

Parte II

Estrategias y Recursos Educativos

MAPAS CONCEPTUALES EN PRÁCTICAS ABIERTAS DE FISICOQUÍMICA

*M^a. Yolanda Fernández de Aránguiz Guridi, M^a. Rosario Berraondo Juaristi,
Sofía de La Torre Torrecilla*

Departamento de Química Física, Facultad de Farmacia
Universidad del País Vasco. Paseo de la Universidad, 7. 01007 Vitoria-Gasteiz
qfpfeguy@vf.ehu.es, qfpbejur@vf.ehu.es

La propuesta de experiencias abiertas en una disciplina de carácter experimental como es la Fisicoquímica, que utilizan productos y analizan procesos que forman parte de la vida cotidiana, favorece sin duda la motivación de los alumnos a la hora de aprender. Con el objetivo de impulsar, además, la autonomía de los alumnos en el laboratorio, en este trabajo se propone la utilización de los mapas conceptuales, en la determinación experimental de un calor de neutralización. La propuesta se desarrolla con carácter bilingüe (euskera / castellano).

1. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Química Física de la Facultad de Farmacia viene aplicando, desde hace muchos años, en el desarrollo de las sesiones prácticas de la asignatura de Fisicoquímica de la Licenciatura de Farmacia, planteamientos abiertos de las experiencias de laboratorio, con el fin de promover la iniciativa de los alumnos a la hora de proponer diferentes estrategias para realizar la práctica. Este planteamiento se concreta en la estructura de los guiones que se proporcionan al alumno y en la metodología seguida durante dichas sesiones. En el convencimiento de que cuando "las cosas salen mal es cuando más se aprende", el guión de la práctica no incluye de forma detallada los pasos tanto experimentales como de cálculo necesarios para obtener el resultado deseado. Se huye del guión "receta", que en ningún caso ayuda al alumno a aprender, sino más bien, contribuye a su desorientación, ya que el alumno se limita a seguir un plan preestablecido sin encontrar ningún sentido a lo que hace, dando la sensación de "estar terriblemente ocupado cuando no tiene nada que hacer" (1).

Desde hace unos años venimos observando que los alumnos acceden a los primeros cursos de las Facultades de Ciencias con un nivel de conocimientos muy poco homogéneo y, en general, bastante deficiente, con una escasa motivación por el aprendizaje y con un nulo sentido, no sólo de la interdisciplinariedad de las asignaturas, y de la relación existente entre los conceptos de una misma materia, sino también de sus aplicaciones en la vida cotidiana. Además, y salvo excepciones, antes de acceder a la Facultad, los alumnos, han realizado muy poco trabajo experimental.

Todo esto contribuye a la desorientación de la mayoría de los alumnos en las sesiones de laboratorio, que se ve acrecentada si, como es el caso, se proponen prácticas abiertas, en las que su iniciativa, trabajo autónomo y espíritu crítico son

esenciales para lograr en su totalidad el objetivo con el que se plantean estas experiencias.

La proximidad de la implantación de los créditos ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos), que comporta un nuevo modelo educativo en el que tanto las programaciones como las metodologías se centran en la actividad del estudiante, y en el que la función del docente no se limita a su actividad de enseñanza sino que el profesor debe actuar como guía en el proceso de aprendizaje del alumno, nos obliga a proponer y valorar nuevas estrategias metodológicas que favorezcan e impulsen la autonomía del alumno a la hora de aprender.

Los mapas conceptuales creados por Novak (2), constituyen una respuesta a la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (3) y son una herramienta que permite la representación gráfica de conceptos o conocimientos construidos de forma que las interrelaciones entre los conceptos son evidentes.

En palabras de Novak, “los mapas conceptuales son una poderosa herramienta para representar las estructuras de conocimiento del individuo y los cambios explícitos que tienen lugar en su conocimiento a lo largo del tiempo. Los mapas conceptuales son una herramienta potente para ayudar a los estudiantes a aprender cómo aprender” (4). La efectividad de esta herramienta didáctica aumenta cuando el trabajo de elaboración de los mapas se realiza en grupo, ya que promueve la discusión y el debate entre sus integrantes, fomentando el espíritu crítico tan necesario en el estudio de cualquier materia.

Una de las ideas bien establecidas en la psicología del aprendizaje es que no podemos “proporcionar” comprensión conceptual a los estudiantes: cada estudiante debe construir su propio esquema de conceptos y proposiciones. Sin embargo, este proceso puede ser facilitado proporcionando al alumno mapas conceptuales que pueden servir como andamiaje de ideas que aceleren el proceso de adquisición de bloques organizados de conocimientos por parte de cada estudiante (4).

Los mapas conceptuales constituyen una poderosa herramienta didáctica que puede ser utilizada en todas las etapas del proceso enseñanza-aprendizaje y dadas sus características: jerarquización de conceptos, selección de términos que van a ser centro de atención y el impacto visual, ya que permiten observar las relaciones entre las ideas principales de un modo sencillo y rápido (5,6), su utilización puede constituir un instrumento eficaz para el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes, porque en ellos se ponen de manifiesto las características esenciales de este tipo de pensamiento: el carácter jerárquico, el carácter integrador y la multiplicidad de descripciones.

2. OBJETIVO

Utilización de mapas conceptuales como herramienta, en la propuesta de prácticas abiertas de laboratorio de Físicoquímica para la determinación de un calor de neutralización.

3. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA

¿Cuántas veces hemos visto que a un jugador lesionado en la rodilla, se le aplica una bolsa, que contiene algo misterioso que impide la hinchazón posterior al golpe porque enfría la zona afectada?

¿Cuántas veces hemos escuchado la frase: como tengo acidez de estómago voy a tomar un poco de bicarbonato sódico?

Estos dos ejemplos que pertenecen a nuestra vida cotidiana, y que están sin duda relacionados con procesos cercanos e interesantes para los alumnos de la Licenciatura de Farmacia, son los elegidos para el desarrollo de la práctica. Al realizar la experiencia, el alumno encontrará explicación para los hechos anteriores.

La sesión práctica comienza proporcionando al alumno un mapa conceptual, en el que se recoge el objetivo de la práctica y la mayoría de los conceptos que en ella se manejan. En dicho mapa no se especifican el material, datos necesarios, y procedimiento experimental para la consecución de la experiencia, siendo los alumnos los que deciden acerca de estos aspectos. Para ayudarles en la toma de decisiones, el laboratorio de prácticas cuenta con medios que permiten al alumno cualquier consulta de tipo bibliográfico, sin olvidar la continua presencia del profesor durante toda la sesión práctica. De esta forma, la práctica queda propuesta de forma abierta.

Con el fin de fomentar el debate, el espíritu crítico y el trabajo en equipo los alumnos desarrollan la experiencia en pareja.

El mapa conceptual correspondiente a la práctica elegida es el que está recogido en la Figura 1.

Una vez finalizada la experiencia por parte de los alumnos y obtenido por tanto el calor de neutralización objetivo de la práctica, los alumnos reciben una lista de conceptos, afirmaciones y cuestiones, especificados en un apartado posterior, que deben responder y ubicar convenientemente en los conceptos del mapa.

La entrega de este material al profesor da por concluida la práctica para su posterior evaluación.

Este planteamiento y metodología de trabajo se desarrolla de forma análoga en las sesiones prácticas con docencia en euskera.

Por razones de espacio, a continuación se presenta únicamente el material elaborado en castellano.

4. DESCRIPCIÓN DEL MAPA

En el mapa presentado como guión de la práctica (Figura 1), se han querido utilizar colores (no apreciables en la edición impresa en blanco y negro de este documento) con el fin de hacerlo visualmente más atractivo y para resaltar la importancia de los distintos conceptos que en él aparecen. El fondo verde, que es un color relajante y no agresivo, permite utilizar y contrastar otros colores empleados para el fondo y caracteres de los conceptos que se pretenden destacar.

Debido a que el contenido de la experiencia está relacionado con el calor involucrado en las reacciones químicas y puesto que el rojo es un color que se asocia

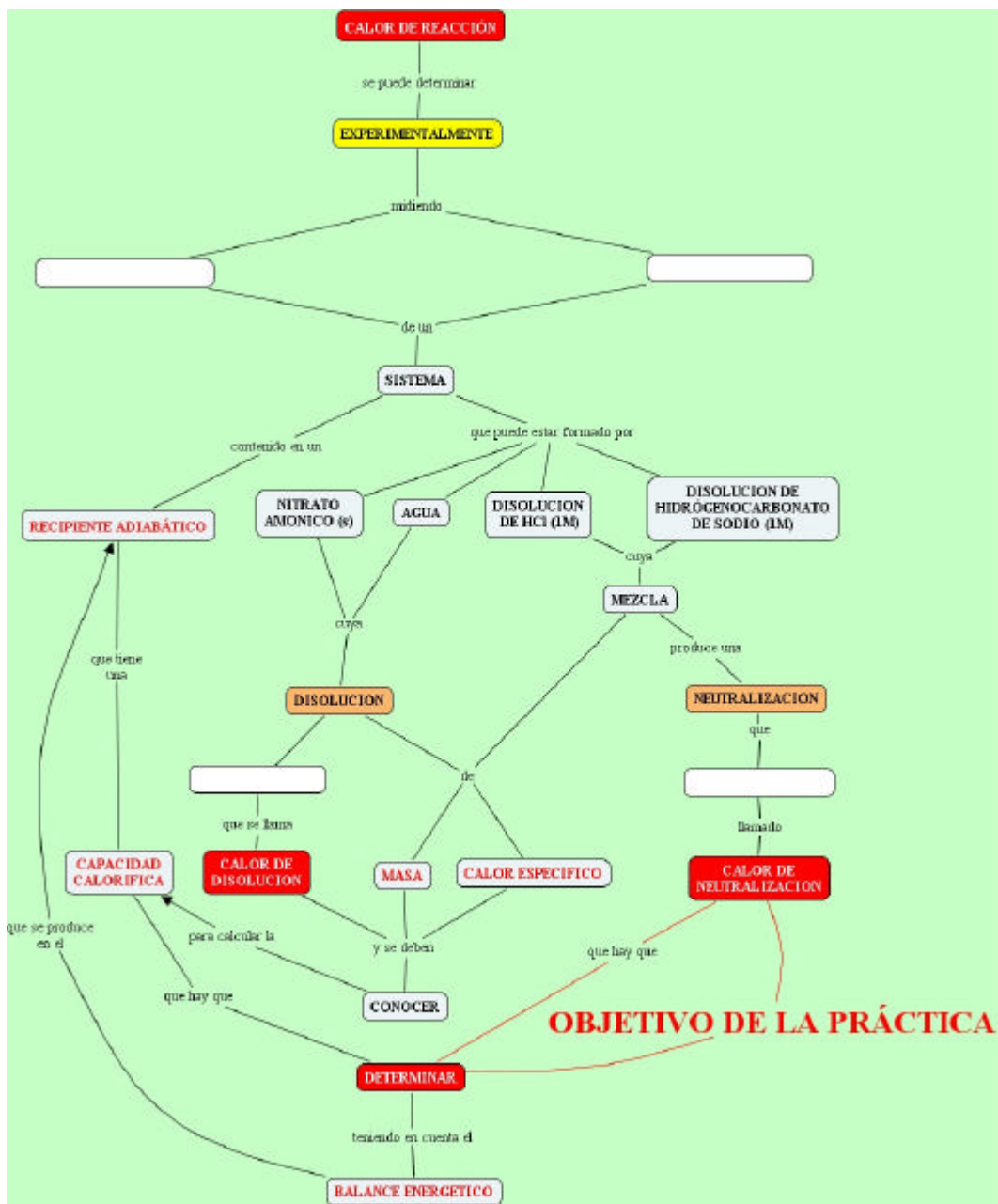


Figura 1. Mapa conceptual de la práctica elegida.

bien con este concepto, éste es el color de fondo que ha servido para destacar los conceptos: calor de reacción, calor de disolución y calor de neutralización. En este último se ha resaltado, también en rojo, que su determinación constituye el objetivo de la práctica.

