

Universitas

Julio-Diciembre
de 2000

SCIENTIARUM

ISSN 0122-7483



$$-\int \frac{Gdm}{S^2} \cos \phi$$



Volumen

5



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD JAVERIANA
Revista de la Facultad de Ciencias



ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE ENSEÑANZA DE QUÍMICA

María Teresa Martín-Sánchez

IES Fernando de Rojas, Salamanca, España

Manuela Martín Sánchez

Facultad de Educación, Universidad Complutense, 28040 Madrid, España

Es importante en enseñanza tener en cuenta que ningún medio, método, técnica... es la panacea, por eso se debe tender a buscar un equilibrio en la utilización de todas las posibilidades, pensando que siempre que se abuse de una de ellas se está perdiendo todo lo que de bueno y positivo tienen las demás y se está inclinando el péndulo hacia un extremo, que puede ser tan malo como el opuesto.

Lo más importante sería ser capaz de buscar cuál es el método, medio, técnica más adecuado en cada momento y eso solamente lo puede conseguir un profesor con una buena formación científica y lleno de entusiasmo, dispuesto a echar horas trabajando con sus alumnos y también buscando nuevas posibilidades.

En la enseñanza nunca se dan dos situaciones exactamente iguales por el gran número de variables que intervienen: profesor, alumnos, medios, y un largo etc., hasta la hora del día, las horas que alumnos y profesor llevan trabajando, algún suceso inesperado... El profesor tiene que tener capacidad para reaccionar, en todo momento, y encauzar algo que parecía que no le interesaba a los alumnos hasta conseguir que la mayoría formen parte activa.

Los alumnos, lo mismo que los profesores, no son nunca seres ideales y muchas veces, a una gran mayoría, es necesario convencerlos de que es muy importante para su formación aprender a trabajar y trabajar bien, para ello es fundamental el entusiasmo y el buen hacer del profesor.

Por otra parte creemos que, en este momento, se están haciendo unos esfuerzos enormes por investigar cómo aprenden los alumnos y se ha dejado abandonada la tarea de ser profesor. Evidentemente para ser buen profesor es necesario tener en cuenta cómo aprenden los alumnos, qué problemas tienen, si siguen o no lo que estamos tratando de enseñarles pero todo eso se puede percibir sin gastar el tiempo en grandes investigaciones, y utilizando el tiempo en "enseñar".

A los alumnos es necesario enseñarles a observar, a hacerse preguntas frente a un fenómeno cualquiera, pero todo eso no lo puede hacer si al mismo tiempo no adquiere unos conocimientos. Para pensar, para buscar, para plantearse preguntas se necesita tener conocimientos.

Aprender los principios de cualquier materia es lo mismo que aprender a leer en esa materia, para saber leer se necesita conocer las letras, para poder leer entendiendo se necesitan unos conocimientos mínimos. Esos conocimientos mínimos es mejor intentar transmitirlos de forma secuenciada. Queremos decir con esto que, después de más de treinta años enseñando, hemos podido comprobar, que se defienden mejor y son capaces de seguir buscando, cualquier alumno que siguió un programa más o menos tradicional de contenidos mínimos que aquellos que se les intentó explicar basándose en temas concretos, como por ejemplo "el agua", introduciendo sobre la marcha los diferentes conceptos. Por supuesto, para mantener el entusiasmo y el interés de los alumnos es muy importante recurrir a ejemplos de

la vida diaria cada vez que un tema se presta a ello o experimentos sencillos que pueden entender y que si son más llamativos dejarán más impacto en ellos y les permitirá recordar mejor. Aunque como todo tiene su peligro, puede ocurrir que se acuerden sólo del ejemplo sin haber entendido el concepto.

