

ESTRATEGIAS EDUCATIVAS CENTRADAS EN LOS ALUMNOS PARA EL APRENDIZAJE DE QUÍMICA EN NIVELES UNIVERSITARIOS

RESUMEN

En este artículo se ofrece una visión general de cómo se han establecido estrategias didácticas análogas, centradas en los alumnos, en el diseño curricular de asignaturas de Química General y de Química Inorgánica, en Departamentos universitarios de dos países tan diferentes como son China y España. El objeto fundamental de estas estrategias es facilitar una labor más activa de los estudiantes, favoreciendo el desarrollo de sus competencias y habilidades. Los autores han modificado los cursos bajo su responsabilidad, combinando métodos de enseñanza tradicionales con técnicas didácticas más modernas. Este trabajo supone un ejemplo de cómo las modificaciones educativas contemporáneas no sólo conciernen a los países que integran el *Espacio Europeo de Educación Superior*, sino a un entorno más universal; y ello debe tener sus razones. Finalmente, se presenta sucintamente la problemática que se ha observado en la implantación de las modificaciones metodológicas.

INTRODUCCIÓN

Entre otras clasificaciones, los métodos de enseñanza se suelen clasificar en tres grandes grupos: centrados en el contenido, centrados en el profesor (que transmite información a sus alumnos), y centrados en los estudiantes (1). Estos últimos métodos atienden principalmente al desarrollo cognitivo de los alumnos quienes, según esta metodología, no deben limitarse a recibir información de forma pasiva, sino que deben participar de forma activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, de forma especial, en el proceso de razonamiento.

También se suelen dividir los métodos de enseñanza en otras tres grandes categorías: distintas formas de exposiciones magistrales (bien formales, por uno o va-



**Gabriel Pinto
Cañón**

Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

gabriel.pinto@upm.es



**Arturo Chávez
Flores**



Liu Yunqi

The College of Chemistry and Chemical Engineering, University of Petroleum, Donying Shandon 257061, People's Republic of China, liuyq@mail.hdpu.edu.cn



Jianing Xu

College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130023, People's Republic of China, xujianing@email.jlu.edu.cn

rios profesores, bien informales, como son las demostraciones, exposiciones por alumnos, y otras); trabajos en grupos de alumnos (seminario, estudio de casos, enseñanza por pares, etc.); y trabajo autónomo (estudio dirigido, tarea individual, y otros).

Está bien admitido que no existe ningún método docente que sea mejor que los otros, dependiendo su utilización de las características de los profesores, del tipo de alumnos, del contexto educativo, etc. Sin embargo, también está ampliamente admitido que los métodos de enseñanza centrados en los estudiantes son más formativos, más generadores de aprendizajes significativos y más adecuados para favorecer la memorización, que los métodos centrados en el profesor. Por eso, a nivel general, en algunas de las Universidades más destacadas del mundo, se promueve un cambio de cultura docente en el que la organización de la enseñanza se centre en el "aprendizaje de los alumnos". En el ámbito europeo, este cambio está promovido dentro del contexto del

denominado "proceso de Bolonia", que marca el rumbo para alcanzar un *Espacio Europeo de Educación Superior*. En palabras de la profesora Pagani en esta misma publicación (2) "el crédito europeo o E.C.T.S. (*European Credit Transfer System*) implica en sí mismo un cambio en el paradigma educativo, ya que centra el sistema en el esfuerzo del aprendizaje del estudiante, que tendrá que participar de forma más activa en su propia formación".

Aprender es un proceso constructivo, en el que los alumnos elaboran estructuras mentales nuevas a partir de lo conocido. De acuerdo con las tendencias educativas actuales (y esto quiere decir las últimas décadas), el papel del profesor consiste en guiar, orientar y potenciar los esfuerzos de aprendizaje que el estudiante realiza. En el contexto europeo el E.C.T.S., ya referido anteriormente, es la herramienta que ha de permitir la

estructura curricular teniendo como referencia los resultados de aprendizaje esperados o competencias.

Aunque los estudiantes poseen la responsabilidad para el aprendizaje, los profesores tienen la responsabilidad de activar el interés de los estudiantes hacia el aprendizaje y de enseñarles cómo aprender y cómo desarrollar habilidades para favorecer el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Así, las competencias de un profesor universitario incluyen desde la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje al desarrollo de las capacidades intelectuales e imaginativas de los alumnos.