Todos los conceptos nuevos implicados en la experiencia se han recogido en fondo blanco y letras rojas y aquellos conceptos que no están directamente relacionados con la Termoquímica y que deben de pertenecer al “fondo de conocimientos previos” que el alumno debe de tener, van englobados en fondo blanco y letras negras.

El concepto “EXPERIMENTALMENTE” es el único expresado en fondo amarillo, con el fin de aportar luminosidad a la idea de que se va a determinar un calor de neutralización en el laboratorio, es decir de forma experimental y no mediante otros procedimientos más o menos teóricos, que, asimismo, podrían plantearse en clase.

Los conceptos “DISOLUCIÓN” y “NEUTRALIZACIÓN”, aparecen destacados en fondo rosa asalmonado, ya que son los procesos que hay que realizar para poder determinar el calor de neutralización.

También se puede apreciar que figuran cuatro huecos en blanco, que el alumno, necesariamente, debe rellenar. Los dos del nivel superior, antes del comienzo del trabajo práctico que, obviamente, no puede desarrollar sin conocer la magnitud que ha de medir. Los otros dos huecos del nivel inferior, podrán ser completados durante el desarrollo de la experiencia, bien por observación directa, bien después de haber consultado el dato bibliográficamente.

El mapa presentado ha sido elaborado con la ayuda del programa CmapTools (*Knowledge Modeling Kit*) Beta versión 4.0 para Windows, Solaris, Linux y OSX. Dicho programa ha sido realizado por el *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC) (*University Affiliated Research Institute*) de la Universidad de West Florida.

5. CONCEPTOS, AFIRMACIONES Y CUESTIONES

Asocie los siguientes conceptos, afirmaciones o respuestas a las cuestiones que se le plantean a continuación, con su número correspondiente, a los conceptos que aparecen en el mapa.

- 1.- El calor generado o absorbido cuando determinada cantidad de soluto se disuelve en determinada cantidad de disolvente a presión y temperatura constantes.
- 2.- Vaso Dewar.
- 3.- ¿Qué es un proceso endotérmico?
- 4.- ¿Cómo ha preparado la disolución de ácido clorhídrico 1M?
- 5.- Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un sistema en un grado.
- 6.- ¿Cómo lo ha hecho?
 - a.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en “V” ml de agua en un erlenmeyer.
 - b.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en agua contenida en un vaso de precipitados.

- c.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en “V” ml de agua en un matraz aforado.
- d.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en agua y diluyendo en un matraz aforado.
- 7.- Manifestación energética involucrada en una reacción química.
- 8.- ¿Qué es un proceso exotérmico?
- 9.- Escriba las ecuaciones químicas correspondientes a los procesos de:
- a.- Disolución de ácido clorhídrico.
- b.- Disolución de hidrógenocarbonato de sodio.
- c.- Neutralización.
- d.- Disolución de nitrato amónico.
- 10.- ¿De qué factores depende el calor de disolución?
- 11.- No intercambia calor con el entorno.
- 12.- ¿Qué datos ha necesitado consultar para la realización de la experiencia? Enumérelos, especifique su valor y comente muy brevemente en qué concepto del mapa los ha necesitado.
- 13.- J/grado · g.
- 14.- ¿Cuál es la que ha utilizado?
- a.- $q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$
- b.- $q = C \cdot \Delta T$
- c.- $q = m \cdot c_e \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T$
- d.- $m \cdot c_e \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T + q = 0$
15. - Expresar el resultado de la práctica como variación de entalpía por mol de ácido neutralizado.
16. - ¿Qué asignaría a los conceptos del Mapa a los que no haya asociado ningún número de la lista anterior?

REFERENCIAS

1. D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias*, **1994**, Vol. 12, 299
2. J.D. Novak, *A theory of educations*; N.Y. Cornell University Press, Ithaca (1997).
3. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: A connitive view*, Holt, Reinehart&Wiston, Ed. Werbel& Peck, New York (1986).
4. J.D. Novak, *Discurso de Aceptación como Doctor Honoris Causa de la Universidad Pública de Navarra*, Universidad Pública de Navarra. Dirección de Comunicación (2003).
5. F. Díaz Barriga, G. Fernández, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, Ed. McGraw Hill, Méjico (1988).
6. O. Gutiérrez, *Didácticas Universitarias*, CEPES, Universidad de La Habana (1987).

ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES ENCAMINADAS A DISMINUIR LA TASA DE FRACASO EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE ASIGNATURAS DE FÍSICA Y QUÍMICA

*José Ramón Hernández¹, Felipe Uriondo¹, Luis Rubio¹, Marian Olazábal²,
Juan M. Gutiérrez-Zorrilla², Luis Lezama²*

¹Escuela Superior de Ingeniería, Universidad del País Vasco
Alameda de Urquijo s/n, 48013 Bilbao. iephegoj@bi.ehu.es

²Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco
Apartado 644, 48080 Bilbao. qipguloj@lg.ehu.es

En este documento se presentan los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas en un proyecto PIE (Proyecto de Investigación Educativa) de la UPV/EHU con el que pretendemos reducir la tasa de abandono y el fracaso que se da en una medida preocupantemente elevada en las carreras científico-técnicas, a través de la aplicación de estrategias motivacionales. Estos trabajos se agrupan en tres bloques: realización de encuestas para la determinación del perfil motivacional, aplicación en el aula de diversas estrategias motivacionales y creación de grupos de discusión para el análisis y diseño de las actividades.

1. INTRODUCCIÓN

Muchos de nuestros alumnos abandonan las carreras sin haber concluido el curso, especialmente después de los primeros exámenes, debido a que los resultados no se corresponden con sus expectativas, lo cual resulta muy desmotivador, y muchos de ellos optan por cambiar de carrera o simplemente abandonar.

Por otra parte, el número de estudiantes repetidores en carreras científico-técnicas es desgraciadamente muy elevado y creciente. Estos alumnos abordan la asignatura con una predisposición negativa hacia la misma, que se plasma en dos pautas de actuación: baja asistencia a clase y repetición de los errores de estrategia de aprendizaje del curso anterior.

Con el objetivo de reducir estas deficiencias, se han estudiado algunos de los factores que influyen en la motivación del alumno y se han adoptado una serie de medidas que tratan de reducir el índice de fracaso y abandono en distintas asignaturas.

Para la consecución de los objetivos mencionados se planteó, resumidamente, la siguiente metodología:

1. Realización y análisis de encuestas.
2. Aplicación de estrategias motivacionales de aula física y virtual.
3. Creación de grupos de discusión.

2. ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1. Las encuestas

La elaboración del cuestionario

La elaboración del cuestionario que los alumnos deben cumplimentar es un proceso que consta de las siguientes etapas:

- Creación de un primer borrador a partir de diferente bibliografía (1) y aportaciones de los miembros del equipo.
- Corrección de errores y sugerencias por parte del Servicio de Asesoramiento Educativo (SAE) de la UPV/EHU.
- Modificaciones realizadas a partir del análisis del cuestionario en unos grupos de discusión formados por alumnos voluntarios.
- Modificaciones realizadas a partir del análisis de los resultados de las encuestas realizadas anteriormente.

Realmente, estamos inmersos en un proceso dinámico de mejora continua, ya que en el análisis de los resultados obtenidos en cada encuesta se detectan nuevos errores y a partir de su corrección, se realizan mejoras en los cuestionarios, cuyo análisis, a su vez, conduce a nuevas mejoras.

El cuestionario

El cuestionario consta de los siguientes bloques:

- Un bloque de cabecera con datos identificativos generales y un código generado por el alumno que permite identificar a un encuestado en futuros cuestionarios manteniendo su identidad en el anonimato.
- Un primer bloque de 16 preguntas de carácter académico (nota de entrada a la Universidad, asignaturas cursadas, asistencia a academias, ...).
- Un segundo bloque de 11 cuestiones sobre su perfil motivacional.
- Un último bloque de 33 preguntas sobre estrategias motivacionales, en cuanto a la introducción y desarrollo de las clases, y la evaluación.

Los perfiles motivacionales

La caracterización de las motivaciones presentes en el alumnado la hemos realizado a través de la identificación con cinco perfiles motivacionales que se presentan en cinco breves historias, en las que se presentan estas cinco actitudes:

- Interés por aprender.
- Afán de lucimiento.
- Miedo al fracaso.
- Salvaguarda ante todo de la autoestima.
- Realización del mínimo esfuerzo.

En las primeras encuestas que realizamos planteamos la identificación con una única historia de las cinco presentadas. Este planteamiento, a la luz del análisis de los resultados de la encuesta, la crítica de los grupos de discusión, la consulta a los expertos del SAE y nueva bibliografía consultada (2), resultó erróneo. Para corregir este defecto en las encuestas realizadas este curso hemos presentamos la adhesión en

un porcentaje dividido en cinco tramos a cada perfil. Con este cambio hemos conseguido una mejor caracterización de la motivación de nuestros alumnos.

Por otra parte, en el trabajo de análisis realizado en los grupos de discusión, se han detectado algunas carencias en estos perfiles. Por ejemplo, la ausencia de una situación de fracaso prolongado. Esta observación nos ha impulsado a plantearnos su modificación y redefinición para hacerlos más ajustados a la realidad de nuestros alumnos.

Procesado y tratamiento estadístico de los datos

Para automatizar el proceso de la lectura de las encuestas, éstas se realizaron mediante hojas de lectura óptica. Con este procedimiento, la adquisición de los datos es más rápida, se evitan errores y se facilita su posterior tratamiento estadístico.

Para extraer conclusiones de los datos obtenidos mediante las encuestas se ha optado por emplear el programa SPSS (v 11.0). Las técnicas estadísticas que se han empleado son, resumidamente, las siguientes:

- Estadísticos descriptivos: la media, la mediana, la moda y la desviación típica para ordenar las respuestas de los alumnos en cuanto a grado de importancia.

