epistemológico también ocurre así: no es imprescindible una visión mecanicista de la materia (visión física) para interpretar el mundo químico. Es más, el átomo físico y el átomo químico incluyen opciones epistemológicas distintas.

El primero es teórico; el segundo es empírico (Ten Voorde, 1990). En consecuencia, es posible de modo paralelo a como ocurrió en la Historia de la Ciencia, una introducción al mundo de la química, estudiando de modo empírico el comportamiento de los gases y las leyes de las reacciones químicas, para llegar al concepto daltoniano de átomo como «la porción de masa más pequeña por unidad de volumen» de cada elemento que interviene en dichas reacciones. Por tanto, se podría desarrollar la química sin necesidad de teoría de partículas.

Podemos suponer, por tanto, que las razones didácticas que sugieren esta prioridad de la teoría de partículas sobre el ámbito conceptual de la Química, son fundamentalmente psicológicas y no epistemológicas. Estas últimas sugieren que el concepto de partícula debe ser desarrollado en un contexto no empírico, sino teórico, importante en sí mismo, como veremos en el apartado siguiente, y no como requisito en la iniciación al currículum de la Química.

### **JUSTIFICACIÓN 3: La teoría cinético-corpúscular como iniciación al trabajo científico**

Un tercer grupo de justificaciones a la importancia curricular de la teoría cinético-corpúscular es el que hace hincapié en la posibilidad que esta teoría ofrece para iniciar al alumno en el ámbito de los modelos y teorías, y, en general, en la naturaleza del conocimiento científico. Veamos algunas aseveraciones:

*«No es muy importante en un primer nivel de la Secundaria Obligatoria, qué modelo corpúscular han de aprender los niños. Es más importante someterlos a la incertidumbre y las tentativas que son características de estos modelos; esto es, cómo se puede trabajar con ideas sin estar seguros de si son o no correctas. El trabajo con modelos no es sólo un reto intelectual sino también emocional.»* (De Vos, 1990).

*«Los procesos de construcción y de utilización de modelos tienen un lugar importante en la actividad del físico; parece útil desarrollar desde muy temprano en los niños una actitud de modelización y de adquisición de los procesos intelectuales puestos en juego en la modelización»* (Barboux y otros, 1987, p.1).

*«El surgimiento de los enunciados teóricos que contribuyeron a nuestra interpretación de que la materia es de naturaleza corpúscular y obedece a reglas que llevaron*



*al desarrollo de la tabla periódica, es un excelente ejemplo en el que aplicar nuestros esquemas epistemológicos» (Duschl, 1997, p. 119)*

Estos autores defienden el trabajo con modelos científicos por su propia visión epistemológica de la ciencia, lo que les lleva a propugnar asimismo un desafío intelectual para el alumno. El objetivo de trabajar con la teoría cinética no sería la teoría en sí, desde el punto de vista conceptual, sino su capacidad para mejorar el razonamiento de los alumnos, de potenciar su capacidad de «invención» para hacer los fenómenos más comprensibles, de comprender la naturaleza del conocimiento científico. Esto les lleva a prestar mucha atención a distintos modelos y a las «reglas de correspondencia» o «relaciones semánticas» entre uno y otro modelo.

Como dice Nussbaum (1989), la teoría cinética de partículas es una estructura adicional conectada por muy diversas relaciones con una red primaria de conceptos de «sentido común». Estos conceptos son considerados «de sentido común» porque evolucionan de manera relativamente acompasada con la experiencia directa con los fenómenos físicos. Veamos algunos ejemplos de estos conceptos y de sus interrelaciones:

- Los cuerpos pueden ejercer fuerzas.
- El volumen aumenta cuando lo hace la temperatura.
- La materia aparece en forma sólida, líquida o gaseosa.

Estos conceptos de «sentido común» y las relaciones entre ellos han constituido siempre el centro de la curiosidad intelectual y de las investigaciones físicas. En el transcurso de la historia de la ciencia han sido propuestas y defendidas diversas teorías en relación con estos conceptos, siendo la teoría cinética de partículas la única aceptada normalmente por la moderna comunidad científica. Por tanto, la teoría cinética de partículas se presenta como una estructura adicional de nociones hipotéticas conectada por muy diversas relaciones con la red anterior de conceptos, explicándolos a ellos y a sus interrelaciones. Por ejemplo, la presión, que puede ser correctamente sentida, se explica como el resultado de las colisiones entre partículas; la temperatura como medida de la velocidad media de las mismas, etc.

