

# INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS

EL PROCESO DE CAMBIO CONCEPTUAL EN LA INICIACION  
A LA QUIMICA. LA INTRODUCCION DE LOS CONCEPTOS  
DE SUSTANCIA PURA Y CAMBIO QUIMICO

JUAN A. LLORENS MOLINA (\*)

## 1. INTRODUCCION

Durante los últimos años, la literatura sobre las ideas científicas de los alumnos y sus dificultades de aprendizaje ha puesto el acento en dos problemas fundamentales:

- La influencia de los rasgos perceptivos más notorios frente a las consideraciones teóricas, en el análisis de los fenómenos que el muchacho observa (Driver, 1986).
- La influencia del ambiente cultural, que queda explícita, fundamentalmente, al estudiar el lenguaje del alumno en relación, sobre todo, al uso de la terminología científica en el contexto cotidiano y viceversa (Solomon, 1987).

Durante los últimos años se ha dedicado un creciente esfuerzo a elaborar un marco teórico adecuado para abordar estos problemas desde una concepción constructivista del aprendizaje, en torno al cual, según sugieren Driver y Erickson (1983) existe, entre los investigadores en la Didáctica de las ciencias, un cierto compromiso. Del mismo modo, Novak (1988) coincide en esta apreciación, haciendo patente el desfase existente entre estos presupuestos teóricos y la realidad del aula. Cabe pues dirigir nuestros esfuerzos al diseño y experimentación de propuestas de aprendizaje inspiradas en el nuevo marco teórico constructivista.

En esta línea, el aprendizaje es concebido como un proceso de cambio conceptual, metodológico y actitudinal. Pese a que consideramos completamente interrelacionados estos tres aspectos, pondremos el acento en el primero de ellos, resumiendo brevemente algunas de las propuestas teóricas formuladas al efecto.

## 2. EL APRENDIZAJE COMO CAMBIO CONCEPTUAL

El establecimiento de un cierto paralelismo entre el mismo desarrollo de la ciencia y el modo en que ésta se aprende, apoyado en distintas aportaciones re-

(\*) Centro de Profesores de Gandía (Valencia).

cientes de la Filosofía de la Ciencia (Khun, 1975; Lakatos, 1982), ha contribuido a la propuesta de diferentes modelos del cambio conceptual en el aprendizaje del alumno. Uno de los que han causado mayor impacto en la investigación didáctica es el denominado PSHG (formulado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982). En él se concibe el cambio conceptual como un proceso de asimilación-acomodación. La asimilación consiste en utilizar las ideas previas para procesar la nueva información. Cuando el esquema conceptual previo es inadecuado, se hace necesaria la acomodación, que implica una reestructuración o sustitución de los conceptos existentes.

Para que se produzca la acomodación son necesarias las siguientes condiciones.

- Debe existir insatisfacción con las ideas previas.
- Las ideas nuevas han de ser inteligibles; para lo cual será necesaria, muchas veces, la introducción de analogías, metáforas o modelos.
- Han de ser verosímiles y útiles.

Gilbert y Watts (1983) proponen diferentes modelos de cambio conceptual inspirados en diferentes puntos de vista sobre la naturaleza de los conceptos:

a) El modelo «paso a paso», coherente con un punto de vista clásico del concepto. En él, los errores conceptuales pueden ser jerarquizados y ordenados universalmente con el objeto de establecer el concepto verdadero.

b) El modelo «evolutivo», inspirado en la filosofía de S. Toulmin y basado en una analogía entre la evolución de los conceptos científicos y la de las especies. Aquellos conceptos (especies) más útiles y que dan lugar a mejores sistemas explicativos (más adaptados) son los más aceptados y retenidos por su uso frecuente, al menos dentro de un determinado ámbito de experiencias (nicho ecológico). La modificación de éste con la introducción de nuevas y conflictivas experiencias propiciaría el cambio conceptual.

c) El modelo de la «catástrofe», que según los citados autores, es el más adecuado dentro de una visión constructivista del aprendizaje. En virtud de este modelo, el comportamiento conceptual del alumno está gobernado por dos factores: el coste y el beneficio del cambio conceptual.

El factor coste refleja:

- El esfuerzo por construir una nueva concepción.
- Presentarla a los demás.
- Defenderla respecto a las críticas.
- Evaluarla frente a otras posibilidades.

El factor beneficio refleja:

- La economía obtenida al agrupar experiencias o ejemplos.
- La conciliación entre las presentes y pasadas experiencias.
- La capacidad predictiva sobre futuras experiencias.
- La sencillez de la nueva explicación frente a otras.

Por nuestra parte, creemos que este modelo proporciona, en los diferentes aspectos que distingue en los factores «coste» y «beneficio», una pauta útil para el diseño de actividades dentro de una estrategia de cambio conceptual.

### 3. UNA ESTRATEGIA ESPECIFICA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA INICIACION A LA QUIMICA

La propuesta de estrategias de aprendizaje para promover el cambio conceptual en el alumno se configura así como una línea de investigación prioritaria. En el caso de la Química existen unos rasgos peculiares que cabe tener en cuenta. En primer lugar, tal como señala Carrascosa (1987) que en la Química no aparecen tan nítidamente como, por ejemplo, en Mecánica, obstáculos epistemológicos importantes. Desde nuestro punto de vista, esta postura es aceptable en lo referente a conceptos que corresponden a un cierto nivel de desarrollo, como ácido-base, equilibrio, etc., donde los alumnos difícilmente pueden tener esquemas conceptuales espontáneos y sí preconcepciones erróneas generadas por un aprendizaje escolar deficiente. Sin embargo, por lo que respecta a la construcción del esquema conceptual básico de la iniciación a la Química, que podríamos definir como la secuencia de conocimientos que converge en la Teoría de Dalton, sí creemos que existen importantes obstáculos epistemológicos que podríamos concretar en dos aspectos clave: la primacía de lo perceptivo y la dificultad en la coordinación entre la realidad macroscópica y su descripción corpuscular (Driver y otros, 1989; Ben Zvi y otros, 1982). En un anterior trabajo (Llorens, 1988) presentamos las dificultades del alumno en la construcción de un modelo corpuscular de la materia, analizando los obstáculos epistemológicos que surgen en ese proceso y tratando de explicar las contradicciones que surgen entre la aparente familiaridad de los alumnos de 12-16 años con la terminología corpuscular y el escaso valor operativo que, sin embargo, posee este modelo para ellos. En el presente trabajo trataremos de completar esta reflexión en torno a la iniciación a la Química, centrándonos en los conceptos de sustancia pura y cambio químico y en cómo sus formulaciones sucesivas se corresponden con los diferentes modelos de materia que puede construir el alumno. Esta reflexión es concretada en la propuesta de una estrategia para el diseño del aprendizaje de estos conceptos como cambio conceptual. El posible proceso a seguir estaría constituido por las siguientes etapas:

I. Un análisis del contenido centrado en la propia estructura, significado y evolución de los conceptos implicados, que supone:

- a) Identificar los cambios cualitativos que tienen lugar en el desarrollo histórico de los conceptos, así como los cambios metodológicos que subyacen en ellos, enmarcándolos en los cambios culturales que los motivan.
- b) Identificar los conceptos de mayor poder estructurador (Cagliardi, 1986), es decir, aquellos que potencialmente poseen mayor capacidad de generar relaciones significativas con otros conceptos.

II. La exploración de las ideas espontáneas de los alumnos dirigida al estudio de los aspectos identificados en el punto anterior, realizada mediante instrumen-

tos que permitan identificar las conexiones culturales: conocimientos transmitidos por los medios de comunicación, experiencias cotidianas, etc., susceptibles de interactuar con las nuevas ideas, así como también aquellos conocimientos escolares previos que los alumnos utilizan como modelo o analogía al enfrentarse a nuevos problemas.

