



# La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje

Juan A. Llorens Molina  
Centro de Profesores de Gandia (Valencia)

## RESUMEN

La teoría atómico-molecular se introduce en nuestro sistema educativo al comenzar el ciclo superior de la E.G.B (11-12 años). Diversos autores señalan las dificultades que, aún en niveles superiores e incluso en alumnos bien dotados, existen en la adquisición de una concepción discontinua de la materia, pese a la evidencia de una cierta familiaridad con conceptos y representaciones corpusculares. Ello se debe, a nuestro juicio, a que algunas de estas representaciones tienen una base epistemológica distinta, siendo compatibles con una visión de la realidad basada en lo perceptual y macroscópico. Esta hipótesis, surgida a través de varias experiencias preliminares, es contrastada empíricamente en una amplia muestra de alumnos de EE.MM. Finalmente, formulamos algunas sugerencias para una introducción más adecuada de la teoría atómico-molecular.

Los conceptos y representaciones relacionados con la teoría atómico-molecular de la materia son presentados a nuestros alumnos desde el comienzo del ciclo superior de la E.G.B. Habitualmente, el concepto de átomo es introducido a partir de una reflexión teórica basada en el límite de un hipotético proceso de subdivisión sucesiva de la materia. Es frecuente, en los textos escolares, leer enunciados como el siguiente:

«Si tenemos una determinada cantidad de una sustancia cualquiera, por ejemplo, agua, y tratamos de dividirla en mitades sucesivas llegará un momento en que tal división será imposible....».

En otros casos, diferentes hechos experimentales relacionados con el comportamiento de los gases, los procesos de disolución, la dilatación o los cambios de estado, son propuestos como punto de partida para el establecimiento de la teoría atómico-molecular. Tanto en un caso como en el otro, parece considerarse obvio que el alumno es capaz de

utilizar significativamente conceptos y representaciones fundamentales en una visión discontinua de la materia, para analizar la realidad macroscópica y continua que le rodea.

Pasaremos a continuación a analizar brevemente, desde el punto de vista epistemológico cómo los alumnos abordan el problema del carácter corpuscular de la materia.

Según Piaget e Inhelder (1950), existe un atomismo intuitivo que se manifiesta en la conservación sucesiva de la cantidad de sustancia, del peso y del volumen, dando lugar a los denominados atomismo substancial, ponderal y espacial, y que son expresión de las operaciones de adición partitiva con reversibilidad y asociatividad. Bachelard (1933) sugiere que el atomismo es una construcción racional a partir de intuiciones basadas en la percepción (la llamada «metafísica del polvo»).

Este atomismo intuitivo no es considerado válido por algunos autores, (Pfundt, 1981 y Ben Zvi, 1982) para la construcción del con-

cepto de cambio químico y no parece ser condición suficiente para un aprendizaje significativo de la teoría atómico-molecular.

Diferentes estudios apoyan esta idea: Mitchell y Kellington (1982), a lo largo del proyecto «Scottish Integrated Science» han detectado, en alumnos de 11 y 12 años, numerosas dificultades en la interpretación cinético-molecular de diferentes experiencias, incluso en aquellos mejor dotados.

Driver (1985) ha caracterizado, en alumnos de edades comprendidas entre 11 y 16 años, la tendencia a atribuir propiedades macroscópicas a las partículas, dando lugar a explicaciones tales como el aumento de tamaño de las moléculas en la dilatación. Desde un punto de vista histórico existe un cierto paralelismo con algunas concepciones predaltonianas como la de Gassendi.

En una línea similar se sitúan los resultados del neozelandés «Learning in Science Project» (14-15 años). En estas investigaciones se han hallado, además, numerosas ambigüedades y confusiones en el uso del vocabulario.

La asignación de características macroscópicas a entidades atómico-moleculares queda también patente en los trabajos de Novick y Nussbaum (1978) (1981). Estos autores han detectado, en un estudio de tipo evolutivo —«cross-age study»—, notables y persistentes dificultades en la admisión de la idea de vacío —hecho señalado también por Furió (1983) al estudiar las ideas sobre los gases en alumnos valencianos de 11 a 15 años— y de la concepción cinético-molecular de los gases.

También se observan notables diferencias entre la propuesta espontánea de un modelo corpuscular y la selección de éste frente a otros modelos alternativos. En este sentido, puede admitirse la existencia de una acomodación de la interpretación corpuscular a un esquema conceptual regido por lo macroscópico y directamente perceptible, tal como sucede, por ejemplo, al representar la licuefacción de un gas como un reagrupamiento de sus moléculas.

Ben Zvi, Seylon y Silberstein (1982) estudian el desarrollo de los conceptos de estructura y proceso en el aprendizaje de la teoría atómico-molecular en alumnos israelíes de 15 años, partiendo de tres niveles de descripción:

— Fenomenológico, basado en el análisis de la realidad perceptible.

— Atómico-molecular, basado en el comportamiento de los átomos y moléculas en sí mismos.

— Multiatómico, basado en el comportamiento de las colectividades de partículas.

Para estos autores, las dificultades surgen de la naturaleza abstracta de los conceptos involucrados, de la exigencia de operar simultáneamente en los tres niveles y de la necesaria precisión del lenguaje empleado. En este estudio, además de las tendencias ya citadas, se observa una notable influencia de la comprensión de la teoría atómica en la generación de falsos conceptos en torno al cambio químico. Para Selley (1978), el origen de estas dificultades, basadas en la no distinción de los niveles de descripción citados, se debe a que estos no tienen un reflejo lingüístico adecuado. A lo largo de la bibliografía citada se advierte una notable atención por los problemas de índole lingüística.

Hemos de subrayar además que, en ocasiones, los propios libros de texto no distinguen adecuadamente los diferentes niveles de descripción. Los siguientes párrafos, extraídos, respectivamente, de dos textos de 8º de E.G.B. y de 1º grado de F.P., ilustran este comentario:

«... recuerda que entre las propiedades de la materia están la porosidad y la divisibilidad. Estas propiedades hacen pensar que cualquier clase de materia no es algo compacto, aunque así lo parezca a nuestros sentidos, sino un conjunto de partículas separadas por espacios vacíos».

En este texto se están superponiendo una visión corpuscular de la materia y otra corpuscular. Si los poros que el alumno conoce y puede observar son equiparados a los espacios vacíos entre las partículas no debe sorprendernos que muchos alumnos, al preguntarles qué hay entre los átomos o moléculas, admitan que existe aire o agua. Este último extremo aparece incluso explícitamente en un texto de 8º de E.G.B.:

«Esta idea o modelo acerca de la materia nos permite explicar hechos curiosos. Por ejemplo, si añadimos 50 cm<sup>3</sup> de alcohol a 50 cm<sup>3</sup> de agua... ¡el resultado no da un volumen de 100 cm<sup>3</sup>, sino uno menor!. El alcohol, al entrar en el agua, desplaza del interior de ésta

al aire de muchos de sus «agujeritos vacíos», ocupando el lugar que ocupaba el mismo. El volumen que ocupaba ese «vacío» en el agua es, justamente, el que falta».