La Química es una ciencia complicada para los alumnos, con un lenguaje completamente diferente, su aprendizaje es costoso. Siempre aprender "cuesta", pero saber es muy gratificante. Para que los alumnos no se queden en la cuneta sigue siendo imprescindible el entusiasmo del profesor que les empuja y, sin lugar a dudas, a pesar de todo, siempre habrá algunos con los que no consiga mucho, normalmente, hasta esos, al pasar los años siguen apreciando el ambiente de trabajo y de búsqueda que se les inculcó en las clases.

En los niveles de secundaria es importante ir muy despacio, repetir los conceptos, hacer experimentos, hacer problemas numéricos y cualquier tipo de ejercicios que les sirva para repasar, afianzar y entender los conocimientos que queremos transmitirles.

La Química es la ciencia que estudia la estructura de la materia y sus reacciones, ciencia que resulta extremadamente difícil porque con ella se pretenden explicar unos hechos y fenómenos macroscópicos imaginándose unas explicaciones submicroscópicas, esto hace que, a un nivel elemental, resulte mucho más difícil que la Física para los alumnos y también ha hecho que históricamente se hayan descubierto antes importantes fenómenos físicos y se haya tardado más tiempo en llegar al descubrimiento de los químicos.

Cualquier profesor sabe lo que le cuesta a los alumnos de secundaria, imaginarse cuál es el tamaño de los átomos y de las moléculas. Cuando hablas con ellos te das cuenta que creen que se pueden contar y ver las moléculas, quizá porque se confunden con la idea de célula que sí la han visto al microscopio.

La obtención experimental del yoduro de plomo (II) se utiliza con frecuencia para que los alumnos sean capaces de darse cuenta de que para que se produzca una reacción tiene que haber un contacto físico de los reactivos. Para ello se les pide a los alumnos que observen y describan el yoduro de potasio y el nitrato de plomo (II). A continuación deben mezclar en un mortero unos cristallitos de cada uno y decir si se observa alguna alteración. Después deben pulverizar con la mano del mortero los dos productos juntos y anotar si ha habido algún cambio. De hecho se nota que empieza a reaccionar porque se pone amarillo. Por último, deben juntar las disoluciones de las dos sales para que vean que entonces la reacción se produce rápidamente. Después de realizar el experimento con alumnos de magisterio, una de nuestras alumnas, decidió pasar una encuesta, no demasiado bien hecha, en la que preguntaba a qué se debía el diferente comportamiento en los tres casos, y daba como una posible respuesta que al pulverizar con la mano del mortero se rompían los átomos, pues curiosamente esa posibilidad obtuvo en aquella investigación más del cuarenta por ciento de las contestaciones. Evidentemente quedó claro que no tenían ni idea de lo que era un átomo.

Sin entender lo que son átomos, moléculas, iones, enlaces químicos, teoría cinético molecular, reacción química, energía y entropía no se puede hablar de una formación química. El valor formativo derivado de llegar a entender estas ideas que suponen la doctrina de la ciencia Química es incalculable.

Cuando un profesor ha impartido una materia durante varios años, no hace falta que sean muchos, y se ha preocupado de comprobar qué sucede con los alumnos que tiene en el aula y qué entienden de esa materia los alumnos, se da cuenta de que existen una serie de temas, conceptos, etc. con los que siempre, año tras año, tienen los mismos problemas.

¿Cómo se les puede ayudar a superar esos problemas y esas situaciones? Consideramos que de alguna manera, pueden ser preguntas planteadas por escrito (transparencias, fotocopias), ejerci-

cios, una simple conversación en el aula,... tratando de atacar estos problemas haciendo que los alumnos reflexionen sobre ellos, se den cuenta de sus errores e intentar que cambien sus esquemas.

La habilidad del profesor para plantear cuestiones orales o escritas, es la mejor forma de abrir la mente de los alumnos para que se fijen e intenten aprender lo que se le está planteando. De esta forma llegarán a adquirir conocimientos que sean verdaderamente significativos. Este tipo de cuestiones son las que un alumno no puede encontrar en un libro por muy bueno que sea. Como dice Carlton (1996) *“Un profesor de ciencias debe ser visto por sus alumnos como un co-inquiridor, no como una autoridad... siempre contestará una cuestión con otra cuestión...”*.