En la iniciación a la Química existen dos aspectos notablemente conflictivos: el concepto de cambio químico y la comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia. Sobre este último aspecto ya hemos realizado un análisis de los problemas epistemológicos que conlleva y su proyección en el diseño de actividades de aprendizaje (Llorens, 1988). En este trabajo nos centraremos sobre el primer aspecto, que ha sido investigado a través de cuestionarios y entrevistas en unos 900 alumnos al comienzo de las EE.MM. (Llorens, 1987a). Las principales conclusiones obtenidas podemos resumirlas así:

Existe una notoria dificultad a la hora de vincular el concepto de reacción química al cambio en la naturaleza de las sustancias. Para conciliar la evidencia de que ha existido algún tipo de cambio y la tendencia a considerar que las sustancias son las mismas los alumnos recurren generalmente a las siguientes explicaciones alternativas:

- Considerar el cambio químico como un cambio de estado o un proceso de disolución (por ejemplo, combustión- evaporación del etanol).
- Que ha existido tan sólo un cambio accidental en las propiedades externas (por ejemplo, combustión de materiales sólidos).
- Que los productos existen previamente a la reacción química y que ésta tan sólo permite su manifestación (por ejemplo, la efervescencia, donde el gas desprendido se supone que existe previamente, retenido entre las partículas del sólido).
- Que existe una cesión o intercambio de propiedades; concediendo a éstas una naturaleza sustancial (por ejemplo, algunos señalan que los vapores rojizos que se desprenden en la oxidación del cobre con  $\text{HNO}_3$  concentrado son las «propiedades» del cobre).

El cambio químico es visto más como un proceso de transformación de una sustancia, a consecuencia de la intervención de agentes externos (materiales o energéticos), que como el resultado de una interacción (material o energética) que tiene lugar en un determinado sistema (el papel que muchos alumnos asignan al aire en la combustión es un buen ejemplo de esta tendencia). Este punto de vista coincide con las tendencias caracterizadas por Anderson (1987) y Pozo (1987) relativas al pensamiento causal del alumno.

III. El establecimiento de relaciones entre las distintas facetas de la «ciencia del alumno», tratando de identificar los criterios que subyacen a dichas relaciones. A partir de estas relaciones puede proponerse un esquema explicativo de carácter suficientemente general para un determinado dominio de contenido que abarcaría los siguientes aspectos:

- a) Identificación de los rasgos básicos del pensamiento del alumno y cómo se reflejan en la naturaleza de sus ideas alternativas.

- b) Establecimiento de diferentes niveles o «formulaciones sucesivas» (Astolfi, 1988) que se observan en el conjunto de ideas estudiadas, llegando de este modo a la identificación de una secuencia de «objetivos-obstáculo» (Astolfi, 1988) que trazarían la secuencia de adquisiciones deseable en el alumno.

En nuestro caso, este esquema queda reflejado en el siguiente diagrama, que es descrito a continuación.

En el esquema propuesto pueden distinguirse, en primer lugar, un conjunto de «formulaciones sucesivas» (Astolfi, 1988) de los conceptos de sustancia pura y cambio químico, cuya adquisición viene ligada a un conjunto de «objetivos-obstáculo» relativos a:

- Desarrollo de los conceptos relativos a las magnitudes que describen un sistema y sus transformaciones.
- Criterios de conservación utilizados en el análisis de los fenómenos.
- La utilización de un determinado modelo de materia referido en cada caso a un contexto experimental.
- Tipo de lenguaje empleado.

En este desarrollo puede distinguirse también un conjunto de conceptos estructurantes (más bien una red). En una primera fase sería el siguiente, en el que, avanzando una de las conclusiones del trabajo, introducimos el concepto de sistema atómico:

ATOMO - - - - - ELEMENTO

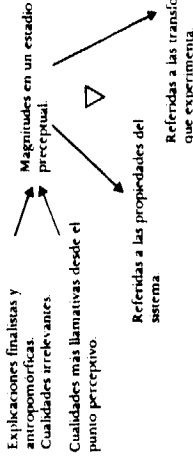
SISTEMA ATOMICO - - - SUSTANCIA PURA . . . . . SIMPLE (Un solo tipo de átomos)  
 . . . . . COMPUESTA (Más de un tipo de átomos)

En un nivel posterior, al tratar de explicar la naturaleza eléctrica de la materia, podría considerarse también como concepto estructurante el de *ión*.

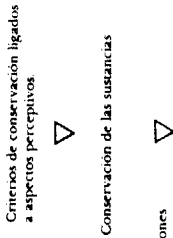
Pasando a una descripción secuencial del esquema, en un primer momento del desarrollo conceptual, el rasgo más característico de las ideas del alumno es, coincidiendo con Driver (1989), la observación de la realidad material está dominada por los aspectos más accesibles desde el punto de vista perceptual (consistencia, color, olor, etc.) o cultural (carácter natural o artificial, utilidad, etc.) y que son, a menudo, criterios irrelevantes en la formación de conceptos químicos, apareciendo incluso en los alumnos más jóvenes ideas de tipo finalista o antropomórficas. Al mismo tiempo, los fenómenos no suelen analizarse como procesos pues ello requiere la distinción entre los estados inicial y final y la necesaria referencia a propiedades bien definidas.

Por ejemplo, la aparición o desaparición, de un modo ostensiblemente perceptible, de una nueva fase; la emisión de luz o la presencia de manifestaciones térmicas acusadas, son frecuentemente utilizadas como criterio con mayor poder de conceptualización que la misma conservación o no de las sustancias, tal como se observa en las confusiones entre efervescencia y ebullición, evaporación y combustión, combustión e incandescencia, por ejemplo.

**CONCEPTO DE SUSTANCIA PURA Y CAMBIO QUÍMICO (FORMULACIONES SUCESIVAS)**



**CRITERIOS DE CONSERVACION**



**MODELO DE MATERIA**

Fundamentado en las cualidades macroscópicas.

Eminentemente descriptivo y fundamentado en el uso cotidiano. La terminología científica es asimilada a un esquema conceptual dominado por lo perceptivo.

**CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE**

Concepto de sustancia como material con propiedades características definidas.

Concepto de cambio químico como destrucción irreversible en contraposición al cambio físico en el que se recuperan las sustancias.

Fundamentado en las magnitudes macroscópicas y en el concepto de sustancia pura.

Concepto de propiedad característica.

Concepto de sustancia pura como material con propiedades características definidas.

Magnitudes básicas: masa, volumen, peso, temperatura, etc.

Conservación masa/volumen.

El lenguaje descriptivo comienza a establecerse en base a las magnitudes. También comienza a utilizarse un lenguaje explicativo a nivel macroscópico.

Sustancia pura como sustancia de composición definida.

Cambio químico como interacción material que obedece a la ley de las proporciones constantes.

Las transformaciones comienzan a ser concebidas como interacciones materiales o energéticas en un sistema.

Modelo particulado/vacio asociado a las experiencias sobre comportamiento de los gases, cambios de estado y procesos de disolución.

Compuestas.

Cambio químico como proceso en el que se conservan los elementos químicos.

Ley de las proporciones constantes.

Modelo de Dalton y su desarrollo. Conceptos de átomo y molécula.

Concepto de sustancia pura como materia caracterizada por un sistema atómico de composición definida.

Cambios materiales en la reacción química.

Conservación del ELEMENTO QUÍMICO.

Conservación de la carga eléctrica.

SISTEMA ATÓMICO.

Se consolida el uso correcto del lenguaje a nivel macroscópico pero la conexión con el lenguaje corpuscular presenta dificultades. Inestabilidad en la coordinación entre ambos niveles de descripción.

Sustancia pura como materia caracterizada por un sistema atómico de composición y estructura definida.

Cambios energéticos en la reacción química.

Cambio químico como proceso de ruptura y formación de enlaces.

Modelo de materia fundamentado en una primera aproximación al enlace químico.

Comienza a utilizarse con propiedad el lenguaje asociado a la teoría atómica molecular.

Esta visión de la realidad caracterizada por la primacía de lo perceptivo se refleja en la existencia de unas herramientas conceptuales insuficientes para abordar el estudio de los sistemas materiales y sus transformaciones. Aquellos conceptos relacionados con las magnitudes que describen las propiedades macroscópicas de un sistema como las interacciones materiales y energéticas que pueden tener lugar en él pueden considerarse situadas en un nivel preconceptual, caracterizado por una noción vaga e intuitiva de cantidad de materia, muy ligada al contexto experimental en que el alumno se sitúa, y vinculada a un uso confuso de términos tales como «volumen», «tamaño», etc. o «masa», «peso», «densidad», si dentro de su connotación aparece la idea de solidez o compacidad; un preconcepto de peso como propiedad accidental de los cuerpos, relacionado con las sensaciones de pesadez o ligereza –tendencia a ocupar el «lugar natural», desde un punto de vista aristotélico– y asociado a experiencias de flotación y movimientos convectivos –confusión con densidad–. También se halla a veces relacionado con su efecto deformador sobre la superficie que sustenta el cuerpo (Clement, 1982; Furió y Hernández, 1983).