Por tanto, el trabajo con la teoría cinética es el trabajo con construcciones intelectuales basadas sobre suposiciones que superan la observación directa.

Los investigadores que defienden esta justificación curricular suelen defender

métodos no inductivos de enseñanza, al considerar que las construcciones teóricas no pueden alcanzarse en contextos empíricos. Cierta grupo defiende estrategias axiomáticas: «*Los alumnos son animados a interpretar los fenómenos utilizando un modo de representación icónico, habiendo sido introducido por el profesor el carácter elemental de las partículas (indivisibles, indeformables y de masa invariante). No pudiendo recurrir a la variabilidad de las partículas, les resulta necesario inducir una variabilidad en la relación entre las mismas*» (Barboux y otros, 1987, p. 26). Se trata de una estrategia axiomática que podría tener distintos resultados que una estrategia inductiva.

Otro grupo defiende estrategias históricas: «*El enfoque histórico proporciona algunas perspectivas sobre qué contenidos seleccionar y cómo secuenciarlos[...]. Una tarea importante es presentar significativamente las bases de lo que sabemos en ciencia y cómo hemos llegado a saberlo*» (Duschl, 1997, p. 118).

Pero tanto unos como otros apuestan por la existencia de criterios racionales que guían la elección de teorías; dicho de otra forma, aun reconociendo la influencia de factores sociales, económicos y de otro tipo en la actividad científica, argumentan que las teorías que han triunfado sobre sus competidoras deben este triunfo a la existencia de determinados criterios, aun si estos no siempre son explícitos. Mostrar que estos criterios existen y que son los mismos en el desarrollo científico y en el desarrollo de la comprensión del mundo en el estudiante, es el objetivo primordial de los defensores de esta corriente.

### **¿QUÉ OPCIÓN DE JUSTIFICACIÓN CURRICULAR SE ADOPTA EN LOS LIBROS DE TEXTO?**

En el apartado anterior hemos visto que la teoría cinético-corpúscular de la materia se suele introducir en el currículum obligatorio justificándolo desde diferentes ópticas. En este apartado, trataremos de ver someramente si esta circunstancia ha alcanzado a los libros de texto, y de ahí a la realidad escolar, suponiendo que ésta se nutre fundamentalmente de aquéllos. Al menos, en nuestro contexto, y, a pesar de las tan reiteradas manifestaciones y deseos ministeriales sobre la diversificación de materiales curriculares, la realidad escolar sigue nutriéndose en primera instancia, si no es la única, de este medio escrito como material didáctico.

En un trabajo anterior realizado por nosotros (Benarroch, 1990), se analizaba el tratamiento que se daba a este tópico en veintinueve libros de texto, pertenecientes a siete conjuntos completos de 6º a 8º de EGB de una misma editorial. Pretendíamos saber si

había alguna relación entre dicho tratamiento y las concepciones de los alumnos sobre este tópico. Trataremos de señalar algunas conclusiones:

- En los libros de texto hay importantes ausencias conceptuales referidas a las hipótesis principales que constituyen la teoría. En concreto, la referencia al vacío entre partículas es prácticamente absoluta (excepto en uno de los veintidós libros estudiados) y las fuerzas entre partículas parecen no existir en tres de las siete editoriales.

Con respecto al movimiento de las partículas, una editorial no lo menciona, otra lo hace sólo para los gases y el resto da la impresión de una verdadera confusión en los tipos de movimientos asignados a las partículas en los distintos estados de agregación. Aunque no resulte fácil generalizar al respecto<sup>1</sup>, tampoco creemos que puedan justificarse las generalizaciones apriorísticas realizadas.

En cuanto al espaciado entre las partículas constituyentes de sólidos, líquidos y gases, si la separación estimada es del orden de 1:1:12, las representaciones realizadas la subestiman enormemente para los gases.

- Las estrategias usadas para la introducción del modelo de partículas eran tres: la vía de la división mecánica de los sólidos (tres series), la vía de la disolución (dos series) y la vía de la difusión de gases (tres series). Una editorial no utilizaba ninguna estrategia para la introducción del modelo. Decíamos entonces que *«quizás sean estrategias útiles para demostrar que la materia continua puede dividirse en pequeñas partículas pero no para comprobar que la materia misma está formada por partículas»*, como también Pfundt (1981) ha señalado. Nos preguntábamos por qué no se rescataba el comportamiento de los gases, similarmente a lo ocurrido en la Historia de la Ciencia.