Aunque no existe un camino universal para enseñar, la experiencia muestra que algunos principios generales sí pueden ser aplicados (3,4). Existen, por ejemplo, diversas estrategias pedagógicas relacionadas con la teoría behaviorista, la teoría constructivista, mapas conceptuales, aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y utilización de Internet, entre otras. El estudio exhaustivo de los diversos métodos pedagógicos excede los objetivos de este trabajo y existen excelentes textos en español al respecto (5,6).

En la práctica docente de los autores de este trabajo se han seguido, en los últimos dos cursos y en distinto grado, las siguientes estrategias educativas:

- clase magistral participativa (utilizando tecnología multimedia, diagramas, figuras e ilustraciones y preguntas a los alumnos) de teoría y problemas;
- actividades de aprendizaje cooperativo y trabajo en equipo (discusión entre alumnos, debate y asesoramiento entre alumnos);
- autoaprendizaje (desarrollo de proyectos por los alumnos, lectura de libros, utilización de Internet y de otro tipo de tecnología multimedia);
- presentaciones (orales, trabajos escritos y realización de paneles) por parte de los alumnos;
- tutorías (el profesor discute los problemas con los alumnos y analiza sus tareas realizadas en casa); y
- otras (aprendizaje basado en problemas, elaboración de mapas conceptuales, y estudio de casos, entre otras).

DESCRIPCIÓN DE LAS ASIGNATURAS

Las asignaturas sobre las que se ha ido implantando la metodología expuesta son Química General (Universidad de Jilin, en China), Química I (Universidad Politécnica de Madrid), y Química Inorgánica para alumnos de Ingeniería Química (Universidad del Petróleo de Donying Shandon, en China y Universidad Politécnica de Madrid). Todas ellas tienen un carácter semestral y se imparten durante el primer curso universitario.

Las dos asignaturas citadas inicialmente tienen como objetivos fundamentales que los alumnos conozcan los principios básicos de Química con cierta profundidad, aprendan a resolver problemas usando el conocimiento

químico y fomenten habilidades de pensamiento independiente.

Las dos asignaturas de Química Inorgánica suponen una introducción a esta rama de la Química y tienen por objeto fundamental que los alumnos conozcan, razonen y justifiquen químicamente las propiedades, materias primas, formas de obtención y purificación, reacciones químicas y aplicaciones de los principales elementos químicos y de algunos de sus compuestos seleccionados.

La Química es una Ciencia experimental. Por tanto, los experimentos realizados en el laboratorio juegan un papel importante para la comprensión del conocimiento químico en los alumnos. En todas las asignaturas a las que se refiere este trabajo existe una actividad práctica de laboratorio que no es motivo de este estudio (Figura 1).



Figura 1. Alumnos realizando prácticas en el Laboratorio de Química General.

MODIFICACIÓN DE LOS CURSOS

Desde un enfoque de enseñanza tradicional, los alumnos adquirirían el conocimiento preferentemente a través de las clases impartidas por el profesor, de forma que aprenderían de forma más bien pasiva. La meta fundamental para modificar el enfoque de las asignaturas fue establecer un modelo de enseñanza-aprendizaje más centrado en los alumnos, promoviendo en éstos un contexto de aprendizaje activo e intentando prepararles en habilidades de aprendizaje de utilidad a largo plazo (7-10). Todos estos esfuerzos están diseñados para activar el interés de los alumnos hacia el aprendizaje. Pensamos que, aunque quizá sea una idea algo manida, lo esencial para los profesores universitarios no es enseñar un conocimiento específico, sino enseñar a los alumnos cómo aprender ese conocimiento y cómo desarrollar capacidades para aprender a lo largo de su vida.

Uso de aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) promueve un entorno en el que los problemas guían el proceso educativo (11). Así, antes de aprender conocimientos,

se ofrece una serie de problemas seleccionados a los alumnos, de forma que descubren por ellos mismos lo que necesitan aprender para resolverlos. El ABP es una estrategia que favorece el pensamiento crítico, el aprendizaje cooperativo y promueve habilidades de resolución de problemas a través de la resolución de problemas reales interdisciplinares o, al menos, integradores.