Una característica común a ambos preconceptos es su empleo como cualidad de los cuerpos. Esta observación es coherente con la evolución de los conceptos métricos –magnitudes– a partir de los estadios previos cualitativo y comparativo, que señala Mosterin (1982).

También se observa una incipiente noción de estado de agregación de la materia no vinculada a ningún modelo estructural. De este modo, los alumnos sólo distinguen, a menudo, entre cuerpos que fluyen espontáneamente, cuerpos que no fluyen, y cuerpos que, transcribiendo las propias expresiones de los alumnos, se «mueven libremente por el aire» o que «no pesan». Este preconcepto, tal como ya hemos señalado, juega un importante papel en los criterios de categorización de los fenómenos que poseen los alumnos (Stavy, 1986 y Osborne y Cosgrove, 1983).

Junto a estos preconceptos, un conjunto de cualidades específicas: sabor, olor, color, sensación al tacto, textura, etc. que según Driver (1985) son criterios fundamentales en la identificación de los cambios por los alumnos.

En esta fase del desarrollo conceptual el lenguaje empleado por los alumnos también presenta unas características definidas. Por una parte, es interesante observar la gran dificultad en usar un lenguaje explicativo incluso en contexto en los cuales esto se sugiere explícitamente (cuestionarios). El lenguaje que utilizan 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.

Por otra parte, el alumno dispone de un vocabulario cotidiano referido a procesos que le son familiares, así como de un vocabulario transmitido a través de la escuela. Las ambigüedades e imprecisiones en el uso de éste son más bien aparentes; en realidad, el alumno lo único que hace es asimilar dichos conceptos a una estructura cognitiva establecida en torno a criterios puramente perceptivos, por ello puede utilizar indistintamente todos aquellos términos referidos a procesos que agrupa bajo una misma categoría, generando así, cada preconcepto, un campo semántico.

Podemos observar así (Llorens, 1987):

- Que la noción general de cantidad de materia corresponde al empleo de «masa», «volumen», «tamaño», «grosor», etc.
- El preconcepto de peso 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: «fusión», «licuación», «disolución», etc.
- Los cambios en la apariencia externa a: «deshacerse», «corroerse», «desintegrarse», etc.

Estos campos semánticos coinciden sensiblemente con los resultados de investigaciones ya citadas («Learning in Science Project», 1982; Brook, 1983; Driver, 1985; Meheut, 1985), confirmando la idea de que la relación entre concepto y palabra es más compleja y difusa de lo que habitualmente se supone.

A través del empleo de la terminología podemos caracterizar también tres preconceptos ligados a tres acciones externas básicas:

- Acción mecánica, donde los conceptos de fuerza y presión son confusos y rudimentarios, asociados al desplazamiento y a la deformación y resistencia de los materiales.

Este preconcepto vendría representado por términos o expresiones como: «presionar», «comprimir», «deformar», «ejercer una fuerza», «apretar», «mover», etc. La presión no es una propiedad del sistema sino algo que se ejerce sobre él.

- Acción térmica, relacionada con el hecho de calentar o enfriar los cuerpos mediante diferentes procedimientos.

Tendríamos: «quemar», «evaporar», «hervir», «fundir», «calentar», «congelar», «helar», «enfriar», etc.

- Acción material, relacionada con la unión de diferentes sustancias o materiales.

Esta unión debe ser manifiestamente explícita y perceptible. No suelen utilizar los alumnos la noción de sistema con sus componentes, susceptibles de interacción material. Esta debe surgir de un contacto evidente entre sustancias o materiales distintos. Los términos más empleados son «mezclar», «combinar», «unir», «juntar», etc.

Lo más relevante es que, consecuentemente con una concepción causal de los fenómenos, éstos son consecuencia de una acción externa, no de una interacción. La adquisición de los conceptos de sistema e interacción, que pueden considerarse también, con carácter general, de un gran poder estructurante, contribuirá a superar esta etapa.



Dentro del estadio preconceptual descrito resulta evidente la imposibilidad de identificar las sustancias por sus propiedades características y distinguir los cambios físicos de los químicos con una cierta generalidad. Las sustancias son más bien materiales con alguna característica peculiar corrientemente relacionada con su uso o «agentes portadores» de una propiedad. Para estos alumnos son sustancias la cerveza, el plástico, el agua o el azúcar como materialización del sabor dulce. En este momento se aprecia en algunos alumnos un salto cualitativo en su concepción de los fenómenos: el reconocimiento de algunos procesos como reversibles y de otros como destrucciones irreversibles, distinción en la que puede situarse el inicio de la construcción del concepto de cambio químico. A partir de aquí el obstáculo esencial puede ser la construcción de los conceptos de las magnitudes que definen un sistema, así como sus interacciones. Ello obliga a superar la concepción causal de muchos fenómenos para pasar a una concepción interactiva, tanto en el aspecto material como en el energético. El desarrollo de los conceptos correspondientes a las magnitudes con que describimos los sistemas y sus transformaciones es descrito desde un punto de vista piagetiano por Shayer, pudiendo situar en muchos casos, los preconceptos citados, en las etapas 2A y 2B de la taxonomía de Shayer (1982), en todos sus aspectos relacionados con la introducción a la Química. Este proceso requiere una adecuada familiarización con los procesos de medida a través de actividades de tipo clasificatorio, empleo de unidades arbitrarias, etc., dando una especial importancia al concepto de masa. Una de las consecuencias más importantes de este proceso ha de ser la distinción masa-peso-volumen, lo que implica la conservación de la masa y la concepción de presión y temperatura no como acciones externas, sino como propiedades del sistema. Las transformaciones son concebidas también como un proceso en el que se caracteriza un estado inicial y otro final. En esta etapa es también necesaria la familiarización con los gases para que la conservación de la masa alcance un carácter general. Estas adquisiciones tienen tres consecuencias fundamentales:

- La posibilidad de introducir el concepto de propiedad característica, lo cual implica una nueva manera de formular los conceptos de sustancia pura y cambio químico.
- La posibilidad de analizar secuencialmente las transformaciones, construyendo los conceptos de sistema y proceso (Ben Zvi, 1982), distinguiendo los estados inicial y final y aquello que se conserva.
- La conservación de la masa y su distinción del volumen permite introducir a partir de las experiencias con gases, con cambios de estado y sobre procesos de disolución, un primer modelo partículas/vacío.

Todo ello viene acompañado por un lenguaje cuyas descripciones son realizadas en términos de magnitudes con un vocabulario preciso. También aparecen explicaciones en términos macroscópicos relacionadas con las leyes experimentales, por ejemplo, la relación presión-volumen-temperatura en un gas.

Sobre el concepto de cambio químico ya establecido y la aplicación a él de la conservación de la masa tiene sentido la introducción de la ley de las proporciones constantes. Por otra parte, la evidencia experimental de la conservación de los

elementos químicos en el transcurso de las reacciones químicas permite hacer avanzar el concepto de cambio químico en dos aspectos:

- Como proceso caracterizado por la combinación en proporciones constantes de unas sustancias para formar otras nuevas.
- Como proceso caracterizado por la aparición/desaparición de sustancia pero con conservación de los elementos.

El concepto de elemento químico, como invariante de los procesos químicos, introducido experimentalmente a partir del estudio de ciclos de reacciones, y distinguiéndolo del concepto de sustancia simple, es la aproximación más rigurosa y adecuada, coincidiendo así en la línea señalada por Bansaude (1984) y Viovy (1984).

Las limitaciones de ambas aproximaciones son claras. La constancia en la composición no es un atributo específico de las sustancias puras ni las proporciones constantes lo son del cambio químico pues existen disoluciones que, como determinadas aleaciones, presentan esta característica, gozando también de propiedades características definidas. Por otra parte, la evidencia de la conservación de los elementos en el transcurso de un cambio químico sólo puede mostrarse en ejemplos muy escogidos como aquellos consistentes en un ciclo de reacciones que parte de una sustancia simple y vuelve a ella.

