

La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares

Monografía 10 años de ALAMBIQUE
Alambique 41 Didáctica de las Ciencias Experimentales pp. 68-81. julio 2004

Aureli Caamaño, IES Barcelona-Congrés. Barcelona
Ana Oñorbe, IES Dámaso Alonso. Madrid

El currículo de química, igual que el de otras disciplinas científicas, ha sufrido en estas últimas décadas cambios profundos para adecuarse, por un lado, a los nuevos objetivos de la enseñanza secundaria, y por otro, a los resultados de la investigación en didáctica de la química. En este artículo, se abordan las cuestiones siguientes: ¿Qué química se ha enseñado en las dos últimas décadas?; ¿cuáles son las cuestiones clave que se plantea la química y cuáles son abordadas en el currículo de química?; ¿qué dificultades conceptuales presenta el aprendizaje de la química?; ¿qué replanteamientos curriculares deberían efectuarse en un futuro próximo?

Palabras clave: currículo, químico, secundaria), dificultades de aprendizaje, concepciones alternativas.

The teaching of Chemistry: concepts and theories, difficulties in learning and curricular reconsiderations

The chemistry curriculum as in other scientific disciplines has undergone profound changes in recent years making difficult its adaptation to, on the one hand, the new aims in secondary teaching, and on the other, the results from research into the teaching of Chemistry. In this article we look at the following questions: what: chemistry has been taught in recent decodes? What are the key questions that chemistry poses and which are looked at within the Chemistry curriculum? What conceptual difficulties are encountered learning Chemistry? Which curricular reconsiderations should be put into practice in the near future?

Keywords: curriculum, Chemistry, Secondary, learning difficulties, alternative conception.

¿Qué química se ha enseñado en las dos últimas décadas?

La enseñanza de la química en la educación secundaria ha atravesado distintas etapas en la formulación de sus finalidades, contenidos y métodos didácticos. En los años setenta estaba centrada en el conocimiento descriptivo de las sustancias, sus reacciones químicas y la obtención y aplicaciones de estas. Los años ochenta supusieron un cambio importante, al potenciarse los aspectos conceptuales de la química, y se puso el énfasis en los principios químicos más que en las propiedades de las sustancias y sus reacciones concretas. Estos cambios pretendían mejorar la preparación científica de los estudiantes de ciencias para futuros estudios superiores. Desde el punto de vista didáctico implicaron una valoración de los procedimientos de la ciencia y del trabajo experimental, en el marco de un descubrimiento orientado, en el que se elaboraron proyectos anglosajones de gran importancia y difusión. Su difusión tuvo gran influencia en los enfoques más innovadores para la enseñanza de la química en la década de los ochenta, y fue fuente de inspiración de proyectos autóctonos,

como la Química Faraday (Grup Recerca-Faraday, 1988).

El inicio de la reforma del sistema educativo abrió en la década de los noventa un periodo de renovación de los objetivos y contenidos de las ciencias de la naturaleza en la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) y el bachillerato. Una mayor atención a los procedimientos y una disminución de los aspectos más formales de muchos de los contenidos caracterizaron este periodo, juntamente con la elaboración de nuevos materiales y proyectos.

En los nuevos currículos de ciencias, aparecieron bloques de contenidos dedicados a la comprensión de la naturaleza y los procedimientos de la ciencia ya la introducción de elementos de ciencia-tecnología-sociedad (CTS). En la química de la ESO, los nuevos programas y materiales curriculares incidieron más en los aspectos prácticos y funcionales de la química en la vida cotidiana y propusieron un abanico más amplio de actividades de aprendizaje. En el bachillerato se adaptó y experimentó uno de los proyectos anglosajones más novedosos para la enseñanza de la química desde una perspectiva CTS: el *Salter's Advanced Chemistry*, cuya versión experimental fue publicada como *Química Salters* (Grupo Salters, 1999). Este proyecto estructura la química del bachillerato a través de una serie de unidades que hacen referencia a temas de química aplicada, química del medio ambiente, y química y sociedad.