Que este método tiene problemas, contra los que habrá que luchar para que no se produzcan, no cabe ninguna duda. Para que esta forma de trabajar funcione cuando se está haciendo con un “grupo grande de alumnos” lo primero que se necesita es convencer a los alumnos que todos deben participar intentando contestar las cuestiones que se plantean, para lo cual desde el primer día será necesario establecer unas reglas de participación. Atender es entender, entender lleva retener y retener permite recordar. Sólo se puede pensar sobre lo que se recuerda. Será necesario que en este diálogo con todos los alumnos se dé tiempo suficiente para poder contestar las preguntas que se plantean. De alguna manera habrá que luchar contra los alumnos que no están dispuestos a contestar, porque creen que queda en evidencia su ignorancia y convencerlos de que ignorantes somos todos, para poder aprender se debe estar dispuesto a preguntar y a intervenir. Nunca suele ser irrelevantes las cuestiones que plantean los alumnos si se ha conseguido llegar a un clima adecuado en el aula.

Será necesario de alguna manera localizar a los más pasivos para intentar que todos participen, por eso, como sistema las cuestiones no podrán estar dirigidas a la clase en su totalidad, será bueno que vayan dirigidas a un alumno en concreto, pero cambiando constantemente de destinatario

Para tener éxito en la enseñanza es necesario conjugar cómo aprenden los alumnos, que no todos aprenden igual, cuáles son los intereses de los alumnos en un momento determinado que suelen ser de lo más variados, pero predominando en un porcentaje altísimo los que sólo quieren pasar la asignatura y si es sobresaliente todavía mejor y, sin duda, si no tiene que hacer nada mucho mejor.

Nunca estará justificado pretender tener éxito, como está plenamente demostrado, con una enseñanza por descubrimiento, se ha comprobado hasta la saciedad que sería lentísima. Es absurdo pensar que los alumnos pueden llegar a descubrir lo que se ha tardado dos mil años en descubrir. Por otra parte, tampoco puede servir para aprender a trabajar como trabajan los científicos, será una simple parodia de lo que hacen los investigadores. Éstos tienen unos conocimientos, se pasan gran parte de su tiempo en la biblioteca, no siguen un camino único, ni esos pasos que nos pretenden contar en los libros que es el método científico. Los científicos se plantean un problema, un camino a seguir para resolver ese problema, pero dicho camino no va a ser nunca en línea recta, el hecho de que sea tortuoso y lleno de obstáculos le hará cambiar con frecuencia y buscar otros caminos. Puede que este modelo sea válido para algo muy puntual y nunca planteado como un verdadero descubrimiento.

Todos, los alumnos y los profesores, somos muy limitados y bastante incapaces de descubrir, así por las buenas, por muy bien planteadas que nos las pongan, muy pocas cosas. Cuando comenzamos a trabajar por primera vez con los alumnos en el laboratorio, hicimos unas fichas guía con una abundante bibliografía a su disposición, pero muy limitadas en cuanto a instrucciones, pensando que ellos serían capaces de seguir mis propuestas. Pronto nos dimos cuenta que aquéllo no funcionaba, cuando fueron pasando los años nos hemos convencido que para que los alumnos no abandonaran el trabajo, unos porque se perdían y otros porque se aburrían, era necesario que la ficha de trabajo le proporcionara más ayudas.