En el ejemplo siguiente se observa este mismo problema de un modo, si cabe, más conflictivo, al incurrirse en lamentables errores:

«Cualquier clase de material está compuesto por moléculas, que son las partes más pequeñas de la materia que mantienen las propiedades físicas. Son tan pequeñas que resultan imposibles de ver ordinariamente. Con ayuda del microscopio, sin embargo, se pueden estudiar bien; se advierte, incluso que, a su vez, las moléculas están compuestas por átomos».

### Objetivos y Metodología:

#### Fase preliminar

Dentro de una línea de trabajo basada en la concepción del aprendizaje como cambio conceptual, consideramos imprescindible caracterizar, en la realidad educativa de nuestro entorno

sociocultural, las tendencias conceptuales más arraigadas en torno a este tema, fundamental en la iniciación a la Química. Para ello, en una primera fase, se han desarrollado un conjunto de experiencias insertas en la dinámica ordinaria de la clase de Física y Química de 1° de F.P.I, en la que, dentro del paradigma naturalístico o antropológico de investigación, se ha puesto el acento, más que en la obtención de datos cuantitativamente significativos, en una mayor profundización cualitativa y en llegar a establecer hipótesis de trabajo fecundas. Para ello hemos considerado conveniente diversificar al máximo los hechos experimentales estudiados (Fig. 1).

La técnica utilizada fue la aplicación de cuestionarios estructurados a grupos de 10-15 alumnos, tras la observación de la experiencia realizada previamente.

Como complemento a este estudio se llevó a cabo otro, en alumnos de 2° grado de F.P. (edad promedio de 18 años) en el que los alumnos, a partir de la simbología de Dalton, debían representar algunos fenómenos expuestos en la (Fig. 1).

1. Naturaleza y comportamiento de los gases.
  - 1.1. Dilatación y compresión.
    - Desplazamiento de una gota de agua coloreada situada en un tubo horizontal conectado a un tubo de ensayo que contiene aire a la presión atmosférica y es calentado.
    - Compresión del aire contenido en una jeringa de plástico obturada.
  - 1.2. Difusión.
    - Reacción entre el NH<sub>3</sub> y HCl cuando se aproximan dos frascos con la boca destapada, conteniendo ambas sustancias.
    - Percepción del olor de un perfume de un frasco destapado a distancia.
2. Disoluciones.
  - Dispersión de unas gotas de solución diluida de KMnO<sub>4</sub> y formación de un sistema homogéneo. Comparación de la velocidad del proceso con agua fría y caliente.
  - Explicación de la no aditividad de los volúmenes en la mezcla de agua y etanol.
3. Cuestiones teóricas en torno a la idea de vacío y de agitación térmica.

Fig. 1. Hechos experimentales estudiados.

### Conclusiones de la fase preliminar

Cuando a los alumnos se les presenta el modelo atómico-molecular, sus conceptos y representaciones sufren un proceso de acomodación a las estructuras conceptuales preexistentes, basadas en la observación del mundo

macroscópico y centradas en los aspectos fácilmente perceptibles. Esta conclusión reafirma las obtenidas en las diferentes investigaciones citadas y las ideas alternativas detectadas son, esencialmente, similares a las que poseen escolares de ambientes socioeducativos muy diversos, subrayando el carácter

transcultural que poseen algunos esquemas conceptuales alternativos de los alumnos. En las figuras 2 y 3 se observan algunos ejemplos

extraídos de los cuestionarios cumplimentados por los alumnos.

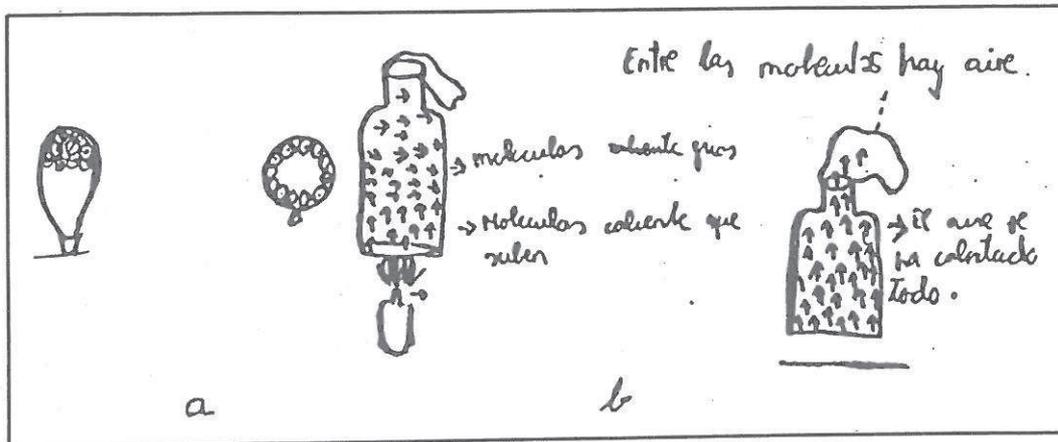


Fig. 2. a. Dos interpretaciones de la dilatación del hidrógeno contenido en un globo. b. Dilatación del aire: las moléculas se elevan en el seno de un supuesto medio que es considerado por muchos alumnos también como aire.