La esencia del ABP es que es el alumno quien resuelve los problemas y los entiende por sí mismo (12). El docente, una vez presentada la situación problemática, se retira a un segundo plano, actuando más como facilitador y guía que como "fuente de soluciones". Entre los beneficios del ABP se pueden citar los siguientes conceptos (13): aumenta la motivación, ofrece respuesta a ¿para qué sirve estudiar esto?, promueve el pensamiento de orden superior, alienta aprender a aprender y promueve la metacognición.

Normalmente con esta metodología los estudiantes, agrupados en equipos de 5 a 10 miembros, bajo la supervisión del profesor, trabajan juntos durante unas horas (3 a 6) cada semana, en la resolución de un problema de envergadura propuesto por el profesor. El resto del tiempo está dedicado al trabajo personal del estudio generado por el problema. Los estudiantes no reciben formación particular sobre ese problema. Normalmente la situación problemática no está estructurada, es confusa, no se resuelve fácilmente con la aplicación de una fórmula específica y su resultado no suele ser una única respuesta. No obstante, hay muchas formas de ABP.

Existe un buen número de problemas de la vida real susceptibles de resolverse en los cursos citados. En el Anexo I se ofrece una relación de ellos para una de las materias concretas objeto de este trabajo. Una forma de aproximación al ABP, en un contexto de docencia tradicional de la Química, puede ser que los alumnos lean detenidamente los problemas (o ejercicios clásicos) propuestos en cada tema previamente al tratamiento del mismo, y que anoten los conceptos que tiene que emplear o que no entiendan. De esta forma se fomenta su motivación hacia el aprendizaje de la materia.

Uso de mapas conceptuales

Es bien conocido que las representaciones visuales utilizadas para la comunicación de ideas es de gran utilidad para el aprendizaje de las Ciencias Experimentales (5,14). Entre los organizadores gráficos más utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química se encuentran los mapas conceptuales, la V heurística (o "V de Gowin") y las bases de orientación (5,15,16).

Los mapas conceptuales favorecen el aprendizaje significativo. Existe este tipo de aprendizaje, ya mencionado a lo largo del trabajo, cuando se relaciona intencionadamente materia que es potencialmente significativa con las ideas establecidas y pertinentes de la estructura cognitiva (17). En otras palabras, cuando el

alumno relaciona lo que ya sabe con los nuevos conocimientos. Los mapas conceptuales son diagramas en los que se muestran varias informaciones clasificadas y relacionadas. Su objeto principal es presentar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. Estas relaciones se explicitan mediante una serie de flechas que ponen de manifiesto las dependencias, similitudes y diferencias entre conceptos, así como su ordenación jerárquica (18). En cada flecha se indica alguna palabra (denominada *relacionante*) que hace más explícita la relación entre conceptos (19). Cada mapa conceptual define claramente la idea central, colocándola en el centro del diagrama, y permite establecer la relación entre ideas de una forma más fácil.

Para elaborar un mapa conceptual es necesario: identificar y seleccionar los conceptos relevantes, establecer una jerarquía entre ellos (distinguiendo entre los generales y los particulares), y unir a través de líneas, formando frases con sentido, los conceptos mediante *relacionantes* (evitando en lo posible el uso de verbos o expresiones simples y repetidas, como "tiene" o "es"). Un concepto puede estar relacionado con otros varios. La organización final debe facilitar la lectura y ser visualmente atractiva.

Los mapas conceptuales pueden servir como una clave fundamental para que el profesor siga el mejor camino para comunicar una serie de conceptos. También se puede utilizar para ayudar al profesor a explicar porqué profundiza en un aspecto particular, de forma que los alumnos puedan ver cómo aspectos particulares de información se ajustan a un esquema más amplio. Esta estrategia sirve también, por ejemplo, para ayudar a los alumnos a clarificar las diferencias entre conceptos relacionados y para motivarles a pensar en ellos más profundamente. También es importante para que los alumnos conozcan lo que han aprendido y lo que no entienden aún, promoviendo que sintetizen sus representaciones.