Siempre nos han llamado la atención las cosas que dicen algunos investigadores en Didáctica

que son capaces de hacer los alumnos, que dejan patente que no han visto nunca un alumno de cerca mas que para pasar las encuestas. Evidentemente, ni ellos mismos, ni los alumnos si no tienen ya unos conocimientos previos o han trabajado de alguna forma en temas similares son capaces de resolver. Recuerdo en cierta ocasión, en una conferencia sobre Enseñanza de la Física, hablando de la caída de los cuerpos y exponiendo el conferenciante cómo se podía plantear el problema a los alumnos, para que ellos fueran capaces de buscar las variables que intervinían, y diseñar algún experimento que le permitiera comprobarlo, como los alumnos se daban cuenta que los objetos caían muy rápido y era difícil hacer medidas se les preguntaba de qué otra forma lo podrían hacer y los alumnos dirían que utilizando la máquina de Atwood. Automáticamente levantamos la mano varios de los asistentes y le preguntamos que de dónde había sacado alumnos capaces de hacer ese planteamiento, salvo que antes hubieran trabajado ya con la máquina de Atwood. Por supuesto, el mismo sería incapaz de ese planteamiento si no la hubiera utilizado.

Intentar seguir el modelo de investigación y plantear el proceso enseñanza-aprendizaje como resolución de problemas, tampoco puede ser válido como método único, porque para poder resolver los problemas y no perderse se necesitarán unos conocimientos que, muchas veces, no serán tan mínimos y que será mejor transmitirlos por vía "expositiva" para que los alumnos tengan en qué apoyarse para resolver y plantear problemas.

No siempre lo que se piensa que va a funcionar será el método ideal o ayuda eficaz en la práctica. Al final de los años setenta, en la universidad de Ljubliana que funcionaba francamente bien, en aquella época, en la formación y puesta al día de los profesores, pensaron que lo ideal para enseñar la geografía a los alumnos de primaria sería hacer unas películas del tipo de las que tenían gran aceptación entre los alumnos de aquella edad, pero que los episodios se desarrollaran siempre junto a montes, ríos, etc. cuyos nombres constantemente se repetían. El resultado final fue que la mayor parte de los alumnos se aprendieron todos los nombres de los actores pero

prácticamente ninguno aprendió los nombres de los ríos, montañas, etc.

No basta enseñar Química, es necesario enseñar cómo aprenderla. Como dice Dudley (1996) el profesor debe:

1. Identificar y corregir las deficiencias en los procesos generales de pensamiento de los alumnos.
2. Enseñar conceptos específicos, operaciones y vocabulario que requiere el curso.
3. Desarrollar una necesidad intrínseca de pensar "preguntándose" o "investigando" y, de usar de forma espontánea de pensamiento operacional mediante la producción de esquemas cristalizados y de hábitos de formación.
4. Producir comprensión y entendimiento del propio proceso de pensar del profesor, en particular de aquellos procesos que producen éxitos o fracasos.
5. Producir una motivación intrínseca que se refuerza por el significado del currículo en un amplio contexto social.
6. Cambiar la orientación de los estudiantes, de ser receptores pasivos de lo que les dice el profesor, a ser generadores activos de conocimiento.

"La educación debe hacer individuos autónomos capaces de adquirir información por sí mismos, juzgar la validez de la información adquirida y hacer deducciones razonables relacionadas con dicha información" (Dudley Herron, 1984).

No se presupone que la enseñanza de tipo expositivo debe estar fuera de lugar, lo único que se insiste es que cuanto mayor sea la interacción entre el profesor y el alumno, de los alumnos entre sí, etc. se está favoreciendo la posibilidad de aprendizaje, con la formación de nuevos esquemas.

Me uniría a lo que decía Dudley Herron (1984)

“La influencia fundamental que las investigaciones en psicología y en educación han tenido en mi propia enseñanza es la variación en la parte de tiempo que dedico a hablar a los alumnos en relación con el que dedico a preguntarles qué piensan ellos”.

El desarrollo de cada idea o cada concepto se debe de hacer paso a paso, de forma que los alumnos entiendan por qué los químicos han llegado a ese nuevo concepto. Por ejemplo, si definimos *metal* como un elemento que tiene más tendencia a ceder electrones y no metal como más tendencia a coger, lo primero que se planteará un químico cómo podrá cuantificar esas tendencias y tendrá que definir unas nuevas magnitudes que de alguna forma les permita cuantificarlas

Si vamos a hacer la reacción del yoduro de potasio y el nitrato de plomo (II), sabemos que debemos calcular las cantidades, pero resulta que hemos visto que debemos utilizar disoluciones, lo primero será cómo nos las arreglamos para calcular las cantidades partiendo de las disoluciones. ¿Qué es concentración de una disolución y cómo nos interesa medirla para facilitar los cálculos?