- Tablas de frecuencia para saber cómo se distribuían las contestaciones a cada una de las preguntas.

- Tablas de contingencia para comparar las respuestas a distintas preguntas.

- Análisis de correlaciones para determinar grupos de preguntas homogéneos en cuanto a las respuestas para los alumnos.

- Análisis de la varianza para tratar de determinar si realmente los grupos de alumnos que inicialmente se planteaban responden de maneras distintas en función del grupo de pertenencia.

- Análisis de conglomerados, para analizar y estudiar cuáles son realmente los “grupos naturales” de alumnos y cuáles son las características diferenciales entre ellos.

Resultados de las encuestas

Como resultados significativos de las encuestas señalamos, en primer lugar, la identificación de perfiles motivacionales del colectivo total de alumnos.

Tal y como se muestra en la Figura 1, tenemos un 67,5% de los alumnos con una actitud negativa en clase, frente a un 19,91% que mantienen una actitud positiva.

Hay que señalar que en la lectura de los resultados de estas encuestas existe un sesgo, que viene dado por las fechas en que fueron realizadas: con posterioridad a la realización del primer parcial. Estas circunstancias hacen que la presencia de los alumnos que abandonan tras los primeros exámenes y los repetidores, que no acuden habitualmente a las clases, sea escasa. No resulta nada fácil acceder a los alumnos que abandonan o repetidores en unas condiciones aceptables para este tipo de estudios. Esta situación puede explicar que nuestras medias de valoración de estrategias motivacionales sean superiores a las obtenidas en los estudios de Alonso Tapia (2). Para corregir este sesgo en este curso, por un lado, se ha adelantado la fecha de realización de la encuesta, para evitar la pérdida por abandonos tras el primer parcial; por otro lado, se han realizados cambios en el sistema de evaluación, introduciendo

una bonificación en la realización de las prácticas de laboratorio. Con esta medida hemos conseguido, además de la estimulación en la realización de las prácticas, un doble beneficio: acceder a los alumnos repetidores de una forma natural (pues son ellos, por su interés, quienes vienen) y mantener el contacto con los alumnos que pudieran abandonar tras el primer parcial.

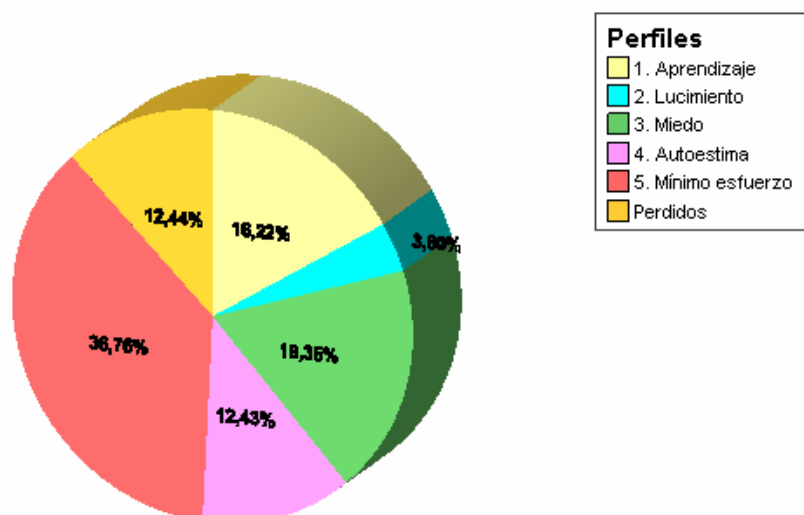


Figura 1. *Perfiles motivacionales en conjunto.*

En cuanto a las estrategias más y menos valoradas por los alumnos las hemos agrupado por su diferencia marcada en dos bloques correspondientes a cada uno de los dos Centros en los que hemos desarrollado el estudio: la Facultad de Ciencia y Tecnología y la Escuela de Ingeniería de Bilbao.

Facultad de Ciencia y Tecnología

Los aspectos que más han valorado los alumnos de este Centro son los siguientes:

- La posibilidad de preguntar dudas en cualquier momento de la clase.
- Que el profesor se dirija a uno por el nombre.
- Que se puedan revisar los exámenes parciales.
- Que existan tutorías de repaso del primer parcial (respondida sólo por los alumnos que suspendieron el parcial).
- Que sea una asignatura de evaluación continua.
- La posibilidad de preguntar dudas a través de un correo electrónico.

Escuela de Ingeniería de Bilbao

Los aspectos más valorados por los alumnos en este centro son:

- Disponer de apuntes de la asignatura.
- Realización y disponibilidad de esquemas recopilatorios para cada tema.
- La realización de un examen parcial por cuatrimestre.

- El hecho de señalar si un tema o tarea es relevante para aprobar el examen.
- El hecho de señalar si el tema o tarea es relevante para resolver algún problema técnico real.
- La presentación de los temas a través de información novedosa o sorprendente para activar la curiosidad.
- La realización de exámenes con resolución de problemas y corrección manual.
- El hecho de señalar si un tema o tarea es relevante para mejorar alguna capacidad profesional.

Por otro lado, los aspectos más negativamente valorados por los alumnos son:

- Que las prácticas se hagan de forma obligatoria.
- La realización de exámenes con preguntas de desarrollo de un tema.
- Que el profesor plantee cuestiones en clase cuya respuesta tenga una pequeña valoración en la nota.
- Realización de trabajos voluntarios complementarios que no cuentan en la nota.
- Que las prácticas de laboratorio tengan una valoración en la nota.

Se observa como los alumnos de Ciencias se preocupan más de la interacción con el profesor mientras que los de Ingeniería se centran realmente en la evaluación, esto es, el objetivo es aprobar y, frente a esto, el resto es de menor importancia.

2.2. Estrategias de aula

A continuación exponemos las distintas actividades aplicadas para mejorar la motivación de los alumnos. Hay que señalar que no todas las estrategias han sido aplicadas en todos los grupos, por las condiciones particulares de cada grupo y asignatura, como número de alumnos, periodo de impartición, etc.

Trato personalizado con los alumnos

El primer día de clase se solicita a los alumnos que escriban, en una hoja, el apelativo mediante el cual desean ser tratados y que lo dejen encima de la mesa para que todos puedan verlo. Esto permite que el profesor conozca el nombre de todos sus alumnos y que todos los alumnos se conozcan entre sí por el nombre, lo que crea espíritu de grupo.

Entrevista personal con el alumno a principio del curso

En esta entrevista, se pregunta a los alumnos dónde han cursado el bachillerato, qué nivel de conocimiento de la asignatura traen del bachillerato y si tienen dificultades para seguir la asignatura. Y se les hace saber que, para aprobar la asignatura, es necesario estudiar desde el primer día, que la elaboración de un cuaderno de problemas les ayudará muchísimo y, en el caso de tener dudas, que pregunten o hagan uso de las tutorías.

Entrevista con los alumnos suspendidos en el primer parcial

En esta entrevista se analizan las causas de su baja calificación y se les anima a no abandonar la asignatura, haciéndoles que ver que con la subsanación de los errores cometidos podrán conseguir mejores resultados en próximos exámenes.

Juegos de presentación

Se han realizado una serie de juegos de presentación para crear grupo y una actitud emocional positiva para el desarrollo de la clase.

Noticia de prensa relacionada con el tema en estudio

Esta estrategia consiste en que un alumno busque una noticia de prensa relacionada con el tema de estudio y la exponga resumidamente ante el resto de la clase. El objetivo es evidenciar la utilidad práctica y cercana de lo que se estudia en cada tema.

Representación de los conceptos principales de un tema

Esta dinámica consiste en representar teatralmente, en grupos de tres a cinco personas, y de forma breve (cinco minutos), un mapa conceptual de cada tema. Con esta actividad se persigue un acercamiento más motivante a los conceptos, facilitar su comprensión y relación, fomentar el trabajo en grupo y desarrollar la capacidad de exposición en público.

Desarrollo de páginas Web

Se han desarrollado páginas Web que permiten: descargar los temas de la asignatura en formato pdf, acceder a otras páginas relacionadas con las asignaturas, formular preguntas y cuestiones al profesor, y consultar notas de exámenes parciales.

Cuaderno de problemas

Se realiza de forma individual y, a lo largo del curso, un cuaderno de problemas (200 problemas suministrados por el profesor) que resulta muy útil para preparar los exámenes de la asignatura. Se recoge tres veces durante el curso para proceder a su evaluación.

Realización de problemas en grupos

Se distribuyen los alumnos por parejas del mismo nivel (para que la discusión del problema sea biunívoca) e intenten, durante la hora de clase, la resolución de problemas tipo planteados por el profesor y con su ayuda si fuera necesario.

Recogida de problemas hechos en clases tutorizadas

De manera individual, el alumno debe realizar, en el aula, una serie de problemas con la ayuda del profesor, para completar el problema. Los problemas se recogen al final de la clase para su posterior corrección. En la siguiente clase se entregan a los alumnos dichos problemas corregidos y se comentan los errores más significativos. A los alumnos cuyo nivel mostrado en la realización de este tipo de problemas es claramente inferior al nivel normal de la clase, se les convoca a tutorías.

2.3. Los grupos de discusión

Estos grupos se han formado a partir de dos o tres alumnos por cada grupo académico de cada asignatura que se han prestado voluntariamente. El trabajo se ha desarrollado a través de un análisis individual del cuestionario y reuniones de puesta en común en un primer lugar por asignatura, si bien creemos que puede ser interesante reunir con esta finalidad a alumnos de distintas asignaturas y titulaciones.

Los frutos de esta colaboración son, cuando menos, prometedores y ha sido gratamente sorprendente la positiva actitud y disposición de los alumnos que están tomando parte en el proyecto.

3. CONCLUSIONES

Siguiendo la estructura establecida en el capítulo anterior vamos a establecer en este apartado las conclusiones que hasta la fecha hemos podido obtener en cuanto:

- Las encuestas.
- Las estrategias de aula aplicadas.
- Los grupos de discusión.

3.1. Conclusiones provisionales de las encuestas

- El grado de motivación disminuye con el tiempo de permanencia en la Universidad. A medida que el alumno avanza en sus estudios universitarios, el número de los mismos deseosos de aprender o sacar buenas notas disminuye y el objetivo principal pasa a ser el aprobado (obtención del Título) con el mínimo esfuerzo.

- Los estudiantes entienden que el modelo a seguir es el del alumno que lo que desea es aprender, y entienden que esa es la forma más adecuada de afrontar las asignaturas para superarlas con éxito. Su actitud es mejor cuanto más difícil sea la asignatura.