La revisión de los currículos de la ESO en 2001, supusieron un retroceso en lo que respecta a la modernización de los contenidos curriculares ya la consolidación de los enfoques CTS en la enseñanza de las ciencias (Pedrinaci y otros, 2002) y de la química en particular (Gómez Crespo y otros, 2002). A pesar de ello, su adaptación en algunas comunidades autónomas permitió mantener en el bachillerato algunos de los avances conseguidos (Calatayud y Hernández, 2003; Gómez y otros, 2003; Caamaño e Izquierdo, 2003).

En la actualidad, y con la paralización de la aplicación de la LOCE, se inicia una nueva etapa que ojala sirva para un replanteamiento en profundidad de los contenidos y métodos de la química en la enseñanza secundaria.

¿Cuáles son las preguntas clave de la química y cuáles son abordadas en el currículo de química?

La química es la rama de la ciencia que trata de la materia, de los cambios que experimenta y de las teorías que explican estos cambios. Su objetivo teórico principal es modelizar la estructura de las sustancias y de las reacciones químicas para poder así predecir el comportamiento de los sistemas químicos. Pero la química también tiene una finalidad práctica, que es la obtención de nuevas sustancias y materiales para cubrir nuestras necesidades. Estamos tan acostumbrados a vivir rodeados de tal cantidad de sustancias y materiales sintéticos, que fácilmente olvidamos que estas sustancias y materiales no existirían sin el conocimiento químico que ha hecho posible su obtención. En cierta manera podemos decir que la química trata del conocimiento de las sustancias, de la extracción de sustancias naturales a partir de materias primas y de la síntesis en el laboratorio de estas mismas sustancias naturales o de otras que no existen en la naturaleza, por razón de sus propiedades.

Una ciencia natural siempre busca interpretar los fenómenos que se observan en la naturaleza y en el universo. Cada rama de la ciencia organiza a través de leyes, teorías y modelos un sinnúmero de respuestas a las preguntas: ¿cómo? y ¿por qué? Algunas de las cuestiones más importantes a las que intenta responder la química, que tienen su traducción

en los contenidos escolares de la asignatura de química, son las siguientes:

- ¿Cómo clasificar la diversidad de sistemas y cambios químicos que se presentan en la naturaleza?
- ¿Cómo extraer e identificar sustancias que se encuentran mezcladas en la naturaleza?
- ¿Cuál es el mejor modelo estructural y dinámico de la materia que podemos construir para explicar sus propiedades?
- ¿Qué relación existe en las propiedades de las sustancias y materiales y su estructura, es decir, entre sus propiedades macroscópicas y las propiedades del conjunto de las partículas que los constituyen?
- ¿Cómo calcular las cantidades de reactivos o productos que se intervienen en una reacción química?
- ¿Cómo conocer la energía relativa de los compuestos y utilizar estos valores para predecir las variaciones de energía en las reacciones químicas?
- ¿Cómo y con qué eficacia se puede obtener energía eléctrica de las reacciones químicas?
- ¿Por qué ciertas reacciones tienen lugar de forma completa y otras se detienen antes de llegar a completarse?
- ¿Qué criterios rigen la espontaneidad de los cambios químicos?
- ¿A qué velocidad transcurren las reacciones químicas y cómo podemos modificarla?
- ¿Cómo transcurren las reacciones químicas a escala molecular?
- ¿Cómo obtener sustancias de interés a partir de materias primas?
- ¿Cómo sintetizar sustancias naturales o artificiales que tengan determinadas propiedades?

Las respuestas a estas y otras cuestiones clave en química han dado lugar a un cuerpo de conocimientos que, aunque ha ido variando a lo largo de la historia, se acostumbra a presentar en los currículos escolares como un conjunto definitivo de contenidos conceptuales, que muestran una gran resistencia a ser modificados y contextualizados. En nuestra opinión es necesario reflexionar nuevamente sobre cuáles y en qué grado de profundidad es preciso abordar estos contenidos conceptuales en cada una de las etapas de la educación secundaria.

Por otro lado, los contenidos curriculares de la química en la enseñanza secundaria deberían prestar mayor atención a los contenidos CTS, a los procedimientos y competencias, ya las actitudes y los valores, como ha sido expresado en numerosos trabajos. A continuación se resume algunas de las cuestiones CTS que deberían estar presentes en el currículo de química.