De aquí surge la distinción a nivel macroscópico entre sustancia compuesta y simple, como formada por varios o un elemento. En este momento es cuando cabe lograr la síntesis entre descripción macroscópica y corpuscular, en la que es clave el concepto de átomo, con el consiguiente desarrollo de la teoría de Dalton y su desarrollo hasta llegar al concepto de molécula. Puede ser el momento de introducir la noción de «estructura gigante», que junto con la molécula serían los «sistemas atómicos», como agrupaciones de átomos con una composición (y como consecuencia del estudio del enlace químico, también una estructura) dadas. La introducción de los conceptos asociados a la teoría de Dalton producirá diversos efectos en función del grado en que los alumnos hayan adquirido el nivel conceptual hasta aquí descrito. En general, los efectos observados responden al siguiente esquema: Por supuesto, existirá una etapa más o menos larga y problemática de inestabilidad en la distinción entre niveles de descripción. Por otra parte, conviene tener en cuenta que tanto la terminología como las representaciones atómico-moleculares existen importantes apoyos en el lenguaje ordinario que a menudo dan una imagen excesivamente optimista del grado en que los alumnos comprenden adecuadamente el modelo atómico-molecular y a los que ya se hizo referencia en un anterior trabajo (Llorens, 1987).

En el marco de la teoría de Dalton puede proponerse un concepto de cambio químico como reagrupación de los átomos, viniendo caracterizada cada sustancia pura como un sistema atómico caracterizado por una composición determinada. En este contexto puede abordarse el estudio cuantitativo de los cambios materiales en la reacción química.

La posterior introducción de la naturaleza eléctrica de la materia, especialmente todo lo relativo a electrolisis, permitirá establecer el concepto de ión y un primer modelo atómico Rutherford-Bohr (Solbes, 1987), a partir del cual es posible una primera aproximación al enlace químico.

Esto posibilita completar el concepto de sistema atómico entrando en juego la estructura como parte de su identidad, aparte de la composición. De esta manera la sustancia pura queda definida a nivel corpuscular por un sistema atómico de una determinada composición y estructura y el cambio químico como la transformación de un sistema atómico en otro, mediante un proceso de ruptura y formación de enlaces. En este contexto tendría sentido abordar las interacciones energéticas en el cambio químico.

IV. Apoyo del carácter metacognitivo de la actividad de los alumnos. Para ello habrá que explicitar y reformular sus ideas en términos inteligibles para el alumno, de modo que sean conscientes de ellas y, por tanto, del proceso de cambio conceptual que van a intentar.

V. Provocar situaciones de conflicto cognitivo en el que puedan ponerse en cuestión las ideas de los alumnos, intentando así generar insatisfacción frente a ellas. Esta insatisfacción ha de ser explícita y producto de un consenso del grupo. Para ello podrá ser útil:

- a) Contrastar las hipótesis alternativas de los alumnos.
- b) Ampliar su campo de experiencias, de modo que quede patente la insuficiencia de dichas ideas.

VI. Hacer explícitas y reformular con un lenguaje más ligado a los conceptos científicos, las ideas más útiles surgidas en el debate en el aula. También puede ser necesario, en otros casos, presentarlas.

VII. Aplicar estas nuevas ideas a otros problemas, mostrando cómo son capaces de sugerir otros, predecir nuevos hechos y explicar mejor y de un modo más sencillo aquellos que habían generado insatisfacción con las ideas anteriores. Conviene en este momento aplicar el análisis de los actores «coste» y «beneficio» del cambio conceptual ya citados. Puede ser interesante, por ejemplo, evidenciar cómo las viejas ideas son un aspecto parcial o incompleto de las nuevas y que siguen siendo útiles en un determinado campo. No se trata pues, de que el alumno llegue al convencimiento de que estaba muy equivocado y que después sí tiene ideas correctas, sino de conseguir que sepa valorar también las que tenía, delimitándolas convenientemente. De otro modo, lo más probable será que, fuera ya del contexto escolar, los estímulos cotidianos le vuelvan a llevar a las ideas anteriores. También es interesante observar cómo la «suavización» de los factores «coste» están relacionados con la calidad de las interacciones en el aula, con todo lo que ello implica en torno, entre otras cuestiones, al trabajo en pequeños grupos.

#### 4. APLICACION DE ESTAS IDEAS EN UNA EXPERIENCIA DE INVESTIGACION-ACCION. CARACTERIZACION DEL PROCESO DE CAMBIO CONCEPTUAL EN LOS ALUMNOS Y ANALISIS DE ALGUNAS ACTIVIDADES

Una vez trazada la secuencia propuesta para diseñar una estrategia de aprendizaje dirigida a lograr el cambio conceptual en los alumnos, describiremos algunos aspectos de una experiencia de investigación-acción realizada en el Centro de Profesores de Gandía, en una unidad de 8.º de EGB de un colegio público de la localidad (Llorens, 1989). A lo largo de los cuatro meses que duró la experiencia se introdujo el esquema conceptual básico de la Química relacionado con la teoría de Dalton, siguiendo la programación oficial. El material analizado, obtenido a partir de los registros efectuados mediante la observación en el aula por otro profesor y por los trabajos y cuestionarios elaborados por los alumnos, permitió identificar la situación inicial y la secuencia de adquisiciones que llevaron a los alumnos a un mayor o menor grado de cambio conceptual. Este fue evaluado en torno a tres criterios básicos:

- La transferencia a otras experiencias de un concepto de cambio químico como desaparición de unas sustancias y formación de otras nuevas.
- La aplicación a nuevos fenómenos de la concepción corpuscular de la materia, establecida a partir del comportamiento de los gases.
- El paso de un lenguaje descriptivo y centrado en cualidades irrelevantes a un lenguaje explicativo y fundamentado en el uso correcto del vocabulario relacionado con las magnitudes básicas: masa, volumen..., etc.

Se presentan a continuación algunas actividades concretas, cuyo objetivo es el diagnóstico y puesta en cuestión de las ideas de los alumnos, así como proporcionar la base para la discusión de estas ideas y la introducción de otras nuevas. Insistimos en que estas actividades se hallan insertas en un contexto más amplio que trata de recoger en su diseño las siete etapas formuladas para el cambio conceptual.

##### *Algunos ejemplos de actividades*

a) Estudio de la oxidación-reducción del cobre con nítrico concentrado y hierro, respectivamente. Estudios de tipo diagnóstico y aplicación de éstos al diseño de actividades.

La reacción de oxidación del cobre con ácido nítrico concentrado y la posterior reducción con hierro de la disolución de Cu (II) obtenida fue estudiada, en una primera fase, a partir del siguiente cuestionario aplicado a 120 alumnos de primer grado de FP, durante la realización práctica de la experiencia en grupos de 8-10 alumnos.

## CUESTIONARIO

1. Describe el fenómeno ocurrido.
2. ¿Qué le ha ocurrido al cobre? ¿Dónde está?
3. ¿Qué explicación se te ocurre al hecho de que el cobre vuelva a recuperarse a partir del líquido azul?

La Figura 1 recoge las principales tendencias conceptuales detectadas.

En una fase posterior, de tipo cuantitativo, se filmó la experiencia en video y, asociadas a éste, se aplicaron dos cuestiones de opción múltiple cuyos distractores fueron elaborados a partir de los resultados obtenidos en la primera fase. Intervinieron 606 alumnos (258 de 2.º de BUP y 348 de primer grado de FP) de 6 centros sociológicamente representativos de la Comunidad Valenciana. La prueba fue realizada previamente al desarrollo del temario de Química. Los resultados obtenidos quedan reflejados en la Figura 2.

Tras esta etapa diagnóstica se diseñó una estrategia para la explotación didáctica de las ideas alternativas de los alumnos. En un primer momento se llevó a cabo la explicitación y toma de conciencia por los alumnos de las diferentes ideas alternativas que se habían propuesto y a continuación, en pequeños grupos, se intentó la formulación de hipótesis que permitieran contrastar las principales ideas alternativas surgidas. De aquí surgió un esquema para el desarrollo experimental en el que establecer el concepto de cambio químico como desaparición de unas sustancias y formación de otras nuevas, así como el concepto de elemento químico como aquello que se conserva a través del cambio químico. Este desarrollo viene expuesto en la Figura 3.

Dada la peligrosidad de esta experiencia, fue realizada como demostración experimental con retroproyector. Otros ejemplos de cambio químico trabajados con la misma metodología pero con la realización del trabajo práctico por los alumnos fueron la combustión del etanol y la efervescencia con la conocida experiencia de utilizar una tableta de aspirina que se introduce en un matraz con agua, que se puede tapar con un globo, y que está situado en el platillo de una balanza. En estos casos las hipótesis alternativas más extendidas fueron la concepción de la combustión como evaporación y la preexistencia del gas entre las partículas de la tableta. Las experiencias propuestas por los alumnos para contrastar estas hipótesis fueron, respectivamente, situar un embudo al revés sobre la llama del etanol y tratar de volver a inflamar los gases que saldrían por su extremo, y desmenuzar la tableta en un mortero y repetir la experiencia estando completamente pulverizada.