- Entre los aspectos que mayor valoración reciben por parte del alumnado se encuentran:

- La disposición de apuntes cuando no se dispone de ellos.
- La disponibilidad y cercanía del profesor.
- Que el profesor se dirija al alumno por el nombre.
- Tutorías de repaso.
- Recalcar la importancia cara al examen del tema objeto de estudio.
- La disposición de esquemas de cada tema.
- Recalcar la aplicación práctica y profesional de los que se está estudiando.

Se observa que, a medida que aumenta el índice de fracaso en la asignatura, es mayor la preocupación con los temas referentes a la evaluación. Y por el contrario, que a menor índice de fracaso aumenta el interés por la interacción con el profesor.

- En función de las respuestas, los alumnos se pueden distinguir en dos grupos claramente diferenciados. Por un lado tenemos a los alumnos que desean una mayor interacción con el profesor y que esa interacción puntúe en la nota y, por otro lado, los otros, que desean pasar más desapercibidos y prefieren que sea, todo el proceso, más anónimo.

3.2. Conclusiones de las estrategias de aula

De entre las distintas actividades docentes realizadas en el aula para mejorar la motivación de los alumnos, los siguientes aspectos han sido muy positivamente valorados:

- El trato personalizado, que también les permite un mejor conocimiento de sus compañeros.

- La disponibilidad del profesor para resolver sus dudas, sobre todo en las clases tutorizadas de problemas.

- La presentación y explicación de temas de actualidad relacionados con la asignatura.

También hay que señalar que algunas estrategias, como la recogida de forma voluntaria de problemas realizados en clase, pueden no resultar especialmente bien aceptadas cuando el nivel de participación es bajo. Sin embargo, la misma estrategia realizada tras otras que fomentan la participación puede resultar más exitosa. En definitiva, el resultado de una estrategia es muy dependiente de su aplicación combinada con otras.

3.3. Conclusiones de los grupos de discusión

Los grupos de discusión han demostrado ser una herramienta útil como crítica tanto del cuestionario en general como de los perfiles motivacionales en particular. Además de los resultados directos obtenidos, estos grupos consiguen que el alumno se vea más involucrado en su propia enseñanza, algo que es, a todas luces, positivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. C. Lobato, *La motivación en la enseñanza universitaria*, UPV/EHU, Leioa (2003).
2. (a) J. Alonso Tapia, *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*, Santillana, Madrid (1991). (b) J. Alonso Tapia, *Motivar para el aprendizaje. Teoría y estrategias*, Edebé, Barcelona (1997). (c) J.A. Huertas, *Motivación. Querer aprender*, AIQUE, Buenos Aires (2001). (d) J. C. Núñez Pérez, J. A. González-Pienda, S. I. García García, S. González-Pumariega, *Revista de Educación*, **1996**, Vol. 310, 337.

QUÍMICA, UNA CIENCIA PARA TODOS

Ana C. Cuñat¹, Ignacio Tuñón², José M. Morata³

¹ Departamento de Química Orgánica. ana.cunat@uv.es

² Departamento de Química Física

³ Departamento de Química Inorgánica.

Facultad de Química, Universidad de Valencia, Dr. Moliner, 50
Burjasot. 46100 Valencia

El estudio de la Química está sufriendo en los últimos años serias dificultades en los distintos niveles educativos debido a múltiples factores. Empezando por las connotaciones negativas que se derivan de la imagen que se está dando de ella a través de los medios de comunicación, siguiendo por los cambios curriculares de los diferentes sistemas educativos que se han implantado en los últimos diez años y terminando por ignorar que muchos de los avances de ciertas áreas de la Ciencia, muy de moda en el siglo XXI, se deben, en parte, a los avances de nuestra disciplina. La Química se ha convertido en uno de los “patitos feos” de la Ciencia. Por ello, desde las Universidades se están promoviendo actividades para colaborar con los educadores de los niveles medios para difundir la disciplina y resaltar su extraordinaria contribución al desarrollo y bienestar social. En esta comunicación se muestran las actividades desarrolladas por la Universidad de Valencia con los estudiantes de segundo de bachillerato.

1. INTRODUCCIÓN

La Química está en nuestra vida y constituye un elemento primordial, entre otros aspectos, para el desarrollo de nuevos materiales, control de plagas, síntesis de fármacos, comprensión de fenómenos bioquímicos y en la búsqueda, en general, de soluciones para los problemas del siglo XXI. El desarrollo de la Química ha ido en paralelo con la Humanidad. El hombre, desde antiguo, ha utilizado las propiedades de las sustancias que le proporcionaba la naturaleza, con un sentido más acertado de lo que frecuentemente se estima. No sólo en la aplicación de sustratos naturales con fines terapéuticos u ornamentales, sino también en la preparación de nuevos materiales de interés a partir de materias primas naturales. De hecho, algunas edades históricas (del hierro, del bronce) reciben su nombre por el descubrimiento que el hombre hizo de las propiedades de estos materiales. Si nos paramos un momento a pensar, veremos que gran parte de los materiales que nos rodean y utilizamos en nuestra vida cotidiana están hechos de productos químicos conocidos desde hace tiempo o materiales de nueva preparación. En otras palabras, la Química está más cerca de nosotros de lo que nos podemos imaginar.

Desde la Universidad se están promoviendo diversas acciones-actividades para promover una imagen más positiva de la ciencia, y particularmente, las disciplinas de Física y Química colaboran en la difusión de las mismas en la sociedad.

Concretamente y centrando nuestra atención en la Química, la Universidad de Valencia de un modo similar a lo que también se lleva a cabo en otras Universidades (1), organizó a escala piloto en el curso 2003/04, unas sesiones de prácticas dirigidas a los estudiantes de segundo curso de bachillerato, con el doble objetivo de contribuir a la difusión de la química entre los estudiantes y establecer una colaboración más estrecha con los docentes de niveles de educación secundaria en la transmisión de los conceptos fundamentales de la disciplina. Además de estos objetivos principales, se planteó minimizar, en la medida de lo posible, la percepción negativa que los estudiantes de bachillerato tienen de ella: una disciplina difícil, que necesita de unas habilidades que no son necesarias en otros estudios como son un lenguaje específico, cálculos matemáticos, y experiencia en los laboratorios (2). Asimismo, se abordó la necesidad de transmitir a los alumnos la singularidad de esta disciplina experimental, lejos de las connotaciones negativas que actualmente pueda tener, mediante un trabajo experimental desarrollado en los laboratorios y que, al mismo tiempo, les introdujera en el uso adecuado de las medidas de seguridad en el laboratorio y en el respeto al medio ambiente mediante el correcto tratamiento de los residuos generados.

2. MÉTODO DE TRABAJO

En unas reuniones preliminares entre los profesores de los Centros de Bachillerato y los de la Facultad de Química se establecieron los aspectos que podían ser más interesantes para los estudiantes. La idea que inicialmente se tenía en mente era que el estudiante percibiese la Química cómo lo que es: la Ciencia que estudia la composición y estructura de la materia y las transformaciones de ésta. En ese sentido, se perseguía que los estudiantes observaran cómo se producen cualitativamente los cambios químicos y como se pueden cuantificar dichas transformaciones. Para ello, se buscaron ejemplos de aspectos relacionados con la vida cotidiana, así la Química “aparece más cercana”, y todavía más cuando en el laboratorio ellos mismos realizan las transformaciones. Quizá lo destacable de esta actividad sea el hecho de que es el propio estudiante el que realiza la práctica, no es mero observador, sino que por un día es estudiante en prácticas, capaz de descubrir mediante la observación y la manipulación (3). Por esta última razón, los estudiantes que participaron son, tanto los que cursaban la asignatura optativa de Técnicas de Laboratorio, como los que estudiaban únicamente la asignatura de teoría, Química. Nuestra intención ha sido la de ofertar una actividad extraescolar con alcance científico sin la pretensión de que sea considerada como laboratorio complementario del programa que en segundo de bachillerato se tiene que impartir.

Teniendo presente todas estas consideraciones se confeccionó el siguiente esquema para la jornada de estancia en la Facultad:

- Charla de bienvenida: media hora de exposición de los aspectos más importantes de la Química en conexión con la sociedad y presentación de los estudios de esta disciplina en la Facultad.

- Trabajo en el laboratorio: tres horas de estancia en el laboratorio que se estructuran de la manera siguiente:

- Distribución de material de seguridad (bata, guantes y gafas) y presentación de las normas básicas de seguridad en el laboratorio.

- Realización de prácticas por parte de los alumnos.

- Realización de demostraciones por parte de los profesores.

- Valoración de la jornada a través de una encuesta anónima y despedida.

Como guía docente para la jornada se elaboró un cuadernillo que recogía las medidas de seguridad mínimas y cada una de las experiencias con los pasos a seguir detallados con gran precisión. Se pretende que el estudiante entre en contacto con el método científico para lo que se le plantean hipótesis, se establecen dispositivos y experiencias, los estudiantes toman datos y hacen observaciones, y finalmente deducen sus conclusiones. Además, se incluyeron cuestiones que ayudaron a la comprensión de lo que se pretendía.

En el laboratorio, los estudiantes trabajaron por parejas, y para minimizar la sensación de que acudían a la Facultad “de visita”, se pensó que la participación de los profesores de los Centros de bachillerato debería ser al mismo nivel que la de los profesores universitarios. Por tanto, cada profesor (de bachillerato o universitario) tuvo a su cargo un grupo de diez estudiantes durante toda la sesión de prácticas, lo que propició también un intercambio de experiencias entre los docentes de los diferentes niveles educativos.

3. CATÁLOGO DE PRÁCTICAS

Centrando nuestra atención en el medio ambiente, nadie discute que es necesario y urgente mantenerlo en las mejores condiciones posibles. El agua es el medio fundamental para la vida y es crucial para las actividades humanas. La circulación del agua a través de los diferentes reservorios naturales se conoce como ciclo del agua. La Química nos ofrece las herramientas necesarias para detectar y solventar la contaminación de nuestros ríos, lagos, mares, etc. Con esta idea se propuso una experiencia de detección de la presencia de níquel, cobre o cromo a niveles superiores a los permitidos en aguas de consumo. Para el estudio se hizo uso de la Química analítica cualitativa, haciéndoles ver que la experiencia iba a ser muy parecida a un juego de detectives. En Química, las pistas que se observan son pruebas de que determinadas especies pueden estar presentes en el agua. Estas pruebas son los cambios químicos que se observan. En análisis cualitativo se hace uso de estos cambios (las pistas) para identificar la presencia de los componentes (el culpable) de una disolución de composición desconocida (el caso). En estos experimentos, los estudiantes analizaron el comportamiento de tres disoluciones de tres sales de níquel, cobre y cromo, respectivamente, al tratarlas independientemente con disoluciones de hidróxido sódico, amoníaco acuoso y yoduro potásico. Haciendo cuidadosas observaciones, que se acompañaron de las correspondientes ecuaciones químicas, se detectaron pruebas de que se estaban produciendo reacciones químicas, tales como

aparición de precipitados, cambios de color, etc., que se indicaron en una tabla que ayudó a reconocer el comportamiento característico de los iones metálicos. Posteriormente se detectó la presencia de uno de estos iones metálicos en una disolución problema, repitiendo los mismos ensayos con dicha muestra.