- En cuanto a los fenómenos y situaciones que, posteriormente a la introducción del modelo, se proponían para ser explicados con él, ayudando a la adquisición de su significado y a la generalización y la transferencia de su aprendizaje, señalábamos

<sup>1</sup> Los gases ideales monoatómicos poseen sólo energía traslacional; los diatómicos, como Hidrógeno, Monóxido de Carbono, etc., a temperaturas ordinarias se trasladan y rotan, y los poliatómicos no lineales poseen grados de libertad traslacionales, vibracionales y rotacionales. Para los sólidos, se admite como única energía cinética, la vibracional y así un sólido con N átomos es modelizado con un sistema de N osciladores armónicos (estudios más profundos introducen correcciones de anarmonicidad). Mucha mayor indecisión hay para los líquidos que es el estado de agregación menos conocido hasta el momento.

que, de los siete fenómenos comúnmente citados (disoluciones, difusiones, presión en fluidos, dilataciones, cambios de estado, variaciones de temperatura), sólo dos editoriales aplicaban el conocimiento aprendido a todos ellos, mientras que el resto se manifestaba con pocas intenciones de generalización.

Concluíamos entonces diciendo que *«si suponemos que nuestra enseñanza está regida por los libros de texto, hemos de concluir que las dificultades de los alumnos con la naturaleza de la materia están fuertemente influidas por el hecho de no tener en cuenta los resultados de la investigación didáctica.»*

Sin embargo, hemos de señalar que esta situación ha cambiado. Los manuales diseñados para la Educación Secundaria Obligatoria hacen un tratamiento que carece, en general, de las limitaciones antes señaladas para los libros de texto de EGB. Eso es lo que al menos parece sugerir el análisis del desarrollo didáctico que hacen las dos series de 1º y 2º de ESO pertenecientes a dos editoriales distintas (cuatro libros) sobre este tópico (Carrión y otros, 1996; Sánchez y otros, 1996).

En ambas, la introducción de la teoría se hace para explicar el comportamiento macroscópico diferenciado de sólidos, líquidos y gases (referido a la constancia del volumen y a la adaptación de la forma). A continuación, se trabajan más extensamente las propiedades de los gases, las cuales se explican con la ayuda del modelo. Una de esas editoriales propone nuevas situaciones para ser reiteradamente explicadas con el nuevo modelo, en concreto, la fase líquida, la fase sólida, los cambios de estado y las dilataciones. La otra, en cambio, pasa al estudio de elementos y compuestos, introduciendo la teoría atómica de Dalton a continuación.

Por tanto, por un lado, ya no se detectan las ausencias conceptuales significativas de las hipótesis principales que conforman el modelo, ni estrategias inductivas que pueden conducir a amalgamas de concepciones en la asimilación del contenido. Sin embargo, por otro lado, el distinto tratamiento realizado en ambas editoriales, parece sugerir que sus autores tienen visiones diferentes sobre la utilidad del modelo cinético-corpúscular de la materia en el ámbito curricular.

En un caso (Carrión y otros, 1996), no se hace alusión alguna al estatus de modelización que suponen las hipótesis implicadas, sino que éstas son simplemente presentadas como descripciones tan objetivas como el distinto comportamiento macroscópico de sólidos, líquidos y de gases. Las generalizaciones en el campo de

referencia son muy escasas y tampoco se explicitan los criterios por los cuales se hace necesario pasar a un nuevo modelo de átomos y moléculas. Todo parece indicar que el **objetivo curricular es la introducción en el ámbito de la Química**. De hecho, los epígrafes sucesivos de la unidad son:

- Estados de la materia
- Mezclas y sustancias puras
- El estado gaseoso: presión y temperatura
- Elementos y compuestos
- Los átomos y la discontinuidad de la materia
- Clasificación de los elementos químicos: el sistema periódico
- Naturaleza eléctrica de la materia.