Estas experiencias fueron, en realidad, una simple etapa tras la cual se realizaron actividades de consolidación y transferencia a otros hechos experimentales, todo ello dentro del esquema de desarrollo propuesto.

Dado que uno de los aspectos más problemáticos en el aula fue la dificultad de generar un clima de reflexión crítica y de propuesta de hipótesis frente a las ideas

FIGURA 1

Detección de las ideas alternativas a través de cuestionarios, entrevistas, etc.

**CAMBIO QUIMICO COMO MODIFICACION DE PROPIEDADES CON CONSERVACION DE LAS SUSTANCIAS**

Tres esquemas explicativos:

- Basado en interacciones mecánicas
- Basado en cambios de estado
- Interpretación como transferencia de las propiedades entre las sustancias

Mecha o disolución  
 Fusión (el ion Cu<sup>+</sup> es cobre en estado líquido)  
 Vaporización (El NO<sub>3</sub> es cobre en estado de vapor)

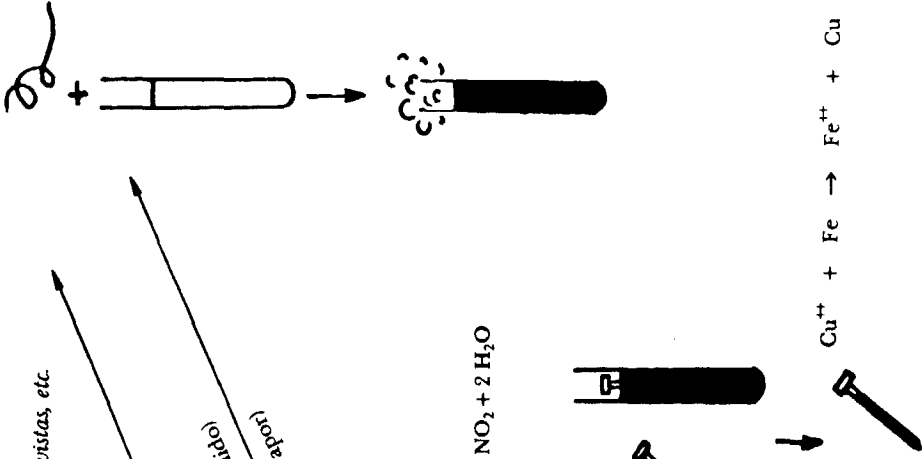


FIGURA 2

Experiencia con una muestra representativa (N = 606) de alumnos de EE.MM.

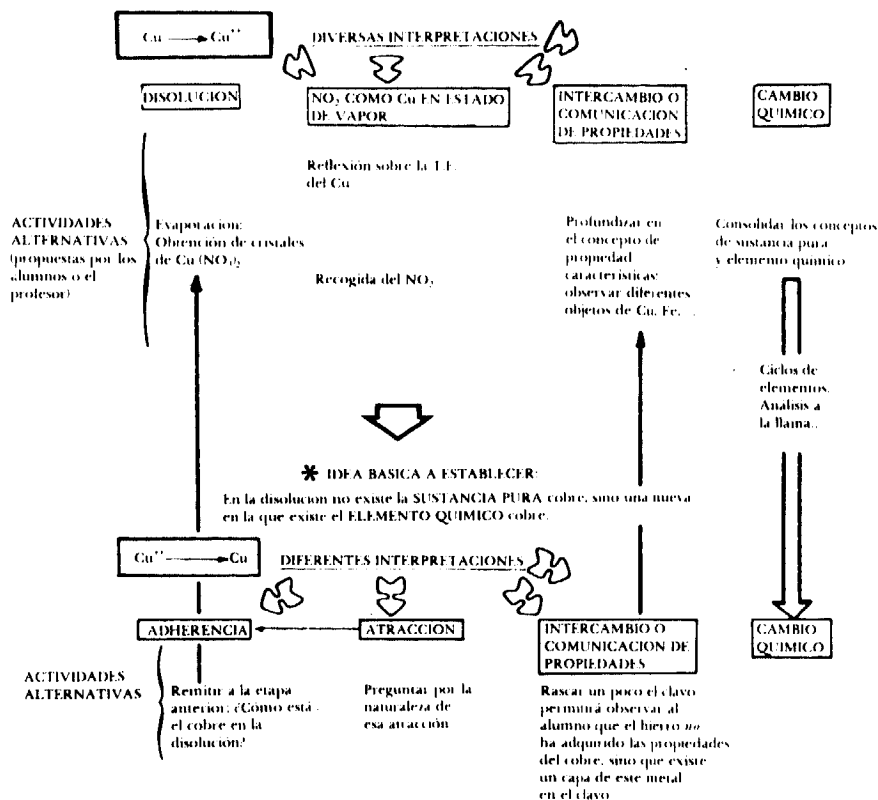
PRESENCIA DEL COBRE EN LA DISOLUCION DE  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Simple disolución .....	8,1 %
Disuelto y, en parte, en forma de vapores rojizos .....	48,3 %
En estado líquido .....	16,7 %
Como reacción química (junto a otras interpretaciones) .....	50,0 %
Sólo como reacción química .....	31,8 %

INTERPRETACIÓN DE LA REDUCCION DEL  $\text{Cu}^{++}$  A  $\text{Cu}$  CON  $\text{Fe}$

Simple adherencia .....	48,0 %
El cobre transfiere al hierro sus propiedades .....	23,6 %
Atracción de las partículas de cobre por el hierro .....	30,9 %
Como cambio químico (junto a otras interpretaciones) .....	19,5 %
Sólo como reacción química .....	13,9 %

FIGURA 3



formuladas por los alumnos de carácter apriorístico, se diseñó un nuevo tipo de actividad con el citado objetivo. Consistió en la redacción de diálogos, construidos a partir de respuestas obtenidas en los cuestionarios, en los que cada personaje representa una determinada tendencia conceptual. Al alumno, que simultáneamente realiza la experiencia, se le pregunta por su adhesión o no a estos personajes y se le pide que formule argumentos para rebatir las opciones con las que no está de acuerdo.

Esta técnica permite utilizar los tres últimos elementos del «factor coste» en contra de las ideas alternativas erróneas y a favor de las correctas, pues el alumno se ve en la necesidad de evaluarlas comparativamente. Presentamos a continuación uno de tales diálogos:

Tres compañeros, María, Eusebio y Susana, observan lo que ocurre a unos pedazos de cobre cuando se introducen en ácido nítrico concentrado y posteriormente se introduce un clavo de hierro en la disolución obtenida, sacándolo con un aspecto similar al del cobre.

Realiza tú mismo la experiencia (en la vitrina de gases o con muy buena ventilación!).

#### LEE ATENTAMENTE EL DIALOGO QUE MANTIENEN ESTOS TRES COMPAÑEROS

**María.** El cobre se disuelve como si fuese azúcar en agua y, aunque cambia de color, lo que está disuelto en el líquido es el mismo cobre que hemos introducido.

**Eusebio.** En parte tiene razón, pero ¿y esos vapores rojizos que se desprenden? ¿y las burbujas?

**María.** Eso es aire. En toda efervescencia se desprende aire. ¿No has preparado nunca una gaseosa con los papeles azul y blanco, o «litines»? ¿No has tomado nunca una aspirina efervescente?

**Susana.** No estoy de acuerdo. En esos casos tampoco se desprende aire.

**Eusebio.** A mí me parece que esos vapores rojizos son el cobre que se ha vaporizado. Fíjate en el olor. Es parecido al del cobre.

**Susana.** Esos vapores son de una sustancia nueva que se ha formado. Ha habido una reacción química.

**María.** ¡Toma! ¡Siempre que hay burbujeo, se desprende calor o pasa algo raro tenemos una reacción química! La Química es la Ciencia que estudia las cosas raras y violentas: venenos, bombas, etc. Los «profes» dicen que si el petróleo, los plásticos, los medicamentos... pero yo creo que es otra cosa.

**Eusebio.** ¿Y qué os parece lo de sacar el hierro como si fuese cobre?

**María.** ¡Es que es cobre! El ácido, al comerse al cobre, ha asimilado sus propiedades y por eso es capaz de convertir el hierro en cobre.

**Eusebio.** Yo más bien diría que le ha comunicado sus propiedades. El hierro sigue siendo hierro.



Susana. He cambiado de opinión. Ya no creo en lo de la reacción química. El cobre estaba disuelto y ha pasado lo mismo que si echo pintura en agua. Se disuelve. Yo, después, meto la mano y la saco pintada ¡Elemental!