Lo que debe quedar claro es que los profesores no deben ser como un simple libro dispensadores de información. Tampoco pueden seguir un modelo de enseñanza a rajatabla de los que pueden encontrar escritos en los manuales como probados con éxito en las investigaciones, entre otras cosas porque en enseñanza no existen dos situaciones idénticas. Deben de tener unos conocimientos de la materia, de la psicología y de la didáctica que les permita utilizar lo que es más adecuado en cada momento. Deben transmitir a los alumnos información, ayudarles a entender y descubrir por qué esa información es importante, enseñarles a utilizar la información para resolver problemas o para preguntarse otras cuestiones.

El vocabulario es muy importante, pero su significado puede variar según el contexto y ese contexto, muchas veces, pasa desapercibido para

el profesor que lo está utilizando constantemente pero le produce líos y complicaciones a los alumnos cuando utiliza el mismo término que ya no tiene exactamente las mismas características. Por ejemplo se han descrito comportamientos de los ácidos y a continuación se habla de que el vino está ácido pero resulta que ya no reacciona con el cinc produciendo hidrógeno.

Una de las dificultades de la Química reside en el carácter abstracto de un gran número de conceptos que no se pueden ver, ni pueden ser significativos para los alumnos, por ejemplo cómo pueden diferenciar conceptos como elemento, compuesto y mezcla.

Muchos conceptos de los que enseñamos son abstractos y tiene pocos rasgos que les permitan unirlos a la experiencia diaria.

No se pueden enseñar conceptos que no se conocen ni dominan perfectamente.

Muchos de los conceptos de química están hechos basándose en modelos y descubrimientos que han costado varias generaciones.

La adquisición de nuevos conceptos por asimilación o acomodación da origen a nuevos esquemas y lo puede hacer de tres formas por agregación, sin modificar prácticamente los esquemas, por ajuste, envolviendo pequeños cambios y por reestructuración que lleva consigo la creación de nuevos esquemas. La reestructuración se puede hacer por generación de estructuras, en las que un esquema se copia prácticamente igual para incluir un pequeño cambio. O también por inducción de un nuevo esquema cuando no es válido el armazón que ya existía.

Por otra parte, de un mismo concepto tenemos definiciones a nivel microscópico y macroscópico, añadiendo, además, a veces, una representación por un símbolo. No existen atributos que se puedan detectar visiblemente, que puedan aclarar a un alumno que está empezando, la diferencia entre elemento y compuesto.

¿Por qué el aluminio es un elemento y el agua es un compuesto? No es visible para el alumno, ni

puede entender, sin tener un grado mayor de abstracción, junto con más conocimientos que el aluminio es un ejemplo de elemento y el agua no lo es.

Algo similar sucede con la mezcla y compuesto, si se trata de una mezcla homogénea. Entiende perfectamente las heterogéneas como puede ser hierro y arena, sin embargo, no lo entenderá si hablamos de aire, leche, vino... etc.

Con relación al concepto de mol como un número de entidades no deberían tener problema los alumnos porque es algo concreto, un número de cosas, elementos, electrones, iones... etc., sin embargo, si tienen problema para hacerse una idea del tamaño tan enorme de ese número y a su vez del tamaño tan superpequeño de las moléculas, los átomos, etc.