Según el Diccionario de la RAE, la Electroquímica es “la parte de la Fisicoquímica que trata de las leyes referentes a la producción de la electricidad por combinaciones químicas, y de su influencia en la composición de los cuerpos”. Este enunciado sintetiza el área de actuación de una rama de la Ciencia y la Tecnología que está presente en situaciones tan comunes como el empleo de pilas para el funcionamiento de aparatos eléctricos y de baterías para el arranque de vehículos a motor, o la pérdida de propiedades de un objeto metálico a causa de la corrosión.

A la vista de todo ello, está claro que las tecnologías electroquímicas ocupan un lugar de privilegio en la economía moderna, proporcionando materiales, procesos y dispositivos esenciales para el progreso y el bienestar de la sociedad. El experimento que se propuso con el objetivo de ilustrar esta parte de la Química fue un sencillo proceso de electrodeposición de cobre. Mediante la construcción de una celda electrolítica con una fuente externa de alimentación eléctrica se observó la electrodeposición de una capa de cobre sobre un objeto metálico, -como por ejemplo un *clip*- que actúa como cátodo de la celda. El electrolito es una disolución de sulfato de cobre (II) que aporta iones Cu^{2+} . Por último, el ánodo es una lámina de cobre metálico. De esta manera, en el cátodo se va formando un precipitado de cobre que se deposita como una fina capa de color rojizo en la superficie del *clip*. Los estudiantes pueden cuantificar la masa que se ha depositado en el clip, así como la masa que ha perdido la lámina de cobre.

A partir de estos datos experimentales obtenidos y conociendo el tiempo que ha durado la electrodeposición así como la intensidad de la corriente que ha circulado puede comprobarse la validez de la primera ley de Faraday. Esta ley enunciada, por Michael Faraday en 1833, indica que: "La masa de sustancia liberada en una electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que ha pasado a través del electrolito".

Durante el proceso de electrodeposición, se determina la intensidad de corriente que ha circulado (I , expresada en amperios) y el tiempo que ha durado la misma (t , medido en segundos). A continuación, es fácil averiguar los moles de electrones que han circulado y, por tanto, predecir la masa de cobre que se deposita en el cátodo a partir de la estequiometría del proceso. Los estudiantes pueden así comparar este resultado teórico con el valor experimental, permitiéndoles comprobar la validez de las predicciones de la ley de Faraday.

En conexión con el interés por la preparación de nuevos materiales, los estudiantes procedieron a la síntesis de nylon 6, 6, una sustancia de gran utilidad industrial y que forma parte de un conjunto de compuestos (los polímeros) que por su estructura general se diferencian en sus propiedades de las moléculas discretas a las que están

más acostumbrados (5). Esta experiencia nos permitió introducir los aspectos relacionados con las interacciones de las moléculas que constituyen la materia.

Mediante una sencilla explicación, en conexión con los conocimientos que tienen de otras áreas de la Ciencia, los estudiantes intuyeron que las moléculas no están aisladas, sino que interactúan con las entidades químicas que tienen a su alrededor mediante interacciones intermoleculares, ya sea con moléculas del disolvente o moléculas vecinas. En este caso concreto, hablamos de las interacciones por puentes de hidrógeno; los mismos que contribuyen a mantener la estructura de doble hélice del ADN, poniéndose de manifiesto la relación que existe entre las diferentes áreas de la Ciencia. Por otra parte, se hizo hincapié en la importancia tecnológica de los polímeros sintéticos, un tipo de compuestos que más han impactado en la sociedad moderna.

Nylon es el término que, en general, recibe un conjunto de sustancias caracterizadas estructuralmente por la presencia de agrupaciones de poliamida (agrupación amida repetitiva en la cadena) que tienen como características principales una gran resistencia y capacidad de hilarse lo que hace que puedan utilizarse como fibra. Los estudiantes trabajaron en las vitrinas de los laboratorios, en donde combinaron una disolución de la hexilendiamina con un derivado de ácido dicarboxílico (cloruro de hexanodioilo), para formar la agrupación amida característica de estas poliamidas y observaron la formación de la fibra que ellos mismos “estiraban”.

Otro aspecto importante en la comprensión de la Química al nivel de segundo de bachillerato va asociado al cambio en la apreciación que el estudiante tiene sobre la Ciencia en general. En ese sentido nos pareció oportuno presentar una experiencia en la que relacionaran, sin mucha dificultad, los aspectos descritos en cursos previos sobre los elementos químicos, con su comportamiento químico. El oxígeno (O) es el tercer elemento químico más abundante en el Universo, después del hidrógeno (H) y el helio (He). Se trata de un elemento esencial para la vida. El aire que respiramos contiene principalmente O_2 (g) y N_2 (g). El elemento oxígeno se encuentra asimismo en la corteza terrestre combinado con otros elementos.

La combinación de silicio y oxígeno (silicatos y sílice) constituye las tres cuartas partes de la corteza terrestre. En cuanto a su carácter químico, el oxígeno tiene la capacidad de oxidar otras sustancias. Con la materia orgánica, este proceso puede ser rápido e intenso, como en un fuego; o puede ser suave y lento como en un ser vivo.

En esta experiencia se pretende observar el efecto del oxígeno disuelto en el agua. La presencia de un indicador redox (sustancia que presenta diferente coloración en función del grado de oxidación) señala las características oxidante-reductoras del medio de reacción (6). Si el agente oxidante que estamos utilizando es el oxígeno, en presencia del mismo el indicador está oxidado y con la coloración propia de esta forma, mientras que a medida que el oxígeno se consume el indicador vira hacia la coloración de la forma reducida.

En esta experiencia se utilizó azul de metileno como indicador, que en su forma oxidada es azul, mientras que en su forma reducida es incoloro. Al agitar una botella cerrada que contenía una mezcla, en medio alcalino, de glucosa y azul de metileno, los estudiantes favorecían a que el O_2 (g), un gas poco soluble en agua, se disolviera parcialmente, consiguiendo de este modo que el oxígeno promoviese el cambio químico, esto es, la oxidación del indicador, hecho que se puso de manifiesto por la coloración azul que adopta la disolución. Con el paso del tiempo, la glucosa fue reduciendo la forma oxidada del indicador y, por tanto, la disolución se volvió progresivamente incolora.

Un laboratorio de Química contiene productos químicos de diversa naturaleza. Estos deben ser manipulados con cuidado, siendo conscientes de que sin un conocimiento previo podríamos exponernos a un riesgo innecesario. Por ello debemos conocer las características de las sustancias. Estas deben almacenarse en los espacios habilitados para ello, teniendo en cuenta que la incompatibilidad entre los compuestos químicos y la tendencia a emitir gases de algunos de ellos son aspectos que condicionan su conservación. En la última experiencia propuesta se pretende incidir en este tipo de aspectos mediante un ejemplo sencillo que encontramos en la reacción que se produce por la difusión de gases provenientes de disoluciones de un ácido (HCl) y una base (NH_3) depositados en sendas cubetas en los extremos de un tubo cerrado (7). Al cabo de unos minutos observaron la formación de una nube de cloruro de amonio sólido. La luz láser se hace visible por la dispersión que provocan las partículas de cloruro de amonio que se forman en suspensión. Además de discutir con los alumnos las implicaciones en materia de seguridad y almacenaje, esta experiencia permite introducir conceptos sobre la movilidad molecular y la interacción entre luz y materia.

Para finalizar la sesión se desarrollaron algunas demostraciones por parte de los profesores. En concreto, se realizó una combustión de madera en atmósfera rica en oxígeno, obtenida por descomposición de clorato de potasio (8). Esta demostración permite completar la discusión sobre el efecto del oxígeno como reactivo químico, introducida ya en la práctica del oxígeno y el agua. Se invita a los alumnos a plantearse cuáles serían las consecuencias de vivir en una atmósfera de oxígeno puro y comprender entonces la importancia de las concentraciones en los procesos químicos. La siguiente demostración es la reacción entre aluminio metálico y yodo sólido. El objetivo de esta experiencia es múltiple. Por un lado, teniendo en cuenta que muchos de los estudiantes no han abordado todavía el tema de reacciones redox, se explica la reacción como un ejemplo de proceso exotérmico. Además, se abordan otros aspectos como son la sublimación del yodo o el problema que presenta una reacción en fase sólida. La última demostración realizada se basó en analizar el efecto del nitrógeno líquido sobre distintos objetos (un globo, una rosa, materiales elásticos y productos comestibles), incidiendo de esta manera en diferentes conceptos físico-químicos (ley de los gases, movilidad molecular y cambios de estado, respectivamente) así como sus aplicaciones industriales.

4. RESULTADOS

En el curso 2003/04 participaron en la mencionada experiencia veintisiete Centros de Educación Secundaria, con un total de 550 estudiantes. Cada Centro acudió a la Facultad de Química con un profesor y todos trabajaron en colaboración con catorce profesores de la Facultad que contaron con la asistencia de un técnico de laboratorio. El resultado de la experiencia fue gratamente satisfactorio, tanto por la impresión de los profesores como por la apreciación que los estudiantes, de un modo informal, hicieron posteriormente en cada uno de sus centros.

Dada la buena acogida que tuvo dicha actividad, se decidió extenderlo en su segunda edición, la que corresponde al curso 2004/05, a todo el territorio de influencia de la Universidad de Valencia. En esta edición han participado setenta y dos centros (50% del censo de Centros) con un total de 1450 estudiantes. Los grupos numerosos acudieron a la Facultad con dos profesores. Todos ellos colaboraron con veinticuatro profesores de la Facultad y con tres técnicos de apoyo. En la presente edición los estudiantes contestaron una encuesta en la que valoraron el grado de satisfacción de la experiencia, cuyos resultados se muestran a continuación.

Este grado de satisfacción se ha determinado por el análisis estadístico de cada uno de los bloques referentes a cada una de las experiencias y sobre la jornada en general. Cada uno de los bloques correspondientes a las experiencias constaba de cuatro afirmaciones que calificaron de 1 a 5 según estuvieran nada o muy de acuerdo con las mismas. Éstas hacían referencia al atractivo de la experiencia, si les había parecido instructiva, entretenida, si habían entendido los principios químicos o si les había resultado útil para aclarar conceptos. Mientras que en el caso de las preguntas sobre la jornada los aspectos eran más generales y estaban más relacionados con la percepción de la química, la utilidad que la actividad había tenido para aclarar conceptos o si les había resultado amena la charla inicial y la visita en su conjunto a la facultad.