### CUESTIONES

1. ¿Con qué compañero estás de acuerdo? Si no lo estás con ninguno ¿Cuál es tu punto de vista?
2. Escribe todo lo que se te ocurra para rebatir las ideas de aquellos con los que no estás de acuerdo.

#### *Experimentación en el aula*

Esta actividad fue realizada con 50 alumnos de primer grado de FP, todos ellos con el Graduado Escolar, previamente a la introducción de los conceptos básicos de Química. Los resultados obtenidos fueron:

Dan la razón a:

Eusebio y Susana	18	alumnos	Susana (al final)	9	alumnos
Eusebio	8	"	Susana (al principio)	4	"
Eusebio y María	4	"	Susana y María	1	"
María	1	"	Parte de razón a todos	4	"
Con ninguno	1	"			

#### *Algunos comentarios*

Tan sólo cinco alumnos señalan, acertadamente, que ninguno de los personajes tiene toda la razón, o que Susana la tiene sólo al principio, pero utilizando argumentos que denotan la presencia de errores conceptuales, como en el siguiente caso:

«No estoy de acuerdo con ninguno de los personajes porque cuando introducimos el cobre en agua y ácido nítrico lo que se come o hace disminuir la densidad del cobre es el ácido nítrico y los gases desprendidos son las sustancias del cobre.»

La desvinculación entre sustancia y propiedad también se observa en argumentos como los siguientes: (Refiriéndose al cobre depositado por reducción del  $\text{Cu}^{++}$ )

«Son las propiedades del cobre que se han quedado con el ácido y cuando metes el clavo de hierro sus propiedades se quedan pegadas al clavo.»

«El hierro, al meterlo en el ácido, le ha comunicado sus propiedades. El hierro sigue siendo hierro.»

En el caso siguiente se muestra cómo el concepto de reacción química puede ser utilizado según un esquema conceptual incorrecto.

«El cobre no se disuelve. Se produce una reacción química y, por decirlo así, el residuo de cobre, la parte que no se ha convertido en gas, se queda mezclada con el ácido nítrico. El gas producido no puede ser aire ya que, fijándonos en este caso, el gas producido es rojizo y el aire no tiene ese color... Creo que el gas desprendido era cobre, mezclado con alguna partícula de ácido. Se ha producido una reacción química. Yo creo que el ácido está impregnado con el cobre y, al poner el hierro, se produce una reacción y se pinta de cobre.»

La extraña función que algunos alumnos asignan a las «propiedades» se observa también en la siguiente respuesta:

«Pero tiene (refiriéndose a la disolución) las propiedades asimiladas y cuando metemos el clavo como están las propiedades del cobre en el agua se queda el clavo mojado y con el cobre apegado, pero el hierro sigue siendo hierro.»

Frecuentemente, las respuestas evidencian la superposición de diferentes esquemas alternativos:

«Al colocarlo en el interior de la probeta, el metal (Cu), en este caso, el ácido lo ha corroído, desprendiendo vapores (propiedades del cobre). El vapor tiene aspecto rojizo porque la primera capa del cobre es la que se evapora más fácilmente.»

También, en ocasiones, se emplean argumentaciones extracientíficas:

«Creo que María no tiene razón, porque si la tuviera, con hierro y muy poco ácido nítrico se podría hacer cobre y creo que el cobre vale más que el precio que se pondría que sale así.»

El aspecto más relevante, sin embargo, que podemos apreciar en las respuestas de los alumnos es la total ausencia de argumentaciones basadas en la contrastación empírica de alguna hipótesis. Se observa una tendencia muy arraigada a rebatir las opciones con las que se está en desacuerdo a partir de afirmaciones apriorísticas y dogmáticas, hecho que quizá no deba resultar tan extraño teniendo en cuenta la metodología con que tradicionalmente se enseñan las ciencias y los hábitos de pensamiento existentes en nuestra sociedad.

b) Discusión de representaciones daltonianas de hechos experimentales.

Otro tipo de actividades que hemos diseñado está basado en el empleo de representaciones inspiradas en la teoría de Dalton de diversos procesos. En una primera fase, de carácter diagnóstico, se solicitaba del alumno representar un proceso utilizando los símbolos de Dalton. En las dos siguientes figuras se muestran algunos resultados.

A partir de las respuestas de este cuestionario se elaboró un conjunto de fichas de trabajo para actividades experimentales, asociadas a un conjunto de transparencias para retroproyector, que están actualmente en proceso de experimentación. Mostramos a continuación un ejemplo de este tipo de actividad.

FIGURA 4

Diversas interpretaciones corpusculares de la evaporación del agua

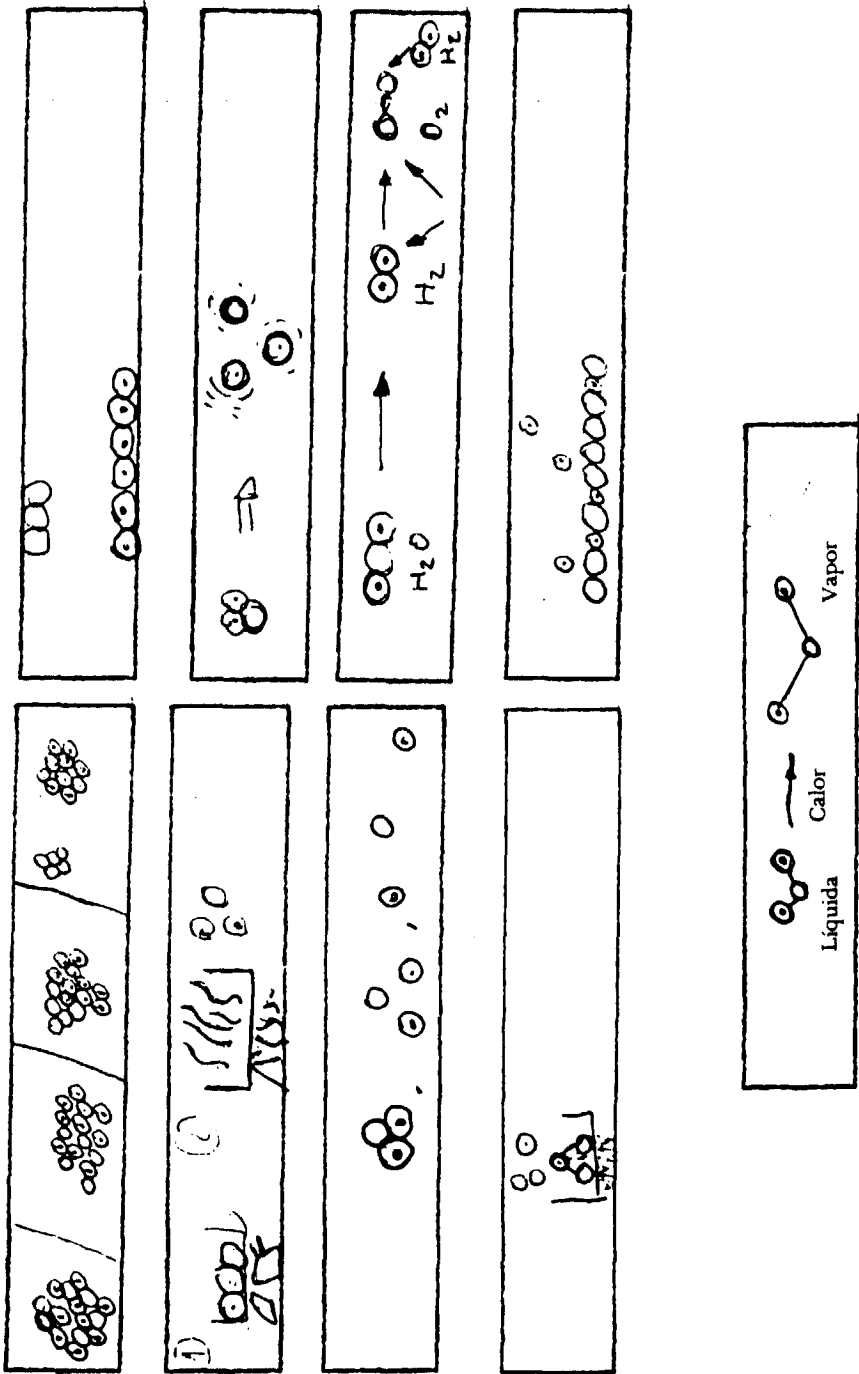


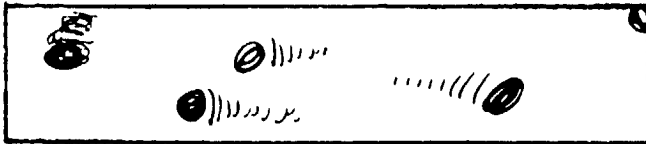
FIGURA 5

*Interpretaciones corpusculares de la combustión del carbono*

- Formación de agregados de átomos de C y O donde parece representarse un proceso de mezcla.