La naturaleza de la química

- ¿Cuál es la naturaleza de la química como ciencia?
- ¿Cuál es la génesis y evolución de los conceptos y teorías más importantes?
- ¿Qué papel han desempeñado los experimentos y las técnicas instrumentales en la evolución de la química?

Química aplicada

- ¿Cuáles son las propiedades y aplicaciones de las sustancias y materiales de mayor importancia en la vida cotidiana?
- ¿Cómo podemos obtener sustancias útiles a partir de las materias primas?
- ¿Cómo se obtienen y qué aplicaciones tienen los materiales cerámicos, los polímeros, los metales y aleaciones, los tintes, las pinturas, etc.?

Química y sociedad

- ¿Cuáles son los beneficios que la química ha aportado a la sociedad?
- ¿Cuáles son las repercusiones medioambientales y sociales que tiene la obtención de materias primas y la contaminación producida por la industria química?
- ¿Cuáles son los riesgos y costes medioambientales de la extracción, transporte y consumo de los combustibles fósiles?

Química y otras ciencias

- ¿Cuál es el origen y la evolución del universo?
- ¿Cuáles son los procesos químicos que han intervenido en la formación y evolución de la atmósfera los océanos y la corteza terrestre?
- ¿Cuál es la química de los seres vivos?

Por lo que respecta a los *procedimientos* es importante destacar la importancia de las habilidades en el uso de instrumentos y técnicas básicas de laboratorio, de la interpretación de experiencias, gráficos y datos; de la modelización de los sistemas químicos; del cálculo con cantidades químicas; del diseño y realización de investigaciones experimentales; de la extracción y comunicación de conclusiones en la resolución de problemas teóricos y prácticos; y de la capacidad de argumentar y de tomar decisiones, así como del uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

Por lo que respecta a las *actitudes y valores*, debe hacerse mención a la importancia de incorporar las actitudes propias del trabajo científico, así como la capacidad de formarse una opinión crítica y de saber tomar decisiones fundamentadas respecto a temas científicos con repercusiones sociales y éticas.

¿Qué dificultades conceptuales presenta el aprendizaje de la química?

Las dificultades en el aprendizaje de los conceptos químicos se ponen de manifiesto en la existencia de un gran número de concepciones alternativas de los estudiantes, que han sido ampliamente estudiadas. Puede encontrarse información sobre estos estudios en: Gómez-Crespo, (1996); Martín-Díaz y otros, (2000); Gilbert y otros, (2002) y Caamaño, (2003a). Las concepciones alternativas y las dificultades de aprendizaje detectadas pueden atribuirse a:

- Dificultades intrínsecas y terminológicas de la propia disciplina.
- Pensamiento y procesos de razonamiento de los estudiantes.
- Proceso de instrucción recibido.

Analizaremos brevemente las dos primeras causas, con ejemplos procedentes de investigaciones recientes, y apuntaremos únicamente la última.

Dificultades intrínsecas de la química

A continuación se muestran las dificultades de aprendizaje que provienen de la propia complejidad del entramado conceptual de la química como disciplina y de las ambigüedades terminológicas y de los códigos de representación simbólicos e icónicos:

Existencia de tres niveles de descripción de la materia

Una de las dificultades conceptuales de la química es la existencia de tres niveles de descripción de la materia: macroscópico (observacional), microscópico (atómico-molecular) y representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones). Aún es posible distinguir un nivel intermedio multiatómico, multimolecular o multiiónico, que es el que relaciona el nivel atómico con el macroscópico. Y también, un nivel subatómico cuando abordamos la estructura interior del átomo, los estudiantes deben moverse entre estos niveles mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en que nos encontramos.

Carácter evolutivo de los modelos y teorías. Uso de diferentes modelos y teorías en el aprendizaje escolar.

Otra dificultad proviene del uso de modelos y teorías con grados de complejidad creciente para describir un mismo campo fenomenológico, lo que requiere que los estudiantes realicen sucesivos procesos de integración y diferenciación conceptual a lo largo del aprendizaje escolar. Algunas de las teorías o modelos que obligan a estos procesos son: la teoría corpuscular, la teoría atómico-molecular, la teoría iónica, la teoría cinético-molecular de los gases, los modelos atómicos, los modelos de enlace, las teorías de ácido y de base, las teorías de oxidación-reducción, y las teorías sobre la velocidad de las reacciones químicas elementales.