Necesitarán una serie de ejemplos concretos, de ejercicios numéricos, etc., para que lo puedan llegar a entender. Incluso a los que estamos trabajando con ese número hace años, muchas veces nos quedamos sorprendidos al contarnos hechos reales relacionados con dicho número o con números de órdenes similares. Nos sorprendió un día un profesor de Matemáticas de la Universidad de Salamanca, Cuesta Dutari, que era de esas personas de carácter reflexivo e inteligentes con las que siempre es agradable dialogar, que iba impresionado por la cantidad tan grande que era un billón de pesetas. Por primera vez el presupuesto de España había sido un billón de pesetas y pensando que los políticos no se hacían una idea de lo que suponía, había cogido un billete de cinco mil pesetas, había medido en el laboratorio de física general, con la máxima precisión posible todas sus dimensiones, había hecho cálculos y para meter el billón en billetes de cinco mil pesetas se necesitaba el edificio del banco España, que está en Madrid, en la plaza de Cibeles, y que da a tres calles, quitando todos los tabiques. Si se ponía sobre la península Ibérica empezando en Gibraltar, tapaba hasta la altura de Zaragoza. Muchas veces le cuento esta anécdota a mis alumnos para que se hagan una idea de lo que es el tamaño de un mol. El billón sólo es 10^{12} mientras que el número en la mol es 10^{23} .

Los conceptos cuyos ejemplos son invisibles como átomos, iones, etc. se pueden ilustrar con simulaciones de ordenador, teniendo en cuenta que a veces en simulaciones también les pueden llevar a confusiones como por ejemplo creer que tienen color. Otros ejemplos que son visibles como el cobre, el aluminio, tienen características microscópicas que con invisibles.

Para poder enseñar el profesor debe conocer los principios de Psicología y Pedagogía, debe conocer muy bien su materia, debe saber como esa materia puede ser secuenciada, conocer ejemplos, ejercicios, experimentos y problemas que pueden ayudar a los alumnos a comprender lo que les está transmitiendo.

Para realizar la enseñanza de un concepto o de una materia no hay un único camino que sea el adecuado, pueden existir varios, incluso un camino puede dar lugar a esquemas que se deban cambiar con una instrucción posterior.

Determinar cuál es el contenido más apropiado para cursos dirigidos a profesores de primaria y secundaria es uno de los problemas más difíciles. ¿Qué conceptos deben saber y a qué nivel? ¿Cuáles deben enseñar y cómo? ¿hasta qué punto lo que ellos enseñen a un nivel puede afectar a un aprendizaje posterior?

Los profesores de niveles elementales deben tener claro que es preferible no enseñar conceptos muy difíciles que distorsionarlos para que los alumnos los puedan aprender, con lo cual está dificultando el aprendizaje de esos alumnos en un futuro.

La utilización de pseudoejemplos como representaciones, modelos, etc. que puede ser interesante también tiene problemas porque los alumnos llegan a creerse hasta que los átomos tienen colores rojos, negros, etc. Absolutamente todos los pseudoejemplos y modelos tiene rasgos que se pueden confundir con las propiedades de lo que se pretende representar.

El profesor tendrá que averiguar de todas las formas posibles, hablando con ellos, mediante ejercicios escritos, ejemplos, que es lo que real-

mente sus alumnos están entendiendo

Será importante que el profesor haga pensar a los alumnos sobre la terminología de muchas palabras científicas y que, además, aprendan a relacionarlas con otras que tengan origen o significado similar. También que busquen dentro de su vocabulario cuál será la palabra más correcta para expresar un hecho que se termina de ver o de describir.

Los alumnos deberán dar con su vocabulario definiciones de conceptos, enunciar leyes, etc. después de que el profesor ha hecho una descripción, es la forma de saber lo que han entendido y cómo lo han entendido. Este tipo de intervenciones de los alumnos podrá ser oral, como discusión de todos los alumnos dirigidos por el profesor y, esporádicamente, podrá ser escrita. Nos inclinamos más porque este tipo de intervenciones sean personales, se habla mucho de lo que aprenden los alumnos discutiendo en grupos y nuestra experiencia sobre la ventaja de este tipo de discusiones es más bien negativa, a veces sirven para liarse más y, muy pocas veces, para que le queden claros los conceptos. Al final siempre se debe hacer una discusión posterior.