En otro caso (Sánchez y otros, 1996), en cambio, previamente se presenta el concepto de modelo científico: *«Los científicos inventan ideas o representaciones que nos ayudan a imaginar cómo debe ser y cómo se debe comportar lo que no observamos directamente. A esto lo llamamos modelo científico.»* A continuación, toda la unidad está dedicada a estudiar los fenómenos que componen el campo de referencia de la teoría cinético-corpúscular. Sólo después de ello, se procede, en la unidad siguiente, al estudio de la teoría atómica de Dalton, aclarando las reglas de correspondencia entre ambas teorías. Este tratamiento parece sugerir que la **opción curricular es la potencialidad para resolver cuestiones de la vida cotidiana y para iniciar al alumno en el ámbito de los modelos científicos**.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Hemos intentado mostrar que los objetivos que se persiguen con la enseñanza del contenido de la naturaleza corpúscular de la materia en la educación obligatoria pueden ser de tres tipos (frecuentemente no disyuntivos):

a) un objetivo que podríamos llamar pragmático, asociado la utilidad que en sí mismo tiene el contenido para solucionar cuestiones de la vida cotidiana. Este propósito emparenta con la necesidad de que la enseñanza de la ciencia conlleve una componente de utilidad social, tanto a nivel de conocimientos como de actitudes (Solbes, Nebot y Ribelles, 1993; Solbes y Vilches, 1993; MEC; 1989).

b) Un segundo objetivo -denominado objetivo psicológico- deriva de que la naturaleza corpuscular de la materia es uno de los prerequisites conceptuales de la enseñanza de la Química. Una parte importante de los contenidos de química en la educación secundaria está dedicada a explicar la naturaleza y las propiedades de la materia y los cambios que ésta puede experimentar. Todos los modelos de materia que se estudian la conciben formada por pequeñas partículas que se encuentran en continuo movimiento e interacción, y entre las que no existe absolutamente nada. Son la naturaleza de las partículas constituyentes, las distancias entre las mismas, la intensidad de las interacciones, etc. las que van definiendo los distintos modelos de materia y sus dominios de validez (Benarroch, en prensa). No es de extrañar que éste sea el núcleo conceptual que más dificultades entraña para su aprendizaje (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

c) La última de las tres justificaciones al aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia deriva de la idoneidad del contenido para el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia. Comprender los modelos y las teorías científicas, las reglas o los criterios por los que unas teorías van siendo sustituidas por otras, diferenciar entre los dominios de validez de los distintos modelos, etc. son aspectos fundamentales en esta vertiente. Nos referiremos a ella como objetivo epistemológico.

También hemos tenido ocasión de ver, aunque sea de forma somera, que en los libros de texto se adoptan determinadas posturas en favor de unas metas y en detrimento de otras. Esto implica diferencias en la extensión del libro dedicada al contenido, y, sobre todo, en el discurso utilizado, que adopta tendencias tecnológicas, psicológicas y epistemológicas, respectivamente, según el objetivo primado.

Cabe preguntarse si los profesores de ciencias entienden cuáles son las metas y si éstas son abordadas en los programas actuales. Desde nuestro punto de vista, la respuesta a estas dos preguntas es negativa. A lo sumo, los profesores de ciencias tienen abundantes datos e información de la ciencia. Y esto es lo que enseñan. Pero no adoptan criterios para justificar su enseñanza. La ausencia de criterios explícitos no invalida la existencia de los mismos, sino que, tan solo los encubre, dando lugar a una actuación didáctica teóricamente «acrítica» y «objetiva». La adopción de los mismos requiere de un conocimiento didáctico fundamentado, nada fácil de adquirir, y cuya importancia podría ilustrarse con la analogía culinaria propuesta por Marín (1997):

*«Conocer varias recetas da la posibilidad de realizar con ciertas garantías de éxito los platos correspondientes, pero conocer además el fundamento de estos buenos resultados relacionado con las combinaciones de alimentos, tiempos de cocción, condimentos, etc.,*

*permitiría realizar otros platos sustituyendo algunos ingredientes que no se disponen en el momento o crear nuevos que se adapten a los productos alimentarios de otro lugar»(p.33).*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAR, V. Y GALILI, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16 (2), pp. 157-174.
- BARBOUX, M. , CHOMAT, A. , LARCHER, C. Y MEHEUT, M. (1987). Modele particulaire et activites de modelisation en classe de 4ème. *Rapport de fin de recherche* n° 12.09.84.87. L.I.R.E.S.P.T., Paris.
- BEN-ZVI, R. , SILBERSTEIN, J. Y MAMLOK, R. (1990). Macro-micro relationships: a key to the world of chemistry. Actas del Seminario «Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School», pp.183-197. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Universidad de Utrecht.
- BENARROCH, A. (1990). Los estados de agregación de la materia en los libros de texto de EGB. *Publicaciones*, n° 17, pp. 55-72.
- BENARROCH, A. (en prensa). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- BLANCO, A. (1995). *Estudio de las concepciones de los alumnos sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- 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. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Universidad de Leeds.
- CARRIÓN, F. y otros. (1996). *Ciencias de la Naturaleza*. 1º ESO. Madrid: Anaya.
- CID, F. (1980). *Historia de la Ciencia*. Barcelona: Planeta.
- CLIS. (1987). *Approaches to teaching the particulate theory of matter*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- DEVOS, W. (1990). Seven thoughts on teaching molecules, en Actas del Seminario