Ambigüedad del lenguaje respecto de los niveles descriptivos

Existen términos, como el de *elemento químico*, que tienen un significado diferente según se utilice en el nivel macroscópico (equivalente a *sustancia simple*) o microscópico (equivalente a átomo o ión). La diferenciación entre los conceptos de *sustancia simple* y *elemento*, y la introducción inicial del concepto de elemento como aquella entidad que permanece a lo largo de una reacción química, para pasar posteriormente a su comprensión a nivel atómico ha sido defendido en diferentes trabajos.

Ausencia del término apropiado para un nivel estructural determinado

En otras ocasiones el problema proviene del hecho de que no disponemos de un término adecuado para un nivel estructural determinado. Por ejemplo, hablamos de *moléculas de agua* pero, ¿cómo referirnos de forma sintética a la entidad microscópica representada por la fórmula NaCl? Podemos decir que se trata del par de iones Na^+Cl^- que forman parte de la estructura multiiónica del cloruro de sodio, pero es evidente que es una denominación demasiado larga. El mismo problema terminológico surge frente a la interpretación microscópica de la fórmula SiO_2 . Se ha sugerido el nombre de unidad-fórmula, aunque su uso no se encuentra extendido y, por otro lado, este término soslaya la interpretación estructural.

Términos cuyo significado varía según el contexto teórico en el que se enmarcan

Hay todo un conjunto de términos cuyo significado varía según el contexto teórico. Por ejemplo, el diferente significado de los términos *ácido* y *base*, según se utilicen con

referencia a una definición empírica (propiedades), a la teoría de Arrhenius, o a la teoría de Brønsted y Lowry.

Términos y fórmulas químicas con significados múltiples

Las fórmulas químicas presentan significados muy diferentes según se trate de fórmulas moleculares de elementos, fórmulas moleculares de compuestos, fórmulas de estructuras gigantes o fórmulas empíricas, lo mismo ocurre, por ejemplo, con el concepto de valencia química.

Términos con significado diferente en la vida cotidiana y en química

El término *sustancia*, que en la vida cotidiana se utiliza a veces tanto para designar una sustancia pura como una mezcla o una disolución, tiene en química un significado más restrictivo. Por ejemplo, se dice que el aire o la leche son *sustancias*, cuando en realidad se trata de una *mezcla* y de una *dispersión*, respectivamente, desde el punto de vista químico.

Limitaciones de los códigos representativos de los diagramas y modelos estructurales

Por último, debemos señalar los problemas de representación en los diagramas y modelos estructurales, que conllevan dificultades de interpretación. La diversidad de representaciones que se utilizan (círculos o bolas en contacto, círculos unidos por raya, modelos de bolas con palos, redes cristalinas con varillas de soporte, etc.) también puede crear confusiones.

Dificultades de aprendizaje de los conceptos químicos relativas al pensamiento y forma de razonamiento de los estudiantes

Las dificultades de aprendizaje de los conceptos de química que pueden atribuirse al pensamiento y forma de razonamiento de los estudiantes son las siguientes:

La influencia de la percepción macroscópica en el análisis del mundo microscópico

Esta influencia explicaría la resistencia a aceptar el carácter corpuscular de la materia y la existencia de espacio vacío entre las partículas por parte de los estudiantes, por entrar en contradicción con su percepción continua de la materia, y a realizar una interpretación molecular de las reacciones químicas.

La tendencia a transferir las propiedades macroscópicas de las sustancias a las propiedades microscópicas de las partículas

Por ejemplo, los estudiantes explican la dilatación térmica de los gases como consecuencia de la dilatación de las moléculas o bien por el ascenso de las moléculas como consecuencia del aumento de la temperatura, la dureza del diamante se atribuye a la dureza de sus átomos.