En la siguiente tabla se muestra el valor medio (\bar{x}) de cada uno de los bloques con la desviación estándar (s) y el número de estudiantes (N) que contestaron a las encuestas. Hay que comentar que había unas experiencias que realizaron todos los estudiantes y otras que se propusieron para que los centros escogieran según les pareciera. Es por ello que todos los bloques no han sido contestados por igual número de estudiantes.

	\bar{x}	s	N
<i>Análisis Cualitativo</i>	3.92	0.69	706
<i>Electrodeposición</i>	3.67	0.67	1165
<i>Síntesis Nylon 6, 6</i>	3.97	0.68	1165
<i>Reacción del Oxígeno en Agua</i>	3.98	0.69	537
<i>Efusión de Gases</i>	3.82	0.78	582
<i>Demostraciones</i>	4.21	0.71	1144
<i>Presentación Jornadas y Materiales</i>	3.72	0.53	1165

En general, el resultado ha sido muy satisfactorio, obteniéndose un valor medio de alrededor de 39. La valoración más alta se ha obtenido para las experiencias recogidas bajo el epígrafe de *Demostraciones*, quizás por su carácter más espectacular y vistoso. El resultado más bajo corresponde a la *Electrodeposición*, probablemente debido a que esta experiencia venía acompañada de un pequeño tratamiento cuantitativo, utilizando conceptos como las leyes de Faraday que no todos habían visto a las alturas del curso en que se realizó la visita. Merece la pena señalar también algunos aspectos concretos de la encuesta, tales como el reconocimiento de la utilidad de las experiencias para asimilar algunos conceptos estudiados durante el curso y el cambio positivo experimentado en su percepción de la Química.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento a todos los profesores que han puesto a punto los experimentos, así como a los profesores y personal técnico que han participado en la actividad.

REFERENCIAS

1. F.A. Centellas, M. Corbella, G. Fonrodona, J. Granell, C. González, E. Nicolás, *Fem Química al Laboratori*, Editado por la Universitat de Barcelona.
2. S.W. Breuer, *U. Chem. Ed.*, **2002**, Vol. **6**, 13.
3. A.H. Johnstone and A. Al-Shuaili, *U. Chem. Ed.*, **2001**, Vol. **5**, 42.
4. R.H. Petrucci, W.S. Harwood y F.G. Herring, *Química General*, 8ª Ed. Prentice Hall. Madrid (2002). R. Chang, *Química*, 7ª Ed, Mc Graw Hill, Madrid (2003).
5. A. Horta, C. Sánchez, A. Pérez, I. Fernández, *Los Plásticos más usados*, UNED, Madrid (2000).
6. T. Lister, *Experimentos de Química clásica*, Ed. Síntesis, Madrid (2002).
7. G. Pinto, *Ed. Chem.*, 2003, Vol. 40, 80.
8. B. Z. Shakhshiri, *Chemical Demonstrations*, University of Wisconsin Press, Madison. H. Römpp, *Química Inorgánica Experimental*, Ed. ARS, Barcelona.

EL RETROPROYECTOR EN LA ENSEÑANZA DE PROBLEMAS DE FÍSICA

J.C. Jiménez Sáez, M.J. Rosado Alija, R. Miranda García
Departamento de Física y Química Aplicadas a la Técnica Aeronáutica,
E.U.I.T.Aeronáutica, Universidad Politécnica, 28040 Madrid
jjimenez@euita.upm.es

En este trabajo se analizan las ventajas y los inconvenientes que presentan los medios visuales, en especial el retroproyector, cuando se emplean con fines docentes. El enfoque adoptado para ello tiene muy en cuenta la percepción de los estudiantes y se basa en una encuesta realizada a un grupo representativo constituido por universitarios de primer curso. Estos universitarios presentan una particularidad; y es que todos ellos han recibido clases de problemas de Física durante un cuatrimestre mediante un método dual que combina pizarra y transparencias. La finalidad no ha sido otra que obtener una serie de conclusiones que permitan mejorar el uso del proyector de transparencias como recurso didáctico.

1. INTRODUCCIÓN

El empleo de los medios audiovisuales en la enseñanza en general y, de la Física en particular, es imparable y progresivo debido al continuo desarrollo de la Informática. Clases grabadas en formato digital que se pueden visualizar en la pantalla de un ordenador, ejercicios que se efectúan secuencialmente gracias a un programa informático, o tests de preguntas corregidos y evaluados por el entorno *web*, como el programa Aulaweb (1), para que los alumnos se ejerciten, son ejemplos de las muchas variantes novedosas que se han introducido en el campo de la enseñanza. Sin embargo, en la transmisión de conocimientos sobre Física, estos recursos vanguardistas sólo se pueden implantar en muy pequeña medida, debido a condicionantes intrínsecos como son el número de alumnos, su formación previa, la falta de motivación de muchos de ellos, etc. Por eso, el estudio que nos ocupa recoge la problemática existente entre la aplicación de dichos recursos y la enseñanza de problemas de Física.

Gran parte de las instituciones y de los responsables educativos han apostado por una modernización de las técnicas didácticas, pues conscientes del poder que las nuevas herramientas de comunicación ofrecen a la hora de desencadenar mecanismos de atención, percepción e inteligencia, no quieren desaprovechar la oportunidad de mejorar la calidad de nuestro sistema educativo. Nosotros también creemos necesario trasladar los avances producidos en la sociedad actual al campo de los conocimientos y evitar, de esa manera, un desajuste técnico entre los métodos de estudio y la vida real. Nuestro objetivo es que el alumno aprenda a resolver problemas eficazmente, es decir, queremos que optimice el tiempo que invierte en el proceso de aprendizaje.

En este sentido, ya hemos presentado en anteriores congresos diferentes metodologías de resolución de problemas (2). Pero todavía debemos superar algunas barreras informáticas, como la creación de programas más flexibles que agilicen el proceso de transformación de la información conceptual en información manipulable. Urge desarrollar mecanismos para trabajar con contenidos que permitan un mayor margen de maniobrabilidad al docente en el ejercicio de su trabajo.

2. OBJETIVOS

Con el fin de determinar y analizar las posibles dificultades a las que los alumnos han de hacer frente cuando se aplican en la enseñanza recursos como el retroproyector, se impartió durante un cuatrimestre la asignatura de “Problemas de Física” a estudiantes de primero de una Escuela de Ingeniería utilizando conjuntamente pizarra y transparencias. Al finalizar ese periodo, les distribuimos una encuesta para conocer sus impresiones y poder establecer conclusiones sobre su experiencia.

La estrategia seguida consistió en observar los que, a nuestro juicio, son los factores determinantes en la asimilación de materias:

- 1/ entorno (primer bloque de la encuesta, relativo al ambiente en clase).
- 2/ metodología del profesor (segundo bloque, referente a la forma de explicar).
- 3/ captación y recogida de datos (tercer bloque, sobre la manera de atender).
- 4/ procesamiento de la información (cuarto bloque, concerniente al modo de estudiar).

El posterior análisis de los datos obtenidos ha permitido esbozar, si bien a grandes rasgos, el panorama universitario actual en la enseñanza de asignaturas técnico-científicas en lo que respecta al tema que aquí se aborda.

Antes de continuar, queremos recalcar algunos aspectos previos.

- No pretendemos ofrecer resultados absolutos sobre el tema porque, entre otras cosas, la muestra de población estudiantil sujeta a investigación debiera ser más amplia y estar sometida a diferentes condicionantes (variar la asignatura, el profesor, etc.).

- Sólo hemos querido dejar constancia de las principales dificultades que pueden encontrar los alumnos cuando el método docente incluye este tipo de recursos didácticos.

- Los resultados obtenidos son sólo aplicables al nivel universitario porque en las respuestas recogidas pesa enormemente el historial académico de los estudiantes; factor que también condiciona la forma en la que el docente sintetiza los conocimientos en las transparencias. La formación académica previa de los alumnos influye considerablemente a la hora de exponer nuevos contenidos, pues no se trabaja del mismo modo con alumnos de secundaria que con universitarios. El hecho de que muchos de los estudiantes sepan resolver, por ejemplo, integrales o ecuaciones lineales permite suprimir estos elementos cuando se explica sobre una transparencia la resolución de un problema.

3. ANÁLISIS

Del total de alumnos que realizó la encuesta (32), sólo el 28% manifestó haber recibido clases de problemas mediante transparencias. Creemos que este aspecto incidió considerablemente en sus respuestas, haciendo que se decantaran a favor de la pizarra en la mayoría de las ocasiones, como así queda reflejado en la radicalidad de parte de sus afirmaciones. El estudiante podía elegir en cada cuestión planteada entre retroproyector, pizarra o ambos. Curiosamente, el método conjunto fue el menos preferido, siendo a nuestro juicio la opción más idónea didácticamente (Fig.1).

La forma de sintetizar los contenidos en las transparencias es un aspecto clave del proceso. Nunca se deben violar los principios básicos de construcción de las mismas (3,4): legibilidad, claridad, sencillez y nitidez. Deben contener especialmente gráficas y dibujos difíciles de realizar en el momento de la explicación. Es crucial la secuencialidad en la exposición de contenidos, por lo que en la explicación se deben ir mostrando progresivamente las distintas partes del ejercicio mediante técnicas de

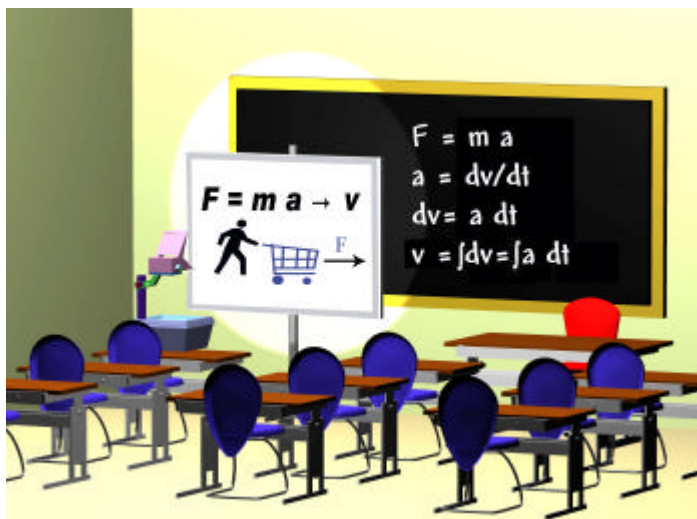


Figura 1. Imagen que representa los principales usos del retroproyector (dibujos y esquemas) y de la pizarra (desarrollos matemáticos) en el aula.

ocultación y aparición de datos. Los desarrollos matemáticos deben omitirse en la medida de lo posible y centrarse exclusivamente en la aplicación de las leyes físicas. Otro aspecto importante es la velocidad de exposición de las transparencias. Una referencia idónea que puede seguir el docente es aquella en la que la duración de la explicación de una transparencia fuese tal que permitiese al alumno copiar los contenidos de la misma.