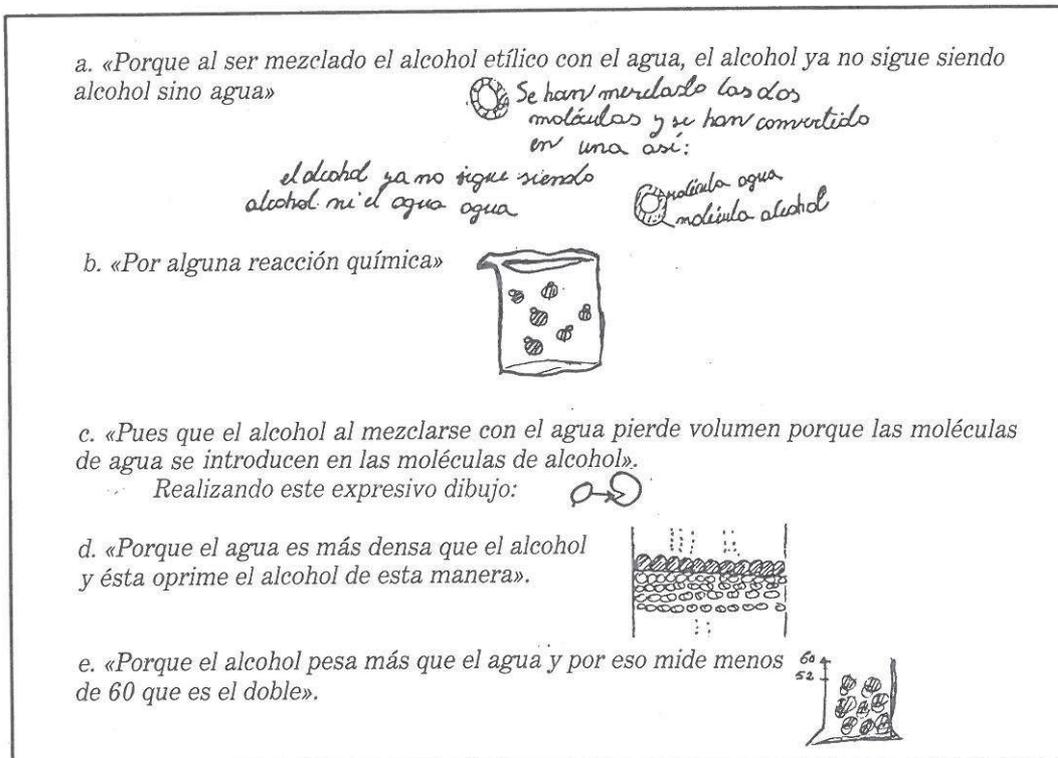


Fig. 3. Diversas interpretaciones corpusculares de la disolución entre el agua y el etanol.

Se observa una significativa y, en principio, aparente contradicción entre la escasa aplicación espontánea de la teoría atómico-molecular a la explicación de fenómenos macroscópicos y el bajo nivel de aceptación de la idea de vacío, por una parte, y por otra, la relativamente elevada familiaridad con el modelo corpuscular dinámico, cuando les es presentado explícitamente.

Estas conclusiones pueden ser interpretadas admitiendo la existencia de tres ideas básicas en la estructura cognitiva del alumno, que hacen compatible una visión de la realidad puramente perceptual y macroscópica con el manejo aparentemente correcto de representaciones corpusculares. Estas ideas son:

a) APROXIMACION/ALEJAMIENTO ----- AUMENTO/DISMINUCION DEL ESPACIO OCUPADO

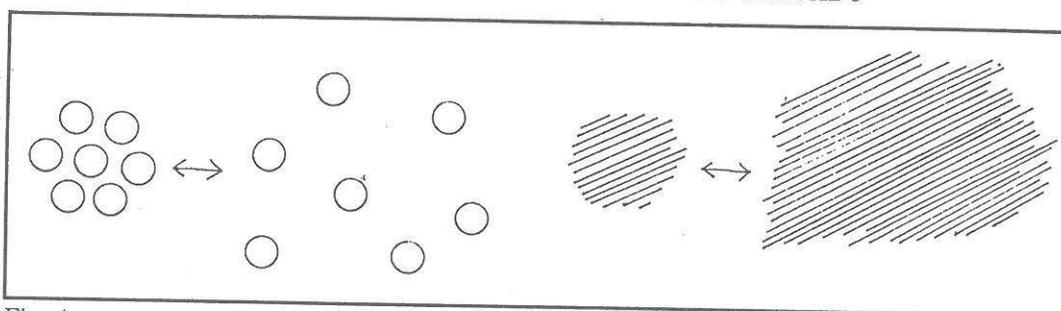


Fig. 4

b) MEZCLA COMO DISTRIBUCION ALEATORIA DE DIFERENTES ENTIDADES DISCRETAS

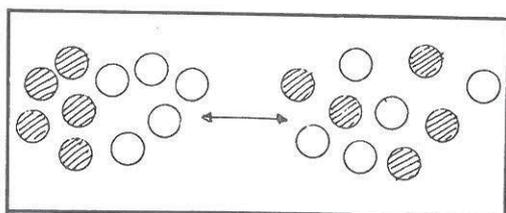


Fig. 5

c) Una idea de *agitación térmica* fundamentada en hechos macroscópicos: muchos fenómenos familiares al alumno, que tienen lugar con elevación de temperatura, van acompañados por un movimiento desordenado de porciones macroscópicas de materia (fuego, humos, vapores...). Ello puede explicar la relativa familiaridad que esta idea posee para muchos alumnos, no hallándose acompañada por una comprensión profunda de la naturaleza corpuscular de la materia (Llorens, 1987).

Estas tres ideas constituyen la base a partir de la cual formularemos nuestra hipótesis de trabajo.

Los datos cuantitativos correspondientes a esta fase preliminar son expuestos en la Tesis Doctoral del autor (Llorens, 1987).

**Formulación de la hipótesis de trabajo y metodología para su contrastación. Fase final de la experiencia**

Las conclusiones anteriores nos llevan a formular la siguiente hipótesis:

El empleo o identificación correcta de representaciones corpusculares no implica la adquisición significativa de una concepción discontinua de la materia.

Para la contrastación de esta hipótesis se diseñaron seis preguntas de elección múltiple que fueron formuladas a 606 alumnos (348 de 1º grado de F.P. y 258 de 2º de B.U.P.) antes de comenzar el estudio de la Química, en seis centros de la Comunidad Valenciana, convenientemente seleccionados por su representatividad sociológica.

La Fig. 6 muestra las frecuencias obtenidas en cada una de las opciones de las preguntas, así como los coeficientes de correlación de Pearson entre sus puntuaciones.

A. FRECUENCIAS

Item 1. Naturaleza de los procesos de disolución.

a) Formación de una nueva sustancia .....	2,6 %
b) Cambio de color de la moléculas de disolvente .....	15,3 %
c) Distribución de las partículas de soluto entre las de disolvente .....	75,1 %
d) Penetración de las partículas de soluto en las del disolvente .....	15,7 %
e) No lo se .....	1,3 %

Item 2. Modelo corpuscular dinámico y agitación térmica.

a) Aumento con la temperatura de una supuesta porosidad de las moléculas de agua .	14,4 %
b) Concepción de la disolución como un cambio en las moléculas de disolvente .....	14,7 %
c) Mayor agitación de las moléculas .....	51,5 %
d) Las partículas de colorante ocupan los huecos de moléculas de agua que se eva- poran .....	35,0 %
e) No lo se .....	1,3 %

En estos dos items podía elegirse más de una alternativa, por ello los % anteriores significan la proporción de alumnos que escogió una determinada alternativa. Si consideramos los alumnos que SOLO han escogido la opción correcta tenemos:

Item 1 .....	66,5 %
Item 2 .....	39,1 %

Item 3. Idea de vacío.

a) Hay aire entre las moléculas .....	22,6 %
b) Otros gases .....	34,8 %
c) Nada .....	22,1 %
d) Una sustancia muy ligera que lo rellena todo .....	13,4 %
e) No lo se .....	6,4 %