La tendencia a utilizar explicaciones metafísicas de tipo teleológico o finalista en lugar de explicaciones físicas

Por ejemplo, se observan explicaciones de carácter finalista como las siguientes: «Las reacciones tienen lugar para que los productos sean más estables»). «Los átomos reaccionan para conseguir que su última capa tenga ocho electrones»).

El uso superficial del pensamiento analógico

El pensamiento analógico es una de las formas en que los estudiantes pueden comprender

los nuevos conceptos introducidos en las clases de química, sobre todo, aquellos de los que no disponen de concepciones previas. Sin embargo, también es utilizado a veces por los estudiantes de forma superficial con el resultado de la formación de concepciones alternativas.

La dificultad de transferir un concepto a un contexto distinto del que se ha aprendido

Hay alumnos y alumnas que utilizan el concepto de ión sólo en el estudio de los electrólitos, pero no lo relacionan con el enlace iónico en los sólidos. Muchos de ellos no utilizan espontáneamente el modelo cinético-molecular de los gases para explicar cómo se rompen los enlaces de las moléculas en una reacción entre gases.

La dificultad de comprensión de procesos que exigen ser pensados mediante una serie de etapas

Ante estos procesos, muchos estudiantes simplifican la situación dando más importancia a una de las etapas. Por ejemplo, al imaginarse el «mecanismo» de una reacción centran su atención exclusivamente en la formación de nuevos enlaces, sin tener en cuenta la rotura de los enlaces de las moléculas que reaccionan.

La modificación de las características de los modelos frente a hechos que no pueden explicar

Por ejemplo, la facilidad con que se disuelve el cloruro de sodio en agua es interpretado por algunos estudiantes atribuyendo un carácter débil al enlace iónico, sin tener en cuenta las fuerzas de atracción entre los iones y las moléculas de agua.

La construcción de modelos híbridos alternativos

Frecuentemente los estudiantes modifican los modelos que se les presentan para hacerlos compatibles con sus ideas previas o como consecuencia de una falta de comprensión del contexto teórico de cada modelo, construyendo modelos híbridos. Así, por ejemplo, la visión de la estructura de un gas o de un líquido como un medio continuo en el que se encuentran inmersas las moléculas (modelo híbrido «continuo-molecular» de la materia); la visión «molecular» de representaciones multiatómicas de NaCl o de SiO₂, como consecuencia de ver «parejas» de átomos dentro de la estructura ininterrumpida de átomos (modelo híbrido «estructura gigante-estructura molecular»); o la formación de modelos híbridos de ácido y de base que mezclan características del modelo de Arrhenius y de Brønsted y Lowry.

Dificultades de aprendizaje de conceptos químicos atribuibles al proceso de instrucción

Algunas de las dificultades de aprendizaje de los conceptos químicos atribuibles al proceso de instrucción son las siguientes, entre los que podríamos destacar el uso de una secuenciación inadecuada.

- Presentación de forma acabada de los conceptos y teorías.
- Presentación de teorías híbridas en los libros de texto (por ejemplo, solapamiento de las teorías de colisiones y del estado de transición).
- Presentación de los conceptos en un contexto reduccionista de su significado.
- No explicitación de los diferentes niveles de formulación de los conceptos.

- Atención insuficiente a los aspectos estructurales de la materia, en especial, del nivel multiatómico, multimolecular o multiiónico.
- Uso inapropiado del lenguaje, sin explicitar sus limitaciones y ambigüedades.
- Utilización de ejemplos sesgados que pueden llevar a conclusiones erróneas cuando son generalizados.
- Utilización de códigos de representación gráfica con significado ambiguo.
- Uso frecuente de actividades basadas en algoritmos que no buscan la comprensión de los conceptos o procesos sino su aplicación mecánica.
- Uso de criterios de secuenciación inadecuados.

La importancia de una correcta secuenciación de los contenidos ha estado ampliamente investigada, sin que ello signifique que se haya llegado a conclusiones definitivas. El tema de los requisitos conceptuales previos a la elaboración de nuevos conceptos se ha señalado también como un aspecto importante en la investigación de determinados conceptos (AA.VV., 2004).