- Aumento en la agitación térmica del carbono. Confusión entre calentamiento y combustión.



- En las proporciones estequiométricas correctas.

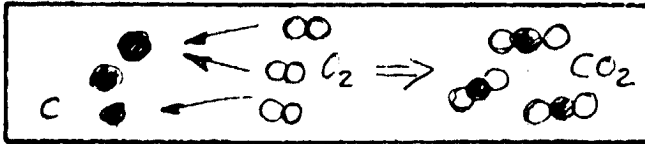


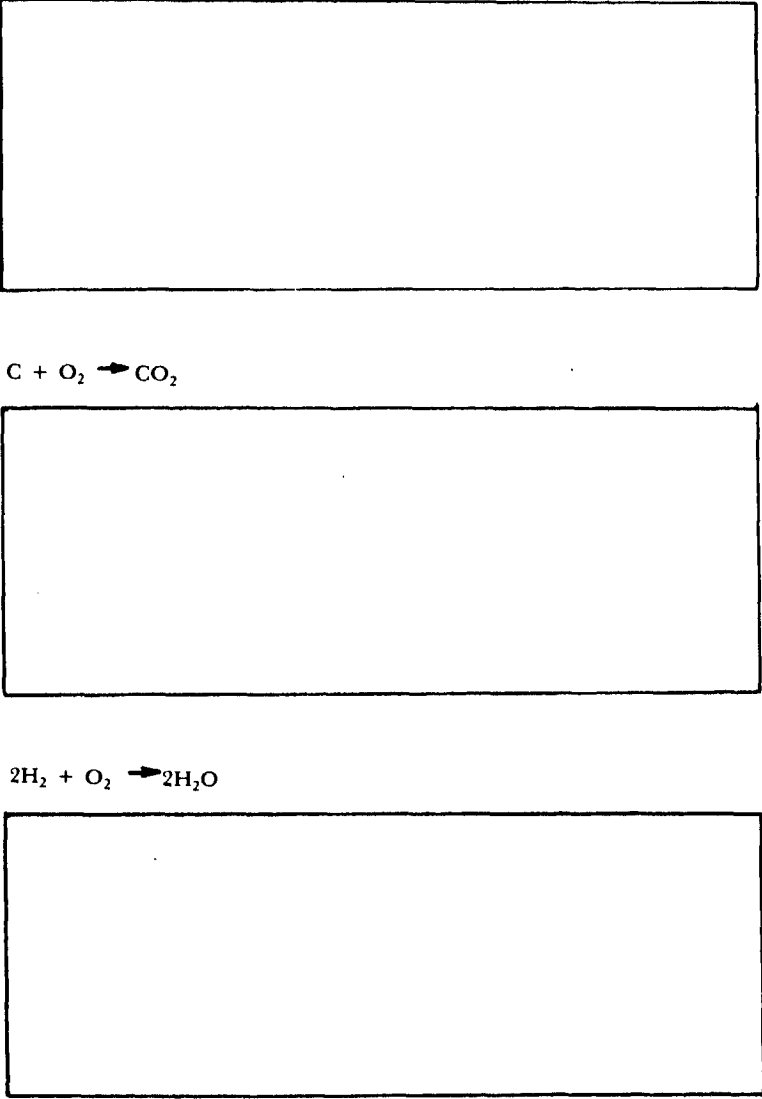
FIGURA 6

Utilizando el modelo propuesto (círculos diferentes para simbolizar átomos de distintos elementos), representa cada uno de los procesos que aparecen en las fichas.

$\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

The figure contains three vertically stacked rectangular boxes, each intended for a student to draw a molecular model. The first box is positioned below the equation  $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . The second box is positioned below the equation  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ . The third box is positioned below the equation  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . All boxes are currently empty.

Frente al conjunto de experiencias sobre el cambio químico que un alumno puede poseer al comenzar las EE.MM. creemos que el modelo de Dalton cumple cada uno de los cuatro aspectos del factor «beneficio». Por ello, la discusión de diferentes representaciones alternativas de un fenómeno permite utilizar estos factores favoreciendo la comprensión del concepto de cambio químico.

Dentro de esta línea, la siguiente actividad está encaminada a lograr que el alumno coordine adecuadamente el nivel macroscópico –experimental–, la interpretación atómico-molecular y la representación convencional de una reacción química.

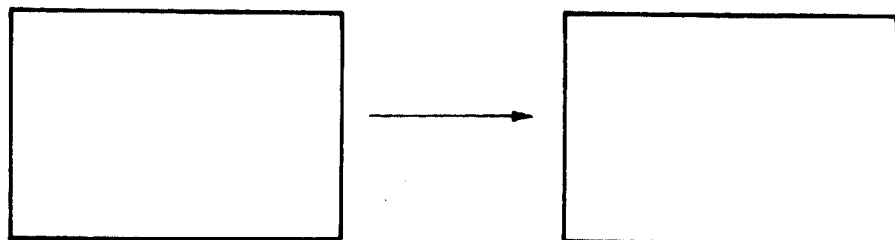
FIGURA 7

Introducir unos pedazos de granalla de zinc en el HCl 2M. Observar el desarrollo de la reacción.

Siendo su esquema.



representar, utilizando círculos diferentes para los átomos de cada elemento, los estados inicial y final de la reacción. Como consecuencia de esta representación, ajustarla.



## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los estudios de tipo diagnóstico muestran claramente la necesidad de una muy profunda reestructuración de la iniciación al estudio de la Química en la enseñanza básica y secundaria. Los ejes de esta reestructuración, a nuestro juicio, serían:

Desde el punto de vista de los contenidos:

- Insistir en la fundamentación química de la teoría de Dalton, concediendo especial importancia a la ley de las proporciones constantes como fundamento de una explicación corpuscular del cambio químico. Al mismo tiempo el concepto de elemento químico debería ser convenientemente distinguido del de sustancia simple (Viovy, 1984), presentándolo como aque-

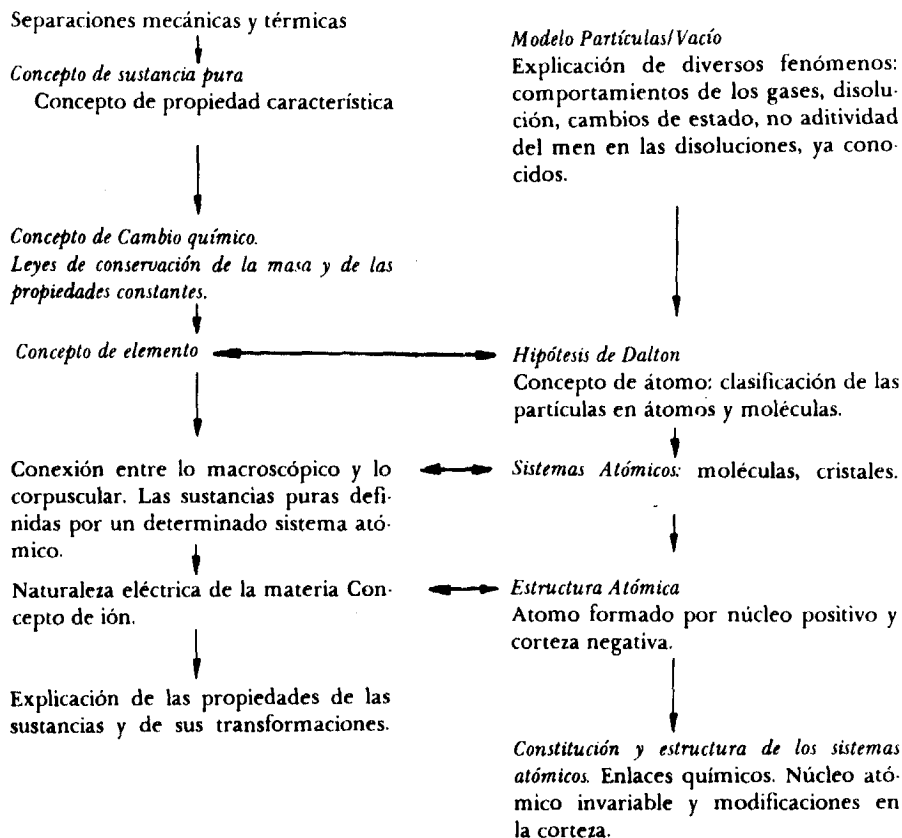
llo que se conserva a través del cambio químico. De este modo el concepto de átomo puede ser presentado eficazmente asociando a cada elemento químico un determinado tipo de átomos (Teoría de Dalton). En niveles sucesivos ya se introduciría el concepto de isótopo definiendo entonces el elemento químico por un determinado valor de Z.