Buena parte de los conocimientos de las asignaturas implicadas en este trabajo pueden ser diseñadas me-

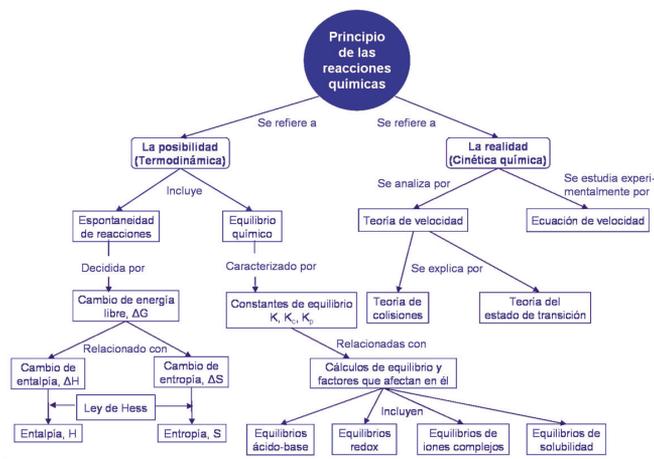


Figura 2. Mapa conceptual de los principios o fundamentos básicos de las reacciones químicas

dianter mapas conceptuales: estructura atómica, estructura molecular, compuestos de coordinación, ciclo del CO_2 , etc. A modo de ejemplo, se incluye un mapa conceptual (**Figura 2**) que se esperaría que un alumno elaborara cuando esté aprendiendo los principios básicos de las reacciones químicas. En la **Figura 3** se muestra cómo los alumnos pueden discutir el desarrollo de un mapa conceptual en el aula.



Figura 3. Alumnas de Química Inorgánica discutiendo en grupo la elaboración de un mapa conceptual.

Uso de estudio de casos

El estudio de casos es un método de enseñanza muy popular en la formación médica, jurídica y empresarial, donde existe una amplia tradición en el uso de historias reales o simuladas como casos mediante los que se enseña a los estudiantes. Así, desde principios del siglo XIX se han entrenado alumnos en la práctica jurídica haciéndoles analizar casos reales ya tratados por algún tribunal. Cada vez se emplea más en la Didáctica de la Química (**20**). Debe integrar varias disciplinas o temas y estar relacionado con el mundo real. Implica aprender "haciendo", desarrollando habilidades analíticas y de decisión en los alumnos. En el estudio de casos, los alumnos deben estudiar independientemente un tiempo y aprender a trabajar como integrantes de un equipo. Es una técnica que se centra en los participantes, al propiciar un juicio crítico alrededor de un hecho (real o ficticio) que previamente les fue ilustrado. El caso puede ser un documento breve o extenso, en forma de lectura, fotografía o película.

Sus objetivos se pueden resumir así:

- Favorecer la reflexión en grupo frente a los desafíos de la práctica profesional;
- Desarrollar una capacidad de análisis y toma de decisiones en contextos concretos de acción;
- Favorecer la aplicación de diferentes operaciones mentales, aprender a pensar;
- Descubrir y valorar la complejidad real que suele quedar oculta en las descripciones teóricas;
- Aceptar que existen diversas perspectivas de análisis y posibles cursos de acción ante los problemas reales; y
- Aceptar que las decisiones se deben tomar con importantes márgenes de incertidumbre y por ello están llamadas a ser revisadas y evaluadas.

La secuencia de trabajo que se sugiere en esta metodología es: el profesor prepara un caso que corresponda a los objetivos del programa y lo presenta al

grupo; el profesor lo entrega al menos una semana antes de su discusión y se pide que los alumnos, individualmente o en pequeños grupos, indiquen por escrito su análisis previo, tras la lectura del caso; discusión sobre las opiniones de los participantes, enriquecidas por el profesor, que interviene para repreguntar, vincular respuestas, y ofrecer a consideración ciertas disyuntivas abiertas; finalmente, de forma individual o en grupos pequeños, se elaboran las conclusiones. Con esta herramienta educativa, el profesor guía a los alumnos a través de la discusión de un caso, cuestionando, redireccionando cuestiones, clarificando, probando y destacando aspectos. Muchas situaciones de la vida real relacionada con aspectos de Química se pueden utilizar. Algunos ejemplos son: efecto invernadero, contaminación, propiedades de algunos compuestos, etc.

El caso propuesto debe ser interesante, motivador y relacionado con la vida real. El estudio de casos ayuda a los alumnos a construir habilidades de: análisis, síntesis, aplicación de conceptos, resolución de problemas, pensamiento crítico y comunicación. Deben examinarse diferentes soluciones ante un mismo caso.