Item 4. Representación corpuscular de la dilatación de un gas.

a) Aumento del número de partículas .....	5,9 %
b) Representación correcta .....	80,4 %
c) Ninguna de las anteriores .....	11,1 %
d) Aumento en el tamaño de las propias partículas .....	2,1 %
e) No lo se .....	0,7 %

Item 5. Representación corpuscular de la dilatación de un gas.

a) Comparación con un muelle (modelo macroscópico) .....	27,9 %
b) Disminución del número de partículas .....	2,3 %
c) Representación correcta .....	67,8 %
d) Ninguna de las anteriores .....	2,1 %
e) No lo se .....	2,0 %

Item 6. Representación corpuscular de la difusión.

a) Analogía con la propagación de una onda mecánica .....	5,6 %
b) Explicación no corpuscular basada en diferencias de densidad .....	16,8 %
c) Representación correcta .....	71,0 %
d) Ninguna de las anteriores .....	4,0 %
e) No lo se .....	3,3 %

## B. COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL

	1	2	3	4	5	6
1	1.00					
2	0.27 (*)	1.00				
3	0.13 (*)	0.14 (*)	1.00			
4	0.16 (*)	0.14 (*)	0.17 (*)	1.00		
5	0.13 (*)	0.14 (*)	0.04	0.23	1.00	
6	0.03	0.06	-0,01	0,15 (*)	0.13 (*)	1.00

(\*) correlaciones significativas para  $P < 0.01$  (600 g.1.).

Fig. 6 Frecuencias obtenidas y coeficiente de correlación de Pearson.

### Discusión de los resultados y conclusiones

En primer lugar, debemos destacar las notables insuficiencias con que los alumnos llegan a iniciar el estudio de la Química en las enseñanzas medias. Este hecho debe dar lugar a una profunda reflexión acerca de cómo se introduce el estudio de esta materia en el ciclo superior de E.G.B.

Resulta llamativa la diferencia entre el nivel de aceptación de la idea de vacío (22%) y la opción por modelos corpusculares correctos frente a opciones macroscópicas o corpusculares en las que no se conserva el número de partículas (65-80%). El carácter independiente de estas dos tendencias queda también reflejado en los valores de  $r_{3,5}$  y  $r_{3,6}$ .

Sin embargo, los ítems 1, 2 y 4, en los que se plantea una opción corpuscular correcta frente a otras que resultan de expresar ideas macroscópicas con modelos corpusculares, si muestran una correlación significativa con la aceptación de la idea de vacío.

De ambos resultados podemos concluir que la opción por un modelo corpuscular frente a otro que no lo es, no implica la comprensión del carácter discontinuo de la materia, mientras que el rechazo de representaciones corpusculares regidas por ideas macroscópicas tiene, en este sentido, mayor relevancia.

### Alternativas

Frente a la situación descrita, queremos sugerir un conjunto de posibles alternativas en distintos órdenes:

a. Necesidad de una mayor profundización por parte del profesorado y de los diseñadores

de material didáctico sobre el concepto de modelo científico.

El núcleo central del problema es, a nuestro juicio, en qué medida el alumno es capaz de utilizar significativamente los modelos que se le proponen para explicar el comportamiento de la materia. Por ello, consideramos conveniente formular algunas consideraciones acerca del concepto de modelo científico.

La palabra «modelo» es utilizada habitualmente de un modo ambiguo, tanto en el lenguaje científico como en el ordinario. Se habla del «modelo atómico-molecular», del «modelo de Borh», «modelos moleculares»..., etc.

Desde el punto de vista estructuralista, los modelos son sistemas en los que se cumple una determinada teoría. Así, por ejemplo, el sistema solar sería un modelo de la teoría de Kepler. Una teoría puede englobar no sólo a un sistema, sino a una clase de éstos, los cuales poseerán una estructura común. Así, todos aquellos sistemas que obedezcan a la estructura de grupo serán modelos de la teoría de grupos.

Ahora bien, en las ciencias empíricas, los sistemas que se pretenden describir por medio de las teorías suelen ser complejos y para ser estudiados deben ser objeto de simplificaciones. Por ejemplo, el comportamiento de los gases puede ser estudiado como si estuviesen formados por pequeñas esferas rígidas que chocan elásticamente. En este caso, lo que hemos hecho ha sido seleccionar otro sistema cuyo comportamiento aceptamos como similar en algunos rasgos relevantes al sistema de partida, construyendo una teoría que tenga por modelo al sistema simple, aplicándola después al sistema

complejo. Si esta aplicación es útil diremos que el sistema simple *sirve de modelo* al sistema complejo. Ambos serían entonces modelo de la teoría, compartiendo las características estructurales que la definen.

Habitualmente, sin embargo, se habla de modelo y teoría indistintamente. Esta confusión puede ser debida a la consideración, desde un punto de vista empirista, de la teoría como un modelo de la realidad, en la que sus conceptos y relaciones se corresponden biunívocamente con los objetos y relaciones del mundo empírico.

Esta confusión es patente en la introducción a la teoría atómico-molecular, donde podemos distinguir:

– Hechos experimentales (realidad macroscópica)

– Teoría atómica de Dalton (conceptos de átomo, molécula, elemento y compuesto y sus interrelaciones)

– Modelos: Clases de sistemas en que se cumple la teoría atómica. Por ejemplo:

*Un gas que se dilata, comprime o difunde en otro.*

*Una reacción química determinada.*

Introduciremos aquellas simplificaciones pertinentes que faciliten la comprensión de la teoría. En el primer caso, consideraríamos el gas formado, tal como ya hemos señalado, por diminutas esferas rígidas que chocan elásticamente y en el segundo, la reacción química sería concebida como una redistribución de los átomos de los distintos elementos.

– Representaciones de estos modelos, en las que se hacen patentes estas simplificaciones.

#### *b. Necesidad de innovaciones curriculares*

Creemos conveniente insistir en la necesaria concatenación entre hechos experimentales y marco teórico, proporcionando al alumno una visión adecuada del proceso de construcción del conocimiento científico. El esquema de la figura 7 describe nuestra propuesta, basada en el paralelismo entre una línea de trabajo fenomenológica y otra de modelización, debidamente coordinadas.

Al mismo tiempo propugnamos, de acuerdo con Pfundt (1981) la introducción del concep-

to de sistema atómico como concepto más general e inclusivo que molécula o cristal. A partir de ahí puede definirse la sustancia pura como caracterizada por un sistema atómico de una determinada composición y estructura, y el concepto de cambio químico como transformación de un sistema atómico en otro. De este modo se puede utilizar con mayor rigor el concepto de molécula, muchas veces aplicado erróneamente a compuestos con estructura cristalina.