- «Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School», pp.163-176. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Universidad de Utrecht.
- DORAN, R. L. (1972). Misconceptions on selected concepts held by elementary school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 9(2), pp. 127-137.
- DUSCHL, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea. (Ver orig. Restructuring Science Education, The importance of Theories and Their Development. Teachers College, Columbia University, 1990).
- FURIÓ, C. (1986). Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 73-77.
- GABEL, D. , SAMUEL, K. V. Y HUNN, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*. 64(8), pp. 695-697.
- GÓMEZ CRESPO, M. A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 7, pp. 37-44.
- HALLDÉN, O. (1990). Questions asked in common sense contexts and in scientific contexts, en Actas del Seminario «Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School», pp.119-130. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Universidad de Utrecht.
- HELLDÉN, G. (1995). Environmental education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*, 1(3), pp. 267-277.
- LICHT, P. (1990). A microscopic model for a better understanding of the concepts of voltage and current, en Actas del Seminario «Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School», pp. 316-327. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Universidad de Utrecht.
- LLORENS, J. A. (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 F.P. y Bachillerato.* Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

LLORENS, J. A. (1989). El proceso de cambio conceptual en la iniciación a la Química. La introducción de los conceptos de sustancia pura y cambio. *Revista de Educación*, 289, pp.307-332.

LLORENS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular.* Madrid: Visor.

MARÍN, N. (1997). *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.

MEC. (1989). *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria.* Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.

MILLAR, R. (1990). Making sense: What use are particle ideas to children?. Actas del Seminario «Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School», pp. 283-294. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Universidad de Utrecht.

MITCHELL, A. C. Y KELLINGTON, S. H. (1982). Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science Course. *European Journal of Science Education*, 4(4), pp. 429-440.

NUSSBAUM, J. (1989). La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia.* Madrid: Morata/MEC, pp.196-224.

OSBORNE, R. J. Y COSGROVE, M. (1983). Children's conceptions of the changes of states of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), pp. 825-838.

PFUNDT, H. (1981). The atom- the final link in the division process or the first building block? *Chimica didactica*, 7, pp. 75-94.

POZO, J. I. ; GÓMEZ CRESPO, M. A. ; LIMÓN, M. Y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química.* Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.

- POZO, J. I. Y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- SÁNCHEZ, I. y otros. (1996). *Ciencias de la naturaleza*. 1ºESO. Madrid: McGraw-Hill.
- SERÉ, M. G. (1990). Passing from one model to another: with strategy?. En P.L. Linjse, P. Licht, W. de Vos y A.J. Waarlo (Eds). *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*, pp. 50-66. Utrecht: Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Universidad de Utrecht.
- SOLBES, J. , NEBOT, V. Y RIBELLES, R. (1993). Una actividad C.T.S. en las ciencias de la naturaleza de 4º de ESO: L'hort de trenor. *Enseñanza de las Ciencias* (IV Congreso), N° extra, pp. 129-130.
- SOLBES, J. Y VILCHES, A. (1993). El modelo de enseñanza por investigación y las relaciones C/T/S. Resultados de una experiencia llevada a cabo con alumnos de BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias* (IV Congreso), N° extra, pp. 133-134.
- SOLÍS, C. (1985). *Robert Boyle: física, química y filosofía mecánica*. Madrid: Alianza Editorial.
- STAVY, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*. 10(5), pp. 553-560.
- STAVY, R. Y STACHEL, D. (1985). Children's ideas about «solid» and «liquid». *European Journal of Science Education*, 7(4), pp. 407-421.
- TEN VOORDE, H.H. (1990). On teaching and learning about atoms and molecules from a Van Hiele point of view. En P.L. Linjse, P. Licht, W. de Vos y A.J. Waarlo (Eds). *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*. pp. 81-103. Utrecht: Universidad de Utrecht.
- VALCÁRCEL, M.V. y otros. (1990). *Problemática didáctica del aprendizaje de las ciencias experimentales*. Murcia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.