Una selección de investigaciones y propuestas sobre dificultades conceptuales en química

El cuadro 1 muestra una selección de investigaciones y propuestas didácticas que se han realizado estos últimos años en el campo de las concepciones químicas de los estudiantes, la mayor parte de ellas publicadas en Alambique.

Cuadro 1. Algunas concepciones alternativas y dificultades conceptuales en química

| La materia desde el punto de vista macroscópico y microscópico | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Concepto de <i>sustancia</i> | (Sánchez y Valcárcel, 2003). |
| Diferencia entre <i>mezcla</i> y <i>compuesto</i> | (Sanmartí, 1992). |
| Atribución molecular a la estructura de todos compuestos | (Grup Recerca-Faraday, 1988; Caamaño, los 1994). |
| Dificultad para diferenciar entre cambio físico y químico | (Borsese y Esteban, 1998). |
| Falta de comprensión de la conservación de la masa | (Oñorbe y Sánchez, 1992; Gómez-Crespo, 1996) |
| Teoría corpuscular de la materia | |
| Visión escolar de la naturaleza y estructura de la materia | (Prieto y Blanco, 2000) |
| Comprensión de la estructura de la materia | (Caamaño, 1994) |
| Modelos atómicos alternativos | (Valcárcel y otros, 2000) |
| Formación del concepto de <i>ión</i> | (Grup Recerca-Faraday, 1988) |
| Teoría corpuscular de los gases | (Benarroch, 2000, Gómez, De Andrea, 2004) |
| Elemento químico y tabla periódica | |
| Falta de comprensión de la conservación de los elementos en las reacciones químicas Elementos frente a átomos | (Solsona e Izquierdo, 1998). |
| Tabla periódica | (Fernández, 1999). |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Falta de comprensión de la conservación de los elementos en las reacciones químicas Elementos frente a átomos | (Grup Recerca-Faraday, 1998; Gutiérrez, 2003). |
| Enlace químico | |
| Ausencia de distinción entre enlace covalente e iónico | (De Posada, 1999) |
| Cantidad de sustancia | |
| Dificultades para comprender el concepto de <i>mol</i> | (AA.VV., 2002, 2002; Furió, Azcona y Guisasola, 1999) |
| Reacción química | |
| Requisito previo: concepto de <i>sustancia</i> | (AA.VV., 2004). |
| Interpretación molecular | (Martín del Pozo, 1998). |
| Ácidos y bases: modelos híbridos ácido-base | (Caamaño, 2003b). |
| Visiones deformadas ácido-base | (AA.VV., 2003 b). |
| Entalpía de reacción y de enlace | |
| Concepciones erróneas sobre la entalpía de enlace | (Caamaño, 1994) |
| Equilibrio químico | |
| Dificultades con el principio de Le Chatelier | (Quílez 1998). |

Implicaciones didácticas y replanteamientos curriculares

Comprender la naturaleza y las causas de las concepciones alternativas de los estudiantes de química es un requisito necesario, aunque no suficiente, para conseguir una enseñanza de la química más efectiva y un mejor aprendizaje conceptual de los estudiantes. El otro aspecto importante es adoptar estrategias didácticas que tengan presente las dificultades de aprendizaje descritas e intenten facilitar la superación de las mismas. Entre ellas pueden citarse:

- Una presentación evolutiva de conceptos, teorías y modelos.
- El desarrollo continuado y progresivo de las ideas desde lo cualitativo a lo cuantitativo y de lo más simple a lo más complejo.
- Situar los conceptos con relación al ámbito experimental en que se construyen y se cuantifican.
- Una adecuada secuenciación de contenidos.
- Un uso apropiado del lenguaje, que haga explícito el significado de los términos y sus limitaciones, y el de los códigos de representación que se utilizan.

Más allá de los aspectos conceptuales, que han sido abordados con mayor profundidad en este artículo, creemos que es necesario replantearse los objetivos, los contenidos y las estrategias didácticas de la química en la ESO y en el bachillerato (Caamaño, 2001; Caamaño e Izquierdo, 2003; AA.VV., 2003a). En nuestra opinión, este replanteamiento ha de ir en la dirección siguiente:

- Intentar consensuar los conceptos y procedimientos más importantes, para poder aligerar el peso de los contenidos excesivamente formales de los programas actuales.