#### *c. Propuesta metodológica*

En el terreno de la metodología didáctica proponemos un proceso de aprendizaje organizado en un conjunto de módulos o unidades de contenido cuya estructura trata de reflejar una visión no inductivista de la naturaleza del trabajo científico, que queda reflejado en la figura 8.

#### *d. Propuesta de actividades para el cambio conceptual*

Siendo la primera condición del cambio conceptual la generación en el alumno de una insatisfacción con sus ideas acerca de un determinado problema, creemos que debe dedicarse un esfuerzo a elaborar y experimentar actividades dirigidas a que nuestros alumnos puedan realizar una eficaz autocrítica de sus propias ideas alternativas.

La actividad señalada a continuación consiste en un diálogo entre supuestos personajes, cada uno de los cuales representa una idea alternativa presente en los alumnos y estos han de manifestar su acuerdo o no con cada uno de los personajes, formulando las argumentaciones correspondientes. Esta técnica, ampliamente utilizada en la Historia de la Ciencia (Galileo, por ejemplo), facilita a los alumnos la propuesta de hipótesis y diseños experimentales alternativos con los que rebatir las ideas de los personajes con los que no están de acuerdo, generando además una discusión en el aula, a través del trabajo en pequeños grupos, bastante fructífera.

Otra técnica interesante es la discusión de representaciones corpusculares alternativas de fenómenos, diseñados a partir de los errores detectados con mayor frecuencia. Dos ejemplos de este tipo de cuestiones aparecen en la figura 10.

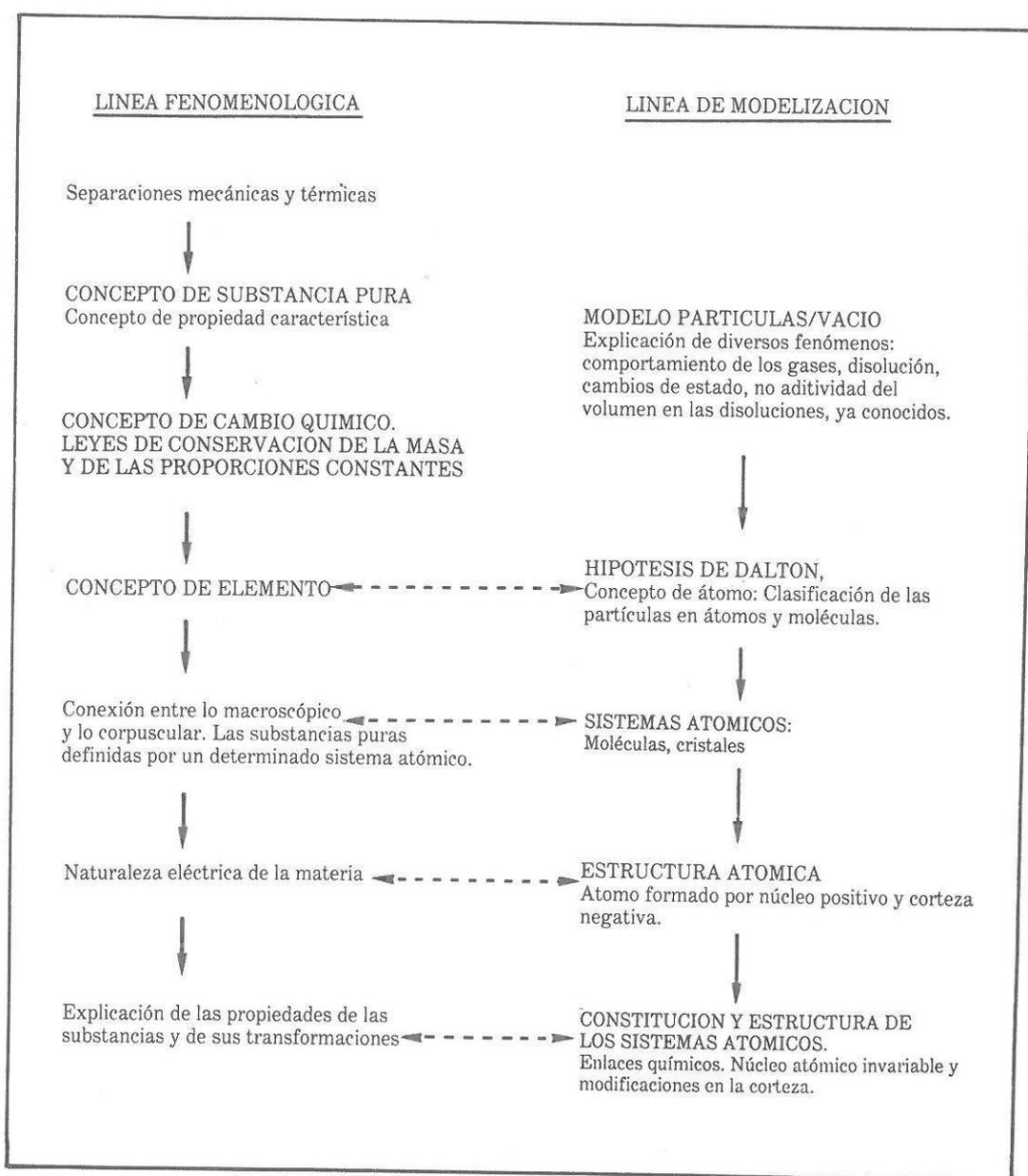


Fig. 7 Paralelismo entre la concepción fenomenológica y la de modelización.