Por ejemplo, uno de los autores (el Profesor Xu) muestra a sus alumnos la imagen de una fábrica en plena actividad y les relata una historia: "la fábrica está cerca de tu casa, cualquier planta en las proximidades no podría crecer...". Finalmente, solicita a los alumnos que respondan cuestiones como: ¿qué tipo de gases inorgánicos se emiten en la fábrica? ¿Qué gases son venenosos? ¿Por qué afectan ciertos gases al ambiente?

Uso de Internet para la enseñanza y el aprendizaje

En pocos años, Internet se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para la enseñanza y el aprendizaje de la Química (**21**). En concreto, gracias a su empleo, los alumnos pueden aprender nuevo conocimiento, buscar información, y comunicarse con profesores y otros alumnos. En procedimientos de este tipo, el proceso de enseñanza es del tipo de lo resumi-

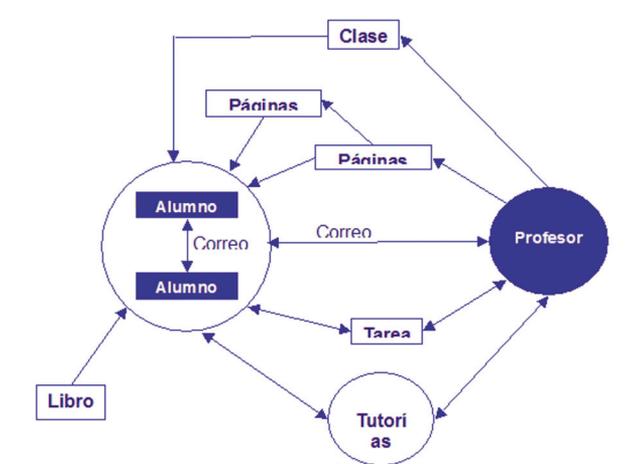


Figura 4. Esquema de las metodologías de enseñanza con utilización de Internet

do en la **Figura 4**. El uso de plataformas educativas facilita la labor de profesores y alumnos para trabajar mediante Internet. Una selección sobre algunas direcciones de interés fue publicada recientemente en esta revista (22).

Uso de tecnología multimedia en el aula

Los autores venimos utilizando tecnología multimedia (transparencias, presentaciones en formato *Power Point*, representaciones moleculares, y otras) en nuestra actividad docente de forma habitual. Esta tecnología permite a los alumnos percibir y comprender con mayor facilidad cuestiones como modelos moleculares, estructura atómica, geometría de compuestos de coordinación, procesos industriales de formación de productos químicos, etc. Además, aumenta la eficiencia de enseñanza y es fácil para el profesor modificar sus contenidos.

Utilización de demostraciones experimentales en el aula

Los autores hemos utilizado demostraciones químicas clásicas y originales en los cursos que impartimos y consideramos que esto supone un importante impacto en la enseñanza. Este tipo de metodología ayuda a incrementar el interés de los alumnos hacia el aprendizaje y aumenta la eficiencia de la enseñanza. Existe un buen número de demostraciones que pueden realizarse en el aula (23).

Uso de diagramas y figuras

Aparte de los mapas conceptuales, la experiencia demuestra que es altamente positiva la utilización de diagramas y figuras, que ayudan a los alumnos a clarificar conceptos.

Diseño de nuevas cuestiones

Ejercicios de estudio y evaluaciones son importantes aproximaciones que permiten al alumno revisar su aprendizaje y consolidar el conocimiento de lo que ha aprendido. Debería disminuirse el uso de cuestiones insípidas que sólo buscan el conocimiento memorístico. Algunas características de buenas cuestiones son que enlazan diversos conceptos, reflejan problemas reales y son diseñadas para integrar el conocimiento. Éste es un aspecto que también se ve facilitado por las plataformas educativas informáticas y en Internet que permiten incluso la autoevaluación del alumno.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Somos conscientes de las dificultades de alumnos, docentes e instituciones educativas de países tan distintos como España y China para adaptarse de forma inmediata a las estrategias de enseñanza de Química universitaria centradas en los alumnos. Según esta estrategia, el que aprende debe estar "activo" y esto significa esfuerzo.

La innovación docente en el contexto que requiere la enseñanza de la Química a principios del siglo XXI implica no sólo nuevos métodos de formación, con disminución de clases magistrales para dar paso a trabajo cooperativo y métodos docentes más participativos, sino una integración real de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje, nuevos objetivos de formación, y trabajo en equipo, entre otros aspectos.