- Necesidad de una mayor familiarización con el manejo y observación de gases, para que el estudio de sus leyes contribuya a la comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia.
- Introducir, tal como señala Pfundt (1981) la noción de «sistema atómico» como concepto más general e inclusivo que molécula o cristal. A partir de ahí puede definirse un concepto de sustancia pura como definida 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, pues es a veces aplicado a sustancias con estructura cristalina. El concepto de sistema atómico es, en cambio, útil en todo tipo de sustancias.
- Desde un punto de vista más global la iniciación a la Química habría que contemplarla como la introducción de modelos de materia de sucesiva complejidad adaptados cuidadosamente a la naturaleza de los hechos experimentales que son capaces de explicar y predecir. Así, en lugar de una presentación precipitada de la teoría de Dalton y la definición en base a ésta de los sistemas materiales y del cambio químico, habría que lograr, en primer término, que el alumno fuese capaz de describir y comprender los cambios que tienen lugar en un sistema en términos de las magnitudes físicas básicas: masa, volumen, temperatura, etc.; que hubiera consolidado el concepto de sustancia pura como sistema material de unas propiedades características específicas y que hubiera también asumido un modelo partículas-vacío como primer paso que permite explicar con sencillez las leyes de los gases, los cambios de estado, los procesos de disolución, etc. De un modo esquemático, representamos en la figura 6 una posible secuencia de aprendizaje, basada en la interconexión de dos líneas de trabajo paralelas, una de tipo fenomenológico y otra de modelización y que, obviamente, guarda una indudable conexión con el diagrama que muestra la evolución de las ideas del alumno.
- Sería también conveniente un más cuidadosa selección de los hechos experimentales sobre los que se ha de apoyar la introducción de los conceptos, seleccionando aquellos que los estudios de tipo diagnóstico revelen menos susceptibles de generar confusiones. Así, por ejemplo, en la introducción del concepto de cambio químico cabría utilizar experiencias en las cuales fuera muy evidente la diferencia entre las propiedades características de reactivos y productos y no posea demasiados rasgos perceptivos análogos a los de cambios físicos conocidos.

En el terreno de lo metodológico las actividades propuestas, que hemos utilizado en diez actividades experimentales distintas, con una metodología análoga a la expuesta en el ejemplo de la oxidación-reducción del cobre, han resultado ser pro-

FIGURA 8

LINEA FENOMENOLOGICA



metedoras en el sentido de que contribuyeron a generar una actitud de reflexión crítica y a estimular el pensamiento hipotético. Ello fue observado, más que en las contestaciones a los cuestionarios —que, en definitiva, estaban más orientados a ser útiles como investigación del profesor— en la discusión abierta que se producía después, hecho que nos parece especialmente relevante.

La experiencia fue evaluada analizando la producción de cada alumno a través de las actividades ordinarias de clase y de sus respuestas a cuestionarios consistentes en un diagnóstico inicial y otros dos posteriores cuyo objetivo era evaluar la capacidad de transferencia a nuevos hechos experimentales de los conceptos introducidos. Desde el punto de vista estrictamente conceptual, los criterios utilizados para considerar la existencia de un cambio positivo fueron los tres ya señalados al comienzo del apartado 4, introduciendo además como otro factor restrictivo la no



aparición de ninguna de las preconcepciones erróneas típicas caracterizadas en el diagnóstico inicial.

De los 31 alumnos del grupo, pudo realizarse el análisis sobre 25, que habían cumplimentado todos los cuestionarios. En 17 de ellos se cumplieron los criterios establecidos, lo cual, en el contexto del curso, ha sido valorado positivamente por las distintas partes involucradas en la experiencia: profesor, asesor de CEP (que actuaban alternativamente como observadores), alumnos y dirección del centro. Sin embargo, el progreso más notorio ha sido considerado, a partir de estas valoraciones, el desarrollo de un método de trabajo en el aula cooperativo y de actitudes positivas en el alumno. Desde el punto de vista del centro, la organización, puesta en marcha y adecuación didáctica del laboratorio. Por todo ello, esta experiencia puede considerarse prometedora y será objeto de sucesivas aplicaciones en próximos cursos.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, B. «The experimental gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions in science». *European Journal of Science Education*, 8, 1986, pp. 115-171.
- Astolfi, P. «El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos». *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), junio de 1988.
- Cagliardi, R. «Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación». *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), marzo de 1986.
- Ben Zvi, R.; Eylon, B.; Silberstein, J. «A study of student conceptions of structure and process». *Department of Science Teaching. The Weizsman Institute of Science*, Rehovot, Israel, 1982.
- Brook, A. «Children's Learning in Science Project. Aspects of Secondary Students' understanding of the particulate nature of matter». *Centre for Studies in Science and Mathematics Education*. University of Leeds, 1984.
- Carrascosa, J. «Diferencias entre los preconceptos de Mecánica y Química». *II Congreso Internacional sobre Didáctica de las ciencias y de las matemáticas*. Valencia, 1987.
- Carrascosa, J. y Gil, D. «La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias». *Enseñanza de las ciencias*, 3, 1985, pp. 113-120.
- Clement, J. «Students' Preconceptions in Introductory Mechanics». *American Journal of Physics* 50, 1982, pp. 66-71.
- Driver, R. y Erickson, G. «Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of student's conceptual frameworks in science». *Science Education*, 10, 1983, pp. 37-60.
- Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC, Morata, 1989 (*Children's Ideas in Science*, Open University Press, 1985).
- Furió, C. y Hernández, J. «Ideas sobre los gases en alumnos de 11 a 15 años». *Enseñanza de las ciencias*, 1 (2), 1983.
- Gilbert, K. J.; Osborne, R. J. y Fensham, P. J. «Children's science and its Consequences for Teaching», *Science Education*, 66, 1982, pp. 623-633.
- Gilbert, K. J. y Watts, M. D. «Conceptions, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in Science Education». *Studies in Science Education*, 10, 1983, pp. 61-98.
- Kelly, G. A. *The Psychology of Personal Constructs*. New York, W. W. Norton, 1955.

- Kuhn, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 1975.
- Learning in Science Project*. Nueva Zelanda, University of Waikato, 1982.
- Lakatos, I. *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid, Tecnos, 1982.
- Llorens, J. A. *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 no publicada, Universidad de Valencia, 1987.
- Llorens, J. A. y de Jaime, M. C. «El medio cultural y la adquisición de los conceptos científicos». *Infancia y Aprendizaje*, diciembre 1987.
- Llorens, J. A. «La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje». *Investigación en la Escuela*, 4, 1988.
- «La introducción a los conceptos básicos de Química. Una experiencia de investigación en el aula». *CEP Gandía (documento interno)*, junio de 1989.
- Meheut, M. «Pupil's (11-12 years old) conceptions of combustion». *European Journal of Science Education*, 7 (1), 1985, pp. 83-93.
- Mosterin, J. *Conceptos y teorías de la ciencia*. Madrid, Alianza Editorial, 1984.
- Novak, J. D. «Constructivismo humano: Un consenso emergente». *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), noviembre 1988.
- Osborne, R. J. y Cosgrove, M. «Children's conceptions of the change of state of water». *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (9), pp. 211-217.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. «Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change». *Science Education*, 66, 1982, pp. 211-227.
- Pozo, J. I. *Los adolescentes y el pensamiento causal en ciencias*. Madrid, Editorial Visor, 1987.
- Shayer, M. y Adey, P. *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Solbes, J. *El model quàntic de l'àtom*. Valencia, Servei de Formació Permanent, Universitat de València, 1988.
- Solomon, J. «Social Influences on the Construction of Pupil's Understanding of Science». *Studies in Science Education*, 14, 1987, pp. 63-82.
- Stavy, R. «Children's ideas about 'solid' and 'liquid'». *European Journal of Science Education*, 7, (4), pp. 407-421.