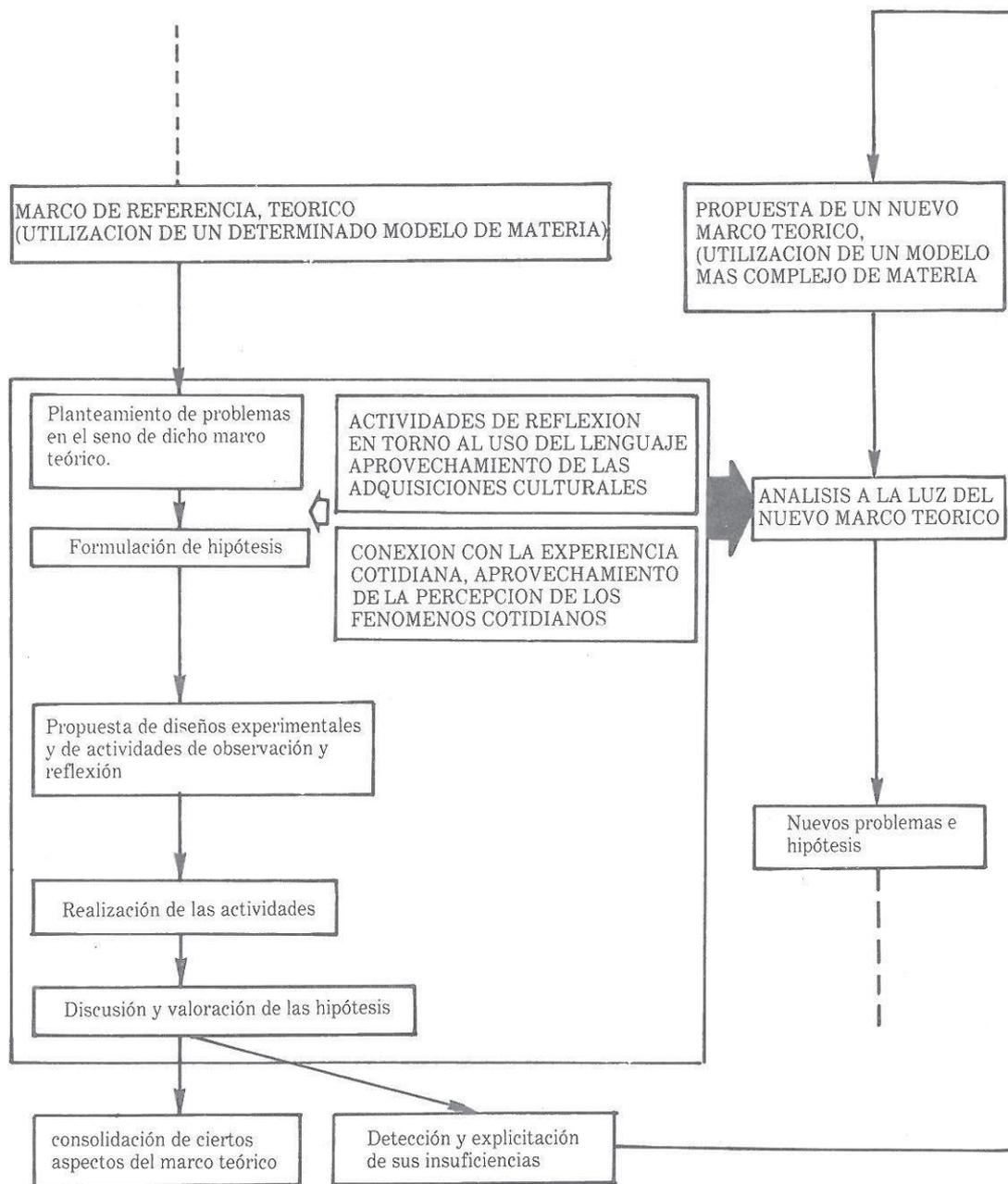
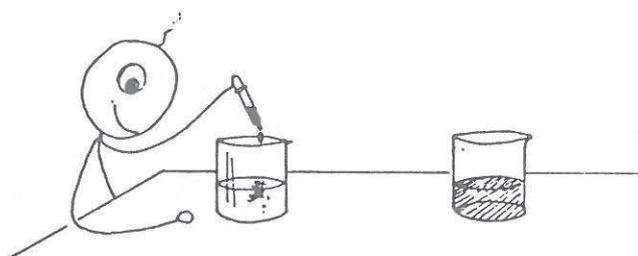


Fig. 8 Propuesta metodológica no inductivista

Andrés, Elena y Sebastiana observan como otro compañero deja caer unas gotas de colorante en un vaso de agua. Al cabo de unas horas toda el agua tiene un aspecto azulado.



LEE ATENTAMENTE EL DIALOGO QUE MANTIENEN:

Andrés. A mi me han dicho que el agua tiene moléculas. Vamos a ver qué logramos averiguar por ahí.

Sebastiana. Para explicar ésto no hace falta ningún rollo de moléculas. Total, es como si pintaras una pared con la brocha.

Elena. Estoy de acuerdo con los dos. Lo que pasa es que cambian de color las moléculas de agua.

Sebastiana. O que las partículas de colorante se meten dentro de las moléculas de agua. Yo creo que eso es lo que pasa al disolver cualquier cosa. Azúcar en agua, por ejemplo. Las moléculas de azúcar se meten dentro de las de agua.

Andrés. Pues yo creo que con lo de las partículas se explica todo. Se agitan, se entremezclan y ya está. Además, por eso, cuando el colorante lo echamos en agua caliente, todo este proceso es más rápido, ya que las partículas se agitan más.

CUESTIONES

1. ¿Con qué personajes estás de acuerdo?
2. Escribe todos los argumentos que se te ocurran para rebatir las ideas de aquéllos con los que no estás de acuerdo.
3. Escribe todas las palabras que se te ocurran para referirte a este fenómeno.

Fig. 9 Un ejemplo de instrumento para facilitar la expresión de hipótesis y la realización de diseños experimentales.

DILATACION DEL HIDROGENO (H<sub>2</sub>) CONTENIDO EN UN GLOBO.

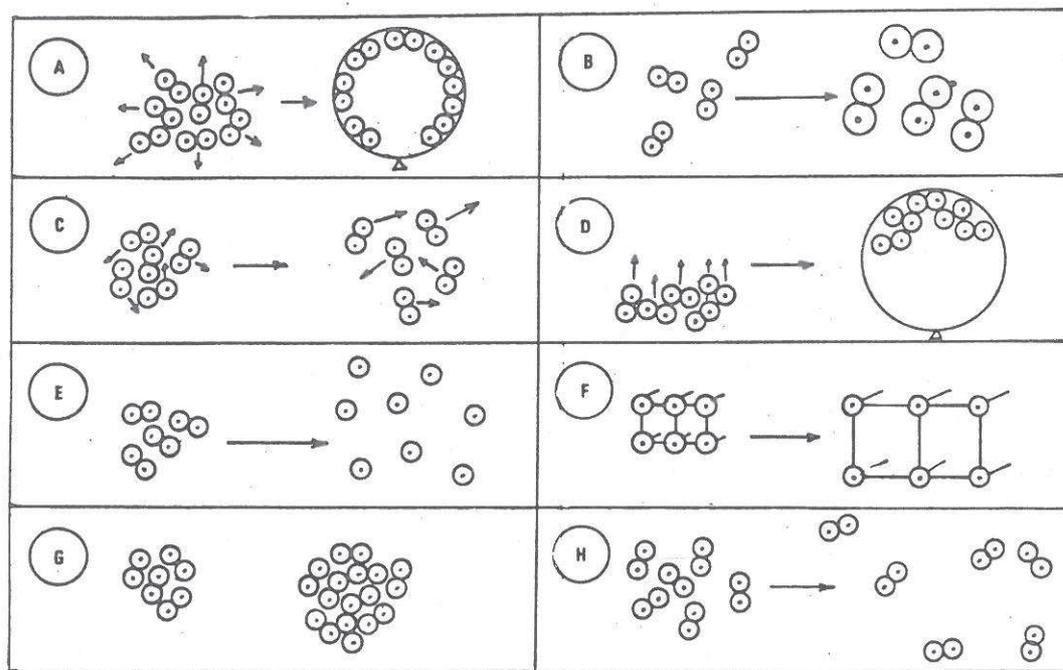
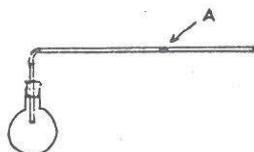


Fig. 10 Ejemplos de cuestiones basadas en errores conceptuales más comunes

ANEXO I: CUESTIONARIOS DE LA FASE PRELIMINAR

Cuestión 1ª.