De acuerdo a la experiencia de los autores, entre otras dificultades que se presentan al aplicar estrategias educativas centradas en los alumnos para el aprendizaje de la Química, se destacan: mayor carga de trabajo tanto para los docentes como para los alumnos, necesidad de nuevos espacios de aprendizaje (con una organización más flexible), mayor esfuerzo organizativo y de coordinación, necesidad de apoyo institucional, falta de preparación en el alumnado (acostumbrado a asistir pasivamente a clase y orientar su actividad para el aprendizaje casi con exclusividad a la superación de los exámenes), necesidad de formación pedagógica del profesorado, y mayor dificultad en el proceso de evaluación, que no debe depender sólo del examen tradicional. Este último es un aspecto importante, puesto que las pruebas tipo examen tienen normalmente normativa, fechas específicas en las Universidades, y toda una serie de aspectos históricos y sociológicos difíciles de modificar.

No es objeto de este trabajo pero, obviamente, el cambio de metodología implica también modificaciones sustanciales de los sistemas de evaluación. No es comprensible cambiar de objetivos y de procedimientos educativos para que sea un examen final la única fase que decida el éxito o fracaso de los alumnos. Es sabido que, en el mundo educativo (y en otros mundos) "lo que no se evalúa se devalúa"; los alumnos normalmente tienen un comportamiento estratégico y de poco valdría que se modificara la metodología y los objetivos educativos si el sistema de evaluación se reduce a un examen tradicional.

Como se aprecia en lo expuesto, la experiencia demuestra que un modelo educativo orientado a las competencias (formación con criterios y capacidad) de las personas y no sólo a los contenidos no es un asunto baladí. Las dificultades se acrecientan, además, si suponen experiencias aisladas y no del conjunto de materias y de Departamentos implicados. En todo caso, y considerando que, como tantas veces, lo importante no es la meta en sí, normalmente algo difusa, sino el camino (que se hace "al andar", según recordaba Antonio Machado) recorrido, desde aquí animamos a los profesores de Química que mantienen una metodología docente basada esencialmente en lo que los anglosajones denominan "*chalk and talk*", a introducir cambios metodológicos.

Unas últimas reflexiones: los cambios señalados y otros adicionales deberían desarrollarse paulatinamente y por grupos de profesores (de una asignatura y de

varias). En Europa, el denominado "proceso de Bolonia" que implica, para países como España, los cambios sustanciales actuales en el modelo educativo, tipos de titulaciones universitarias, criterio de créditos, evaluación de la calidad, acreditación de titulaciones, etc., deberían considerarse como una "oportunidad" para la mejora, y no como una "amenaza" a lo establecido.

ANEXO I

A modo de ejemplo, se recoge aquí la propuesta de trabajos a realizar en grupo para la asignatura de Química Inorgánica, en la titulación de Ingeniero Químico impartida en la U.P.M., en el Curso 2004/05.

Consultando los apuntes de clase, libros, direcciones de Internet y otras fuentes, y orientados por el profesor de la asignatura, se propone, como trabajo a realizar en grupos de tres alumnos, varias cuestiones, de las que hay que deben elegir dos. Cada cuestión debe exponerse en clase con la ayuda (si se estima oportuno) de un máximo de cinco transparencias (o diapositivas en *Power Point*) en un tiempo máximo de diez minutos. El trabajo escrito y la presentación, en formato impreso y electrónico, se entrega al profesor, una vez expuesto, para compartírselos con el resto de los alumnos. Debe considerarse que, dado que la asignatura es Química Inorgánica, se pretende que, en general, las respuestas e informaciones estén asentadas en bases químicas (reacciones químicas ajustadas, conceptos químicos estudiados, etc.). Se recomienda incluir, en cada caso, las fuentes utilizadas. Así, si se copia un dibujo o figura de una dirección de Internet, debería incluirse dicha dirección en el trabajo.