El primer aspecto en el que incide el uso de recursos didácticos audiovisuales es el ambiente que se genera en clase. Las cuestiones que se plantearon a los alumnos referidos a este particular fueron las siguientes:

- 1.1. Se habla menos en clase usando: T (transparencias), P(pizarra) ó TyP.
- 1.2. La clase es más amena usando: T, P ó TyP.
- 1.3. Me concentro mejor en la explicación con: T, P ó TyP.
- 1.4. Aprovecho mejor el tiempo con: T, P ó TyP.
- 1.5. La relación con el profesor es más fluida con: T, P ó TyP.

1.6. En general, el ambiente en clase es mejor con: T, P ó TyP.

Los resultados aparecen en la Fig.2. La primera pregunta es clave para comprender los resultados de la gráfica. El nivel de desmotivación en alumnos de primero de carrera de una Ingeniería es alto, ya que, conforme avanza el curso, se encuentran ante la imposibilidad de abarcar los contenidos de todas las asignaturas, bien sea por su desorientación ante la novedad que les supone los estudios universitarios, bien sea por su falta de hábito de estudio. Este hecho hace que el abandono en el seguimiento de la asignatura sea creciente conforme avanza el curso. Muchos de ellos finalmente dejan de asistir a clase. Una audiencia desmotivada conduce inmediatamente a que el método de la transparencia, método que exige tomar menos apuntes, dé lugar a la distracción y a la charla con el compañero.

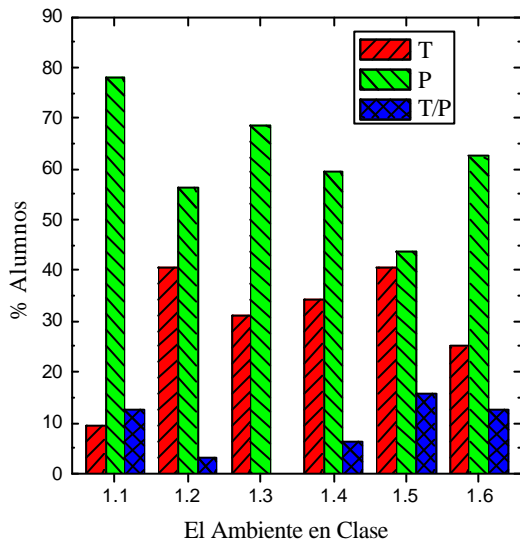


Figura 2. Resultados de la encuesta al primer apartado de preguntas.

para refrescar a los alumnos los conocimientos que han recibido en la clase de teoría. Sabido es que en la resolución de un problema concreto son muy pocos los conceptos, leyes y teoremas utilizados. De la gráfica se extrae también la principal desventaja que presenta el método conjunto, y es el factor de distracción que puede generar en el alumno (pregunta 1.3). Este defecto se puede evitar con una presentación de contenidos organizada y cuidada.

En un segundo grupo de cuestiones, que aparecen a continuación, se preguntó a los alumnos acerca de cómo valoraban la explicación del profesor.

2.1. El profesor comete menos errores con: T, P ó TyP.

2.2. Los dibujos y gráficas son mejores con: T, P ó TyP.

Desde el punto de vista del docente, es preferible que el alumno dedique el tiempo a entender en lugar de a copiar. El método de la transparencia favorece este hecho. Sin embargo, cuando la falta de estudio imposibilita la comprensión aparece un vacío temporal que el alumno no sabe cómo llenar. Este efecto induce, por ejemplo, a que el retroproyector estimule de la misma manera que la pizarra la relación con el profesor (pregunta 1.5). No obstante, tampoco es solución tener a los alumnos copiando contenidos para lograr que la parte desmotivada de los mismos esté en silencio. El uso de la transparencia ante audiencias desmotivadas pasaría por enfatizar los aspectos teóricos, incluso haciendo un repaso de contenidos,

- 2.3. El profesor tiene más seguridad al explicar con: T, P ó TyP.
- 2.4. La exposición del profesor es más dinámica con: T, P ó TyP.
- 2.5. En general, el profesor explica de una forma más completa usando: T, P ó TyP.

Los resultados los encontramos en la Fig.3. Parece incuestionable que los alumnos reconocen los aspectos positivos que tienen los métodos audiovisuales (preparación previa de los contenidos, mejores gráficas, dinamismo de la exposición) y los valoran favorablemente. Sin embargo, consideran que el contenido que reciben mediante las transparencias no es todo lo completo que desearían. Indudablemente la transparencia no puede albergar toda la información que surge en la pizarra a la hora de resolver un problema porque iría en detrimento de sus características. Esto relega su uso a casos de ejercicios complejos, donde ni siquiera la pizarra puede retener todos los elementos del problema, o a ejercicios en los que el alumno participa activamente completando y resolviendo partes del problema seleccionadas estratégicamente y que entroncan con

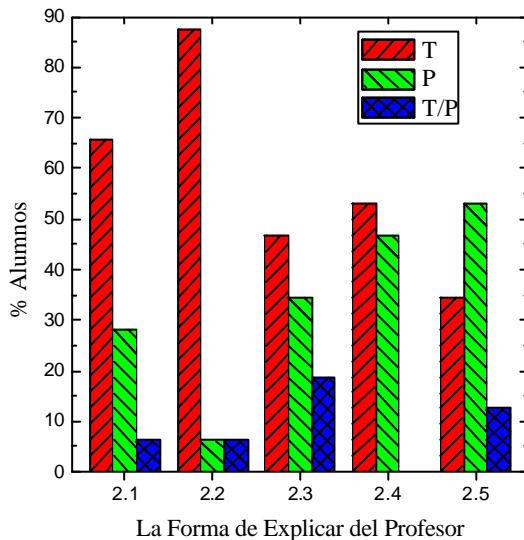


Figura 3. Resultados de la encuesta al segundo apartado de preguntas.

los conceptos físicos (técnicas de procesamiento de la información (5,6)). Previamente, ese alumno debe haber recibido una formación adecuada en problemas más simples que han sido resueltos en todos sus detalles. No olvidemos la máxima que afirma que se aprende más rápidamente cuando se hace algo. Desde el punto de vista del docente, el hecho de disponer de más tiempo para moldear y transmitir los conceptos puede redundar en una mejor explicación. Sin embargo, en ocasiones y especialmente cuando se inicia el aprendizaje, es necesario mostrar en detalle todos los pasos de la resolución de un problema.

El siguiente grupo de preguntas estaba relacionado con cómo percibe el alumno la información que transmite el profesor en el momento de la explicación. Las cuestiones son:

- 3.1. Los desarrollos matemáticos están más claros usando: T, P ó TyP.
- 3.2. Sigo mejor el hilo de la resolución de un problema usando: T, P ó TyP.
- 3.3. Los pasos de la resolución de un problema se entienden mejor usando: T, P ó TyP.
- 3.4. Puedo hacer más preguntas al profesor con: T, P ó TyP.

3.5. En general, sigo mejor la explicación usando: T, P ó TyP.

En la Fig.4 se muestran los resultados. La respuesta dada a las tres primeras preguntas refleja la inseguridad del alumno a la hora de elaborar ciertos desarrollos matemáticos. Este hecho le incapacita para asimilar información cuando le llega condensada en conceptos físicos, y esquematizada en procesos, en una transparencia. El alumno prefiere que despejemos una variable de una ecuación de variables alfanuméricas a que le digamos cómo se obtiene esa variable y le encomendemos a él la tarea de hacerlo. Sin embargo, tampoco podemos afirmar que la pizarra sea la

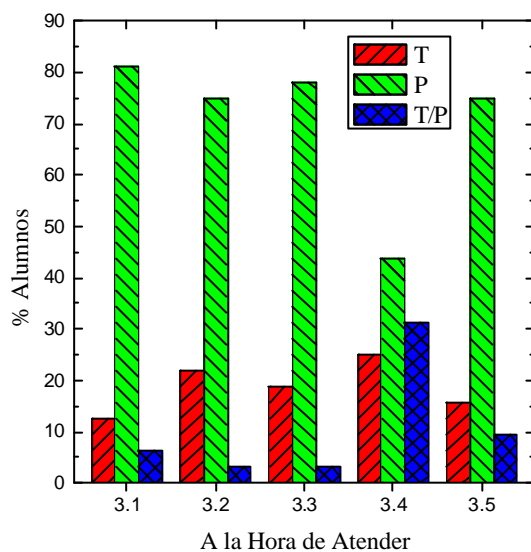


Figura 4. Resultados de la encuesta al tercer apartado de preguntas.

panacea, pues un profesor de Física tiene como tarea enseñar a los alumnos a resolver problemas de Física, puede resolver uno en todos sus detalles, pero a nivel universitario son muchas las variantes que pueden darse en un mismo problema para aplicar el método anterior a todas ellas. Por el contrario, debemos estimular a los alumnos a que sean ellos los que resuelvan problemas y así sienten las bases de los contenidos teóricos. Aquí chocamos de frente contra la inercia de estos a trabajar (7) y con el tiempo de que disponen para hacerlo.

El último grupo de preguntas versaba sobre cómo utilizan los alumnos la información que han recibido en clase cuando tiene que

usarla para aprender a resolver problemas. Las cuestiones fueron las siguientes:

- 4.1. Me cuesta menos entender el problema con: T, P ó TyP.
- 4.2. Relaciono mejor la teoría y los problemas con: T, P ó TyP.
- 4.3. Me es más fácil completar la resolución del problema con: T, P ó TyP.
- 4.4. Dispongo de mejor material para estudiar con: T, P ó TyP.
- 4.5. Encuentro menos errores en los problemas con: T, P ó TyP.
- 4.6. En general, aprendo más eficazmente a resolver problemas usando: T, P ó TyP.