- Hacer mayor énfasis en la comprensión de los conceptos, en la elaboración de modelos, en la argumentación, en la experimentación y en la comunicación de las ideas por escrito y oralmente.
- Potenciar los trabajos prácticos que requieran la interpretación de experiencias con relación a procesos de modelización, y los trabajos prácticos de carácter investigativo, para lograr una mayor comprensión procedimental de la química.
- Promover la introducción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las aulas de química.
- Adoptar una aproximación a la química más próxima a los elementos de la vida cotidiana, especialmente en la ESO (Oñorbe, 2001; Jiménez, Sánchez y De Manuel, 2001).
- Introducir con coherencia los aspectos prácticos, sociales y medioambientales de la química en la estructura de las asignaturas, en una perspectiva de cultura científica.

Estos cambios deberían ir acompañados de un mayor conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los contenidos de la química y de un uso más eficaz de las estrategias didácticas y de los recursos disponibles para ayudar a superarlas, para conseguir de este modo una mejor comprensión de los principios básicos de la química, de sus aplicaciones, y de su relación con otras ciencias y con la sociedad.

En definitiva, de lo que se trata es de contribuir desde la química, a lograr una mejor cultura científica de los futuros ciudadanos y ciudadanas, y a la vez una comprensión de los conceptos y procedimientos fundamentales de la química como ciencia pura y aplicada. Una tarea difícil dada la tensión que genera atender a la vez a ambos objetivos en el reducido tiempo lectivo disponible, pero que es urgente plantearse y plasmar en documentos y orientaciones curriculares, en materiales y proyectos de aula, y en proyectos de formación que nos ayuden a reflexionar sobre la filosofía y los cambios que son precisos introducir en los nuevos currículos de química, y a disponer de las herramientas y recursos didácticos necesarios para poderlos hacer realidad en las aulas.

Referencias bibliográficas

- AA.VV. (2002): «El mol: un concepto evasivo. Una estrategia para enseñarlo» en ALAMBIQUE, n. 33, pp. 99-109.
- AA.VV. (2003a): «La química en la educación secundaria en Portugal: una perspectiva de cultura científica» en ALAMBIQUE, n. 36, pp. 68-75.
- AA.VV. (2003b): «¿Cómo se presentan los conceptos y teorías en las reacciones ácido-base? Visiones deformadas de la química en los libros de texto (y profesores) » en Aspectos Didácticos de Física y Química (Química).11. ICE de la Universidad de Zaragoza.
- AA.VV. (2004): «¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos» en ALAMBIQUE, n. 40, pp.7 -17.
- BENARROCH, A. (2000): «Del modelo cinético corpuscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas» en ALAMBIQUE, n. 23, pp. 95-108.
- BORSESE, A.; ESTEBAN, S. (1998): «Los cambios de la materia, ¿deben presentarse diferenciados en químicos y físicos?» en ALAMBIQUE, n. 17, pp. 85-92.
- CAAMAÑO, A. (1994): Concepciones de los alumnos sobre la composición y la estructura de