Las cuestiones propuestas son:

- 1.- Justificar las diferencias existentes entre las propiedades del diamante y las del grafito, en función de su estructura atómico-molecular.
- 2.- El Si y el C están en el mismo grupo del sistema periódico, ¿tienen propiedades similares el SiO_2 y el CO_2 ? Justificar sus propiedades en función de su estructura atómico-molecular.
- 3.- Indicar qué es un fluido supercrítico (FSC), señalando algunas de sus características. Destacar cómo se obtiene café descafeinado mediante el FSC de CO_2 y qué ventajas presenta frente a procedimientos utilizados anteriormente.
- 4.- Explicar brevemente qué es el desarrollo sostenible y qué pueden aportar en él los conocimientos propios de Química Inorgánica (incluir ejemplos).
- 5.- Explicar brevemente cómo se forma el "agujero de ozono". ¿Por qué se dice que es negativo que falte ozono en la atmósfera y, sin embargo, el contenido de ozono en el aire es un dato que se ofrece en las pantallas informativas del Ayuntamiento de Madrid junto a otros agentes contaminantes?
- 6.- Explicar en qué consiste la ósmosis inversa para la obtención de agua desalinizada y si se emplea en

España ese método.

7.- Explicar cómo se obtiene el cloro, por qué tiene "mala prensa" y cuáles son sus principales aplicaciones. Esta cuestión dará pie para realizar un debate entre dos equipos que defenderán posturas contrarias: uno "a favor" y otro "en contra" de los compuestos derivados del cloro.

8.- Justificar, mediante su estructura atómico-molecular, cómo varían las propiedades del azufre al calentarlo.

9.- En enero de 2005, un accidente (que lamentablemente se repite con cierta frecuencia) en el que fallecieron 18 personas conmocionó a la opinión pública española. Se percibió así lo letal que puede resultar una mala combustión de estufas. Explicar las causas y los efectos de este tipo de accidentes.

10.- Explicar brevemente cuáles son las fuentes de energía principales a nivel mundial y cómo afectan al efecto invernadero.

11.- Explicar brevemente qué es el protocolo de Kyoto, que entró en vigor el 16 de Febrero de 2005.

12.- Observando la letra pequeña de los anuncios de automóviles en la prensa se puede encontrar los datos de consumo medio de combustible (en L/100 km) y la emisión de CO_2 (en g/km). Tomando varios de estos datos, razonar la relación existente entre ellos.

13.- Señalar algún ejemplo de explosivo, indicando forma de obtención y aplicaciones.

14.- Señalar algún ejemplo de fertilizante, indicando forma de obtención y aplicaciones.

15.- Indicar brevemente qué es la lluvia ácida, los efectos que produce y su posible corrección.

16.- Explicar por qué el metal más abundante en la corteza terrestre sólo se conoció a principios del siglo XIX y otros, como el hierro o plata se conocen desde hace siglos.

17.- Explicar cómo se obtiene y se purifica el silicio, señalando sus aplicaciones.

18.- Explicar por qué los objetos de plata se ennegrecen (hay que limpiarlos con productos especiales), los de cobre y sus aleaciones (bronce y latón) forman una pátina de color verde (ver por ejemplo la estatua de Emilio Castelar en la plaza del mismo nombre, en Madrid), los de aluminio no se alteran y los de hierro forman una herrumbre rojiza.

19.- Explicar el fundamento del proceso fotográfico en blanco y negro.

20.- Explicar brevemente la química del alto horno para la obtención de hierro.

21.- Explicar por qué algunos complejos son coloreados y las aplicaciones que se obtienen de esta cuestión.

22.- Cuantificar las ventajas e inconvenientes de reciclar el vidrio (tómese como ejemplo 1,0 kg con una composición determinada).

23.- Cuantificar las ventajas e inconvenientes de reciclar el aluminio (tómese como ejemplo 1,0 kg).

24.- Describir brevemente la biografía de los siguientes científicos, resaltando la labor en el desarrollo del concepto o técnica que se indica entre paréntesis:

- a.- Lavoisier (conservación de la masa).
- b.- Mendeleev (sistema periódico).

- c.- Hall y Héroult (obtención de aluminio).
- d.- Haber (síntesis del amoníaco).
- e.- Frasch (extracción de azufre).
- f.- Pauling (electronegatividad).