Según De Vos... (1994) para que cualquier programa de Química, de un nivel elemental sea aceptable debe cumplir las siguientes condiciones:

- La estructura debe ser químicamente correcta.
- Debe incluir todos los conceptos químicos esenciales que aparecen en un cuestionario de escuela secundaria.
- Debe incluir las relaciones esenciales que aparecen ya descritas en los libros de texto.
- Debe presentar la química como una unidad coherente y completa.

El objetivo general es que los estudiantes deben aprender a explicar y predecir los fenómenos químicos estudiando los hechos, métodos y teoría, producidos por sus predecesores.

La especialización sólo es posible después de haber cubierto todo el campo de la Química General y ésta debe incluir:

- Propiedades de las sustancias puras: color, puntos de fusión, ebullición, densidad combustibilidad...
- Mezclas: separación: destilación, filtración, extracción, cromatografía.
- Fenómeno físico / fenómeno químico.
- Importancia de la tabla periódica.
- Los compuestos más importantes están relacionados con muy pocos elementos.
- En cada compuesto no suelen intervenir más de tres elementos distintos.
- Un fenómeno químico se caracteriza por:
 - conservación de la masa
 - aspecto energético
 - una reacción siempre transcurre con variación de energía, pero la energía de Gibbs de los reactivos y productos depende de muchas circunstancias por eso no se puede predecir si una reacción va a ocurrir o no sin saber en qué condiciones.
 - la velocidad de reacción depende de la concentración, temperatura, presión, tamaño de las partículas, catalizadores.

De Vos (1985) "*los problemas de enseñanza se deben resolver estudiando a los estudiantes*".

Los alumnos deben tener la idea exacta de que con los mismos reactivos se pueden producir varias reacciones.

El concepto de sustancia en la vida diaria es completamente diferente al del químico, en el primer caso lo que sabe de la sustancia es sus

aplicaciones, para el químico es su composición, sus propiedades. Muchas veces no existe ese concepto de sustancia, por ejemplo el diamante, el vidrio etc. se refieren a objetos. Muchas mezclas se consideran como una simple sustancia. Cuando se calienta una lámina de cobre en la vida corriente se dice que se ha puesto negra, para un químico se ha oxidado.

Para que los alumnos entiendan lo que es un compuesto químico o una sustancia se necesita hablar de átomos y moléculas, modelos... pero muchas veces les es muy difícil entenderlo porque ellos se hacen a su vez una idea incorrecta de esos modelos. Por lo pronto le asignan a las moléculas los colores, la transparencia, etc. de lo que conocen a nivel de sustancias.

LECTURA CITADA

CARLTON, E. (Dec. 6, 1996). Throw the monkey into the sea..., *Times Educational Supplement*.

DE VOS, W. and Verdonk, A.H. (1985). A New Road to Reactions, part 5 The elements and its atoms. *Journal of Chemical Education*, 64 (12), 1010- 1013.

DE VOS, W., BERKEL VAN B. and VERDONK, A.H. (1994). A coherent Conceptual Structure of Chemistry Curriculum, *Journal of Chemical Education*, 71(9), 743-746.

DUDLEY HERRON, J. (1978). Establishing a need to know, *Journal of Chemical Education*, 55 (3), 190-191.

DUDLEY HERRON, J. (1984). Using Research in Chemical education to improve My Teaching, *Journal of Chemical Education*, 61 (10), 850-854.

DUDLEY HERRON, J. (1996). The Chemistry Classroom. Formulas for successful Teaching, *American Chemical Society*, Washington.

Osborne, R.J. y COSGROVE, M.M. (1983). Children's conceptions of changes of states of water, *Journal of Research in Science teaching* 20(9), 825-838.

OSBORNE, R.J. y SCHOLLUM, B.W. (1983). Coping in Chemistry, *Australian science Teachers Journal*, 2 (1), 13-24.