- la materia y el cambio químico. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- CAAMAÑO, A. (2001): «Repensar el currículum de química en los inicios del siglo XXI» en ALAMBIQUE, n. 29, p. 43.
- CAAMAÑO, A. (2003a): «La enseñanza y el aprendizaje de la química» en M.P. JIMÉNEZ (coord.) Y OTROS: Enseñar ciencias. Barcelona. Graó, pp. 203-228.
- CAAMAÑO, A., (2003b): «Modelos híbridos en la enseñanza y el aprendizaje de la química» en ALAMBIQUE, n. 35, pp.70-81.
- CAAMAÑO, A.; IZQUIERDO, M. (2003): «El currículum de química del bachillerato en Cataluña)) en ALAMBIQUE, n. 36, pp. 60-67.
- CALATAYUD, M.L.; HERNÁNDEZ, J. (2003): «Currículo de Química en la Comunidad Valenciana: una suma que resta» en ALAMBIQUE, n. 36, pp. 55-59.
- DE POSADA, J.M. (1999): «Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico: antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje» en Enseñanza de las Ciencias, vol. 17, n. 2, p. 227.
- FERNÁNDEZ, M. (1999): «Elementos frente a átomos. Raíces históricas e implicaciones didácticas» en ALAMBIQUE, n. 21, pp. 59-66.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. (1999): «Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de la cantidad de sustancia y de mol» en Enseñanza de las Ciencias, vol. 17, n. 3, p. 359.
- GILBERT, J.K., DE JONG, O., JUSTI,R., TREAUGUST,D.F., VAN DRIEL,J.H. (2003). Chemical Education: Towards Research-based practice. London. Kluwer Academic Publishers.
- GÓMEZ CRESPO, M.A.; GUTIÉRREZ, M.S.; MARTÍN-DÍAZ, M.J. (2002): «La química en la ESO» en ALAMBIQUE, n. 33, pp. 69-78.
- GÓMEZ CRESPO, M.A. (1996): «Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química)) en ALAMBIQUE, n. 7, pp. 37-44.
- GÓMEZ CRESPO, M.A.; GUTIÉRREZ, M.s.; MARTÍN-DÍAZ, M.J. (2003): «La química en el bachillerato. Pasado reciente, presente y futuro» en ALAMBIQUE, n. 36, pp.48-54.
- GÓMEZ, A.; DE ANDREA, A. (2004): «Las leyes de los gases y la teoría cinético-molecular en educación secundaria» en Alambique, n. 40, pp. 35-45.
- GRUP RECERCA-FARADAY (1988): Química Faraday. Barcelona. Teide.
- GRUPO SALTERS (1999): «El proyecto Química Salters» en Cuadernos de Pedagogía, n.281, pp. 68-72.
- GUTIÉRREZ, M.S. (2003): «La clasificación periódica de los elementos químicos» en Alambique, n. 38, pp. 54-61.
- JIMÉNEZ, M.R.; SÁNCHEZ, M.A.; DE MANUEL; E. (2001): «Aprender química de la vida cotidiana mas allá de lo anecdótico» en ALAMBIQUE, n. 28, pp. 53-62.
- MARTÍN DEL POZO, R. (1998): «La construcción didáctica del concepto de cambio químico» en ALAMBIQUE, n. 17, pp. 65-75.
- MARTÍN-DÍAZ, M.J.; GÓMEZ CRESPO, M.A.; GUTIÉRREZ, M.S. (2000): La Física y Química en secundaria. Madrid. Narcea.
- OÑORBE, A.; SÁNCHEZ, J,M. (1992): «La masa no se crea ni se destruye. ¿Estáis seguros?» en Enseñanza de las ciencias, n. 10, pp. 165-171.
- OÑORBE, A. (coord.) (2001): «La química cotidiana» en ALAMBIQUE, n. 28, pp. 53-84.
- PEDRINACI, E. (coord.) Y OTROS (2002): «Ciencias en la ESO y contrarreforma» en ALAMBIQUE, n. 33, pp. 7-97.
- PRIETO, T.; BLANCO, A. (2000): «Visión escolar de la naturaleza y estructura de la materia» en ALAMBIQUE, n. 26, pp. 75-82.

- QUÍLEZ, J. (1998): «Dificultades semánticas en el aprendizaje de la química: el principio de Le Chatelier como ejemplo paradigmático» en ALAMBIQUE, n. 17, p. 105.
- SÁNCHEZ BLANCO, G., VALCÁRCEL, V. (2003): «Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura» en ALAMBIQUE, n. 35, pp. 45-52.
- SANMARTÍ, N. (1992): *Estudio sobre las dificultades de los estudiantes en la comprensión de la diferenciación entre los conceptos de mezcla y compuesto*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M. (1998): «La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de secundaria» en ALAMBIQUE, n. 17, pp. 76-84.
- VALCÁRCEL, M.V.; SÁNCHEZ, G.; RUIZ, M. (2000): «El estudio del átomo en la educación secundaria» en ALAMBIQUE, n. 26, pp. 83-94.

Direcciones de contacto

Aureli Caamaño. IES Barcelona-Congrés. Barcelona.
acaamono@pie.xtec.es
Ano Oñorbe. IES Dámaso Alonso. Madrid.
onoorbe@yohoo.es