25.- Las diez sustancias químicas producidas en mayor proporción durante el año 2001 en Estados Unidos fueron (en orden decreciente): ácido sulfúrico(a), nitrógeno (b), oxígeno (c), etileno (d), cal (e), amoníaco (f), ácido fosfórico (g), propileno (h), cloro (i) y sosa cáustica (j). Para las que sean propias de la Química Inorgánica, señalar: materias primas necesarias, procedimiento de obtención y aplicaciones principales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda recibida por el China Scholarship Council (dentro del Programa Teaching Science in English), la Universidad de Sydney (de forma especial a los profesores Mary Peat, Mike King, Tony Masters y Siegbert Schmid) y la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (dentro del programa 4-A: Apoyo al Aprendizaje Activo de los Alumnos).

REFERENCIAS

1. Woods, D.R. (1995), Teaching and learning: what can research tell us?, *Journal of College Science Teaching*, 25, 229-232.
2. Pagani, R. (2004), Europa y España ante un espacio Europeo de Educación e Investigación, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 100 (2), 5-11.
3. McDermott, L.C., Shaffer, P., Somers, M. (1994), Research as a guide for curriculum development: an illustration in the context of the Atwood's machine. *American Journal of Physics*, 62, 46-55.
4. Mazur, E. (1997), Peer instruction, Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
5. Sanmartí, N. (2002), Didáctica de las Ciencias Experimentales en la educación secundaria obligatoria, Ed. Síntesis Educación, Madrid.
6. Campanario, J.M. (2002), La enseñanza de las Ciencias en preguntas y respuestas, en formato CD Rom, Ed. Universidad de Alcalá. Disponible en la dirección de Internet <http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html>
7. Yunqi, L. (2003), Applying student-centred teaching strategies to enhance the teaching quality of an Inorganic Chemistry course, *The China Papers*, July, 20-24.
8. Xu, J. (2003), The reform of teaching in General Chemistry: establishing student-centred teaching strategies, *The China Papers*, July, 15-19.
9. Pinto, G. (2001), Enseñanza y aprendizaje de la Química a nivel universitario, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 97 (4), 29-36.
10. Pinto, G. (2004), Ejemplos de la vida cotidiana para el aprendizaje de la Química: valoración por alumnos universitarios, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 100 (2), 37-43.
11. Ram, P. (1999), Problem based learning in undergraduate education, *Journal of Chemical Education*, 76, 1122.
12. Demaría, I., Trapé, M., Bellú, S., Rizzotto, M. (2003-2004), Una alternativa para la enseñanza de la Química. El aprendizaje basado en problemas: aprender a aprender, *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 17, 1-6.
13. Molina Ortiz, J.A., García González, A., Pedraz Marcos, A., Antón Nardiz, M.V. (2003), Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional, *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, 3 (2), 79-85.
14. Kinchin, I.M. (2001), If concept mapping is so helpful to learning biology, why aren't we all doing it? *International Journal of Science Education*, 23, 1257-1269.
15. Novak, J.D., Gowin, D.B. (1988), Aprendiendo a aprender, Ed. Martínez Roca, Barcelona.
16. Jonassen, D.H., Beissner, K., Yacci, M.A. (1993), Structural knowledge: Techniques for conveying, assessing and acquiring structural knowledge, Ed. Lawrence Associates Erlbaum, Hillsdale, NJ.
17. Ausubel, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H. (1983), Psicología educativa: un punto de vista cognitivo, Ed. Trillas, México.
18. Lanzing, J.W.A. (1997), The concept mapping homepage. Disponible en la dirección de Internet http://users.edte.utwente.nl/lanzinc/cm_home.htm
19. Anderson-Inman, L., Zeitz, L. (1994), Beyond note-cards: Synthesizing information with electronic study tools, *The Computing Teacher*, 21 (8), 21-25.
20. Challen, P.R., Brazdil, L.C. (1996), Case studies as a basis for discussion method teaching in introductory Chemistry courses, *The Chemical Educator*, 1 (5), 1-13.
21. Pinto, G. (2003), Preparación y mantenimiento de contenidos educativos de Química a través de Internet, en *Nuevas tecnologías en la innovación educativa*, García Beltrán, A. y Martínez, R. (Editores), Sección de Publicaciones E.T.S.I.I. de la Universidad Politécnica de Madrid.
22. Gutiérrez Zorrilla, J.M., Román Polo, P. (2003), Algunas direcciones de páginas web de interés para los químicos, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 99 (1), 26-35.
23. Pinto, G. (2003), Didáctica de la Química y vida cotidiana, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 99 (1), 44-52.