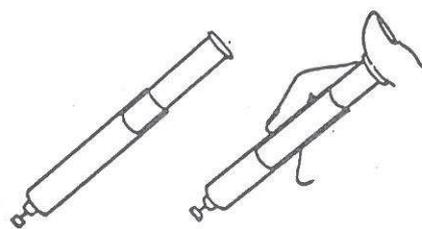
A. En el siguiente montaje tenemos en A una gota de líquido coloreado. ¿Qué sucederá al calentar el matraz?



Intenta explicar lo que sucede al aire contenido en el matraz y en el tubo representando cada molécula de los diferentes gases que componen el aire por un circuito.

B. Si tenemos una jeringa de plástico tapada, con 5 cm<sup>3</sup> de aire, y desplazamos el émbolo tal

como se observa en la figura, podemos hacer que el aire ocupe, menos volumen



a) ¿Sigue habiendo la misma cantidad de aire? ¿Por qué?

b) ¿Variará el peso del aire contenido dentro de la jeringa? ¿Por qué?

c) ¿A qué otro fenómeno conocido compararías éste?

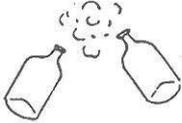
d) Si representamos así:



los átomos y moléculas de los gases que componen el aire, haz un dibujo que exprese lo que ocurre a estos átomos y moléculas durante el fenómeno que has observado.

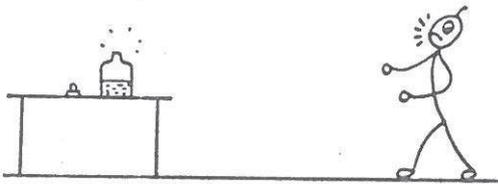
C. El amoníaco y el sulfuro que venden en la droguería pueden considerarse disoluciones en agua de los gases amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ) respectivamente. Cuando destapas botellas que contienen estos reactivos, se desprenden dichos gases, hecho que puedes notar inmediatamente por el olor.

Cuando acercas dos frascos destapados se producen unos humos blancos debido a la formación de cloruro de amonio, substancia que resulta de la combinación de los gases amoníaco y cloruro de hidrógeno.



Si entre los dos frascos existe aire ¿cómo explicas que los dos gases puedan encontrarse y reaccionar?.

D. Cuando destapas un frasco de perfume, al cabo de un cierto tiempo se nota su aroma por los alrededores.



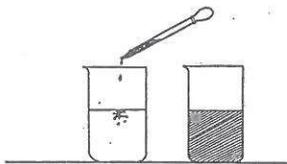
a) ¿Por qué ocurre este fenómeno?.

b) ¿Cómo llega el perfume hasta tu sentido del olfato?.

c) Si entre el frasco y tu hay aire ¿Cómo es que éste deja pasar el perfume?.

Cuestión 2ª.

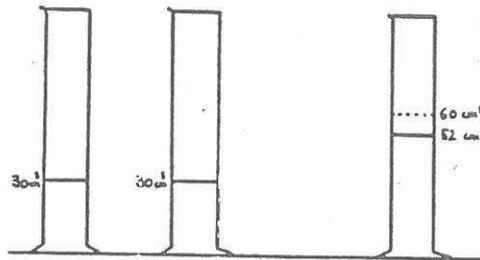
A.



a) ¿Cómo explicas que, al cabo de un cierto tiempo, toda el agua contenida en el recipiente aparezca de color violeta?.

b) ¿Por qué fenómeno es más rápido en agua caliente?.

B. Si mezclamos  $30 \text{ cm}^3$  del alcohol y  $30 \text{ cm}^3$  de agua, el volumen total que obtenemos no es de  $60 \text{ cm}^3$ , sino, aproximadamente, de  $52 \text{ cm}^3$ .



a) ¿Cómo explicas este hecho?.

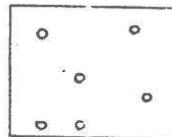
b) Si representamos así:  la molécula de agua.

Y así:  la de alcohol.

Intenta hacer un dibujo que exprese el fenómeno que has observado y justifique la disminución de volumen.

Cuestión 3ª.

Si representamos de este modo:  Las moléculas de los distintos gases que componen el aire:



¿Qué existe entre las moléculas?.

## ANEXO II PRUEBA DE ELECCION MULTIPLE

1.

Cuando echas gotas de tinta al agua, al cabo de un cierto tiempo ésta queda coloreada.

¿Cómo explicas este fenómeno?.

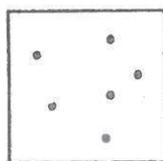
- Se forma una nueva sustancia.
- Cambias de color las moléculas de agua.

- c) Las partículas de tinta se distribuyen entre las del agua.
- d) Las partículas de tinta se introducen dentro de las moléculas de agua.
- e) No lo sé.

2. ¿Cómo explicas el hecho de que este fenómeno sea más rápido en el agua caliente?

- a) Porque las moléculas de agua se vuelven más porosas y permiten que el colorantes penetre más rápidamente en su interior.
- b) Porque las moléculas de agua cambian más rápidamente sus propiedades al calentarse.
- c) Porque las moléculas se agitan más intensamente y se mantienen a una mayor distancia.
- d) Porque las partículas de colorante pasan a ocupar los huecos de las moléculas de agua que se han evaporado.
- e) No lo sé.

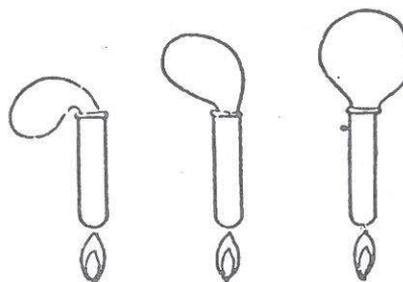
3. Probablemente habrás oído decir que la materia está formada por pequeñas partículas, tales como los átomos y las moléculas. Si representamos todas las partículas de los distintos gases que componen una pequeña muestra de aire, así:



¿Qué crees que hay entre estas partículas?

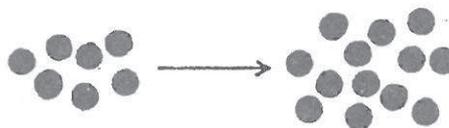
- a) Más aire.
- b) Otros gases.
- c) Nada.
- d) Una sustancia muy ligera que lo rellena todo.
- e) No lo sé.

4. Cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño. A este fenómeno lo llamamos dilatación. Es lo que ocurre por ejemplo cuando calentamos el aire que hay en el interior de un globo y el tubo de ensayo.

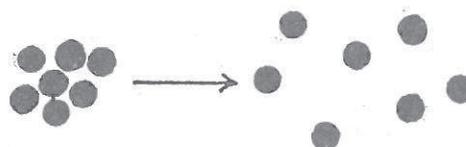


¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor este fenómeno?

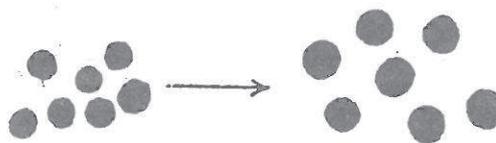
- a) Al calentar aumenta el número de partículas.



- b) Al calentar se agitan más intensamente las partículas y aumenta la distancia entre ellas.



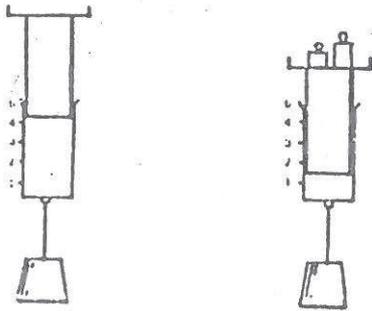
- c) Al calentar aumentan el tamaño de las partículas.



- d) Ninguno de los anteriores.

- e) no lo sé.

5. Una de las propiedades más conocidas de los gases es su compresibilidad, que consiste en poder reducir su volumen al ejercer una presión sobre ellos, tal como se puede comprobar fácilmente con una jeringa cuya aguja esté obturada con un tapón de goma.

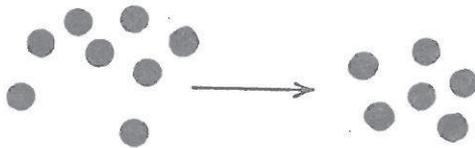


¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor este fenómeno?

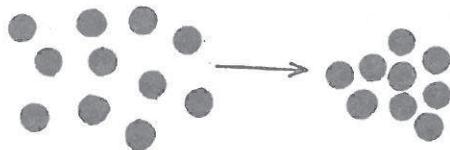
a) Los gases se comportan como un muelle, que al apretarlo se comprime.



b) Disminuye el número de partículas que hay en el gas.



c) Disminuye la distancia que hay entre las partículas que forman el gas.

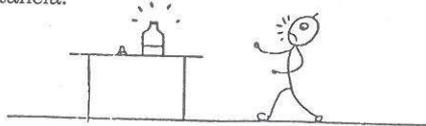


d) Ninguno de los anteriores

e) No lo sé.

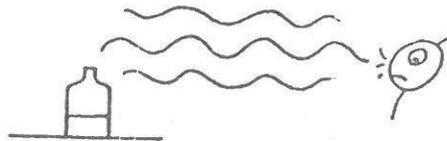
6.

Cuando destapas un frasco de perfume, al cabo de poco tiempo se nota su aroma a cierta distancia.

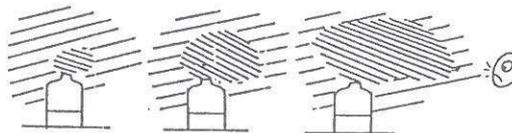


¿Cómo crees que se mueven los vapores del perfume en el aire de la habitación?

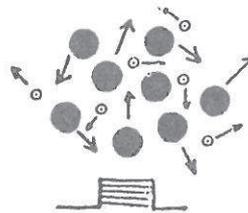
a) Como las ondas que se producen al echar una piedra a un estanque.



b) El aire se aparta por ser menos denso, dejando paso al perfume.



c) Cada partícula se mueve constantemente hacia cualquier dirección, de modo que las partículas de perfume pueden difundirse entre las del aire.



d) De ninguno de los modos expresados en las respuestas anteriores.

e) No lo sé.

#### REFERENCIAS

- BACHELARD, G. (1933). *Les intuitions atomistiques*. (Boivin, Paris).
- BEN ZVI, R. SEYLON, B. y SILBERSTEIN, J. (1982). *A study of student conceptions of structure and process*. (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel).
- DRIVER, R. (1985). Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations. (in *Children's Ideas in Science*, Open University Press, Blechey).
- FURIO, C. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 11 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* n° 2, p. 83-91.

- 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 Formación Profesional y Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- MITCHELL, A.C., KELLINGTON, M. (1982). Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science Course. *European Journal of Science Education*. Vol. 4, n° 4, pp. 429-440.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1978) Junior High School Pupil's Understanding of the Particulate Nature of Matter: An interview Study. *Science Education*. Vol. 62 (3), pp. 273-281.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1981) Pupil's understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*. 65 (2), pp. 187-196.
- PFUNDT, H. 1981: Das atom-letzte teilunsstück oder erster aufbaustein?. *Chimica Didactica*. Vol. 7, p. 75.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1950) *Introducción a la epistemología genética 2. El pensamiento físico*. (Paidós, Buenos Aires).
- SELLEY, N.J. (1978) The confusion of molecular particles with substances. *Education in Chemistry*, 15 (5), pp. 144-145.

---

#### SUMMARY

*The atomic-molecular theory is introduced in our educational system at the beginning of the higher cycle of E.G.B. (11-12 years old). Various authors have shown the difficulties which, even with higher level students or those students of above-average intelligence, are involved in the acquisition of a discontinuous concept of the material, despite the evidence that the students do obtain a certain familiarity with corpuscular concepts and representations. In our opinion, this is due to the fact that some of these representations have different epistemological bases although they are compatible with a vision of reality based on the perceptual and macroscopic. This hypothesis, which has come to the fore after several preliminary experiments, is empirically contrasted with a large sample of secondary students. Finally, we make some suggestions for a more adequate introduction of the atomic-molecular theory.*

#### RESUME

*La théorie atomico-moléculaire est introduite à notre système éducatif au début du cycle supérieur de E.G.B. (11-12 ans) Plusieurs auteurs signalent les difficultés, qui, même à des niveaux supérieurs, voire même pour des élèves doués, surgissent lors de l'acquisition d'une conception discontinue de la matière: ceci malgré l'évidence d'une certaine familiarité avec des concepts et des représentations corpusculaires. A notre avis, ceci est dû au fait que certaines de ces représentations reposent sur une base épistémologique différente, qui ne laissent pas d'être compatibles avec une vision de la réalité fondée sur le perceptible et le macroscopique. Cette hypothèse, apparue à travers diverses expériences préliminaires, est confrontée de manière empirique à un large échantillon d'élèves d'Enseignement Secondaire. Finalement, nous procédons à la formulation de quelques suggestions en vue d'une introduction plus adéquate de la théorie atomico-corpusculaire.*