Los resultados se indican en la Fig.5. Este apartado es quizás el de mayor trascendencia de los tres porque incide directamente en el aprendizaje del alumno. Mientras que los dos primeros se centran en cómo el alumno capta la información y el tercero en cómo la recibe, este último entronca directamente con el estudio y el aprendizaje y, por supuesto, con el trabajo que debe desarrollar para incorporar una

serie de conocimientos. La contestación a las preguntas 4.1 y 4.3 incide en el hecho de que los problemas sin detalles matemáticos no son del agrado de los alumnos. Es sorprendente el 25% que alcanza el método conjunto cuando se trata de relacionar teoría y problemas (pregunta 4.2). Las dificultades que según el profesor le van a surgir al alumno cuando elabora una transparencia no coinciden en su totalidad con las que éste tiene realmente. El efecto de retroalimentación que se da en el método combinado le confiere una mayor potencialidad frente al uso simple de la transparencia. Es también sorprendente la respuesta a la cuarta pregunta en la que los

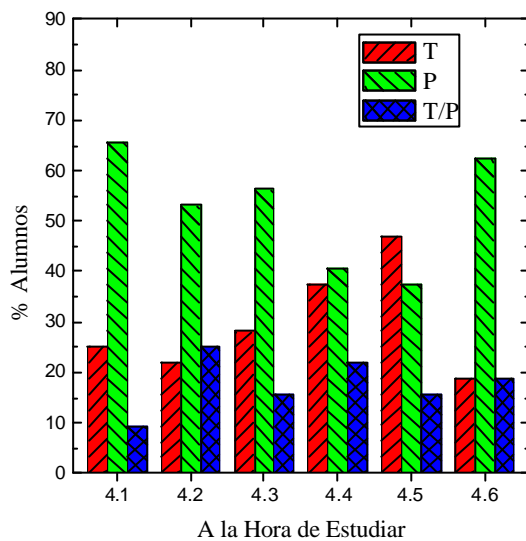


Figura 5. Resultados de la encuesta al cuarto apartado de preguntas.

alumnos equiparan transparencias y pizarra en cuanto al material de que disponen para estudiar. Es decir, el material de una transparencia es equiparable para un alumno a los apuntes que ha tomado, pero pierde su valía para éste ante el trabajo que le supone llegar a todos los recovecos que existen en la transparencia. La forma de perfeccionar el uso de transparencias, en el caso de que se utilice sólo este método, es suministrar al alumno información adicional y detallada de la resolución de determinados problemas clave. Obviamente, la presentación de este material no necesita cumplir con los requisitos básicos de elaboración de una transparencia, y le servirá al

alumno de gran ayuda en su estudio. Incidimos en que esto sólo debe darse en ciertos problemas porque, si no motivamos la capacidad creativa o resolutoria del alumno, podemos estar, según él, facilitándole la labor, pero no siempre contribuyendo a su aprendizaje. No olvidemos que por encima de los resultados de una encuesta se encuentran los resultados de los exámenes. Es allí donde se validan los métodos de enseñanza.

Para concluir, diremos que al término de la encuesta se preguntó a los alumnos sobre qué recurso didáctico preferían en general. Un 63% se inclinó por la pizarra, un 28% por la pizarra y las transparencias, y un 9% por las transparencias. Sólo faltaría comprobar si con las mejoras apuntadas podríamos sacar más partido a este tipo de recursos didácticos en la enseñanza de problemas.

4. CONCLUSIONES

Ha quedado patente que existen diversas dificultades cuando se aplican métodos visuales en la enseñanza. Por ello, profesor y alumno deben aunar sus esfuerzos para beneficiarse de las ventajas que nos brindan esos métodos y así aprovechar al máximo las oportunidades que nos ofrece una correcta convivencia entre “viejas” tecnologías (pizarra) y nuevas tecnologías (proyección).

Estimular la comunicación e interactividad entre las partes implicadas en el proceso no sólo es una obligación, sino un camino a seguir. Se hacen necesarias actitudes de adaptación y evolución constantes, pero, sobre todo, la interiorización de unos hábitos propicios.

Digamos, en fin, que resolver un problema de Física dentro del marco universitario no es simplemente cuestión de conocimientos; el docente debe adecuar su metodología didáctica a las necesidades puntuales de los alumnos y de los contenidos.

REFERENCIAS

1. R. Martínez, A. García Beltrán, J.A. Jaén, *Ingeniería I+D*, **2000**, Vol. 44, 327.
2. J.C. Jiménez Sáez, S. Ramírez de la Piscina Millán, y F. Sierra Gómez, *A Strategy for the Rolling Motion Problem Solving, The Role of Physics in Engineering Education, Third International Seminar*, Kocovce, Slovakia (1996).
3. C. Vidorreta, *Cómo Obtener Buenos Resultados del Retroproyector*, Ed. Anaya, Madrid (1979).
4. J.L. Bravo Ramos, *El Retroproyector y las Transparencias*, ICE de la UPM (**1998**).
5. S. Ramírez de la Piscina-Millán, J.C. Jiménez Sáez, F. Sierra Gómez, *El Procesamiento de la Información en la Enseñanza de la Resolución de Problemas de Física*, Ejemplos. II Jornadas Nacionales de Innovación en las Enseñanzas de las Ingenierías, Madrid (1996).
6. R.G. Fuller, *Physics Today*, **1982**, Sept., 43.
7. S. Ramírez, J.C. Jiménez Sáez, y F. Sierra Gómez, *Las leyes de Newton de la Didáctica Universitaria de la Física*, VII Encuentro Ibérico sobre la Enseñanza de la Física, Las Palmas de Gran Canaria (1997).

VALORACIÓN DE UNA NUEVA EXPERIENCIA BASADA EN EL ESTUDIO DE APLICACIONES DEL ELECTROMAGNETISMO COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LOS ALUMNOS

Berta Gámez Mejías, Linarejos Gámez Mejías

Dpto. de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial, E.T.S. Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid, José Gutierrez Abascal, 2. 28003 Madrid
berta.gamez@upm.es, linarejos.gamez@upm.es

Por primera vez y como experiencia novedosa, se ha puesto en marcha durante el curso 2004/05 una forma alternativa de evaluación parcial de los alumnos en la asignatura de Ampliación de Física I que se imparte en el tercer semestre de la titulación de Ingeniero Industrial. Dicha experiencia está basada en la realización de un trabajo relacionado con las aplicaciones de los contenidos de la asignatura, que permita medir la capacidad del alumno en relación con la búsqueda de información en diversas fuentes bibliográficas y en distintos idiomas y la síntesis y recapitulación de dicha información para la redacción de un trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

La asignatura de Ampliación de Física I es de carácter obligatorio en el plan de estudios vigente que se imparte en el tercer semestre de la titulación de Ingeniero Industrial. Sus contenidos se centran en la profundización de los conceptos de electromagnetismo ya estudiados en parte por los alumnos en la asignatura troncal Física II que se imparte en el segundo semestre. En particular, la asignatura dedica una parte muy importante de sus contenidos a la descripción, estudio y modelización de fenómenos electrostáticos, ya que los fenómenos de naturaleza electromagnética son estudiados con mayor detalle en la asignatura obligatoria Ampliación de Física II que se imparte en el cuarto semestre. Ambas asignaturas analizan el campo electromagnético con un planteamiento axiomático, lo que permite deducir todas sus leyes físicas y relaciones fundamentales a partir de las ecuaciones de Maxwell que se adoptan como postulado (1).

Suele ocurrir con frecuencia que los fenómenos electrostáticos resultan lejanos al alumno, ya que si se compara la gran cantidad de experiencias cotidianas que el alumno puede tener con los de naturaleza electromagnética frente a los que tienen naturaleza puramente electrostática, se concluye que los primeros, en la práctica y en la mayoría de los casos, quedan reducidos de cara al estudiante a la descripción de fenómenos con fuerte naturaleza matemática, pero poca aplicación en la vida cotidiana.

Por otra parte, y como dificultad añadida, la modelización de dichos fenómenos implica el conocimiento por parte de los alumnos de herramientas matemáticas que en gran medida les son desconocidas o que se están impartiendo en otras asignaturas de la titulación, pero en ese mismo semestre.

Con objeto de subsanar en la medida de lo posible el desequilibrio, ya que las aplicaciones del electromagnetismo son muy numerosas frente a las aplicaciones de la electrostática, y hacer más atractiva de cara al alumno esta asignatura, se propuso durante el curso académico 2004/05, como parte de nota final del alumno en la asignatura, la realización de un trabajo.

Para ello, se invitó a los alumnos a la realización de un trabajo individual, con carácter voluntario, que debía constar de un mínimo de 10 páginas y que debería incluir como apartados obligatorios uno dedicado a los fundamentos, otro a la descripción del fenómeno o la aplicación objeto del estudio y, finalmente, uno a las referencias consultadas. Para facilitarles la tarea, se les propusieron una relación de temas extraídos en su mayoría de referencias de aplicaciones de la electrostática (2, 3) y que incluían entre otros temas: la electricidad atmosférica, la protección contra rayos, la ruptura dieléctrica, la electricidad estática, la bioelectricidad, la dielectroforesis, los generadores electrostáticos, la impresión electrostática, la triboelectricidad, el efecto piezoeléctrico, el efecto piroeléctrico, la ferroelectricidad o las fuerzas de Van der Waals. También se les señaló la posibilidad de que realizaran ellos su propuesta de tema. Para hacerles más accesible la búsqueda de información se les mostraron una a serie de palabras clave en español e inglés.

Finalmente, se solicitó a los alumnos la realización de una encuesta, independientemente de su participación en la experiencia, en las que se les pidió que valoraran la experiencia, así como los medios empleados, los idiomas manejados y la consideración de otras propuestas alternativas de cara al próximo curso y cuyos resultados se muestran a continuación

La calificación del mismo que ha sido evaluado sobre 10, representó la posibilidad de obtener hasta un punto, en el caso de la máxima puntuación, en la nota final de la asignatura, ya que a partir de la obtención de una nota de 4 en el examen de la misma, la nota del trabajo de clase puede sumarse a la del examen.

La propuesta de la realización del trabajo ha tenido un objetivo doble: por una parte la profundización en el conocimiento de fenómenos electrostáticos y de sus aplicaciones y por otra, la adecuación progresiva del aprendizaje del alumno a una característica que suele ser novedosa en asignaturas básicas como la que se considera y que consiste en la mayor participación del alumno en su proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que resulta muy conveniente de cara a la progresiva implantación, en el marco de las medidas encaminadas a la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior, del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS), establecido por Real Decreto (4) y en el que se señala: *“crédito europeo como la unidad de medida del haber académico que representa la cantidad de trabajo del estudiante para cumplir los objetivos del programa de estudios (...). En esta unidad de medida se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas, con la inclusión de las horas de estudio y trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos formativos propios de cada una de las materias del correspondiente plan de estudios”*. Por otra parte, en los Estatutos

de la Universidad Politécnica de Madrid (5) se señala en el artículo 95.2 que “*la Universidad Politécnica de Madrid fomentará en sus actividades docentes, mediante la utilización de los métodos más adecuados, los conceptos de aprendizaje, la enseñanza recíproca, el estudio compartido y la tutela*”.

2. RESULTADOS

Tras analizar los datos suministrados por la encuesta se encuentra, en primer lugar, que de los 103 alumnos encuestados 72 de ellos han participado en la experiencia, lo que supone prácticamente un 70%, mientras que 31 alumnos afirman no haber participado. Esto supone aproximadamente un 30% que, a pesar de no haber realizado la experiencia, sí se tendrán en cuenta y se analizarán las valoraciones que sobre otras formas de evaluación han expresado. Es importante manifestar que el porcentaje de alumnos que no se acogieron a esta forma de evaluación no es en ningún caso despreciable, máxime cuando podían conseguir una compensación en cuanto a su nota final.

El análisis de los datos se hará, en primer lugar, sobre los alumnos que manifestaron haber realizado el trabajo. La primera pregunta que debían de contestar en la encuesta era sobre la valoración que hacían de la experiencia. Dicha valoración se hacía desde un valor máximo de 5 (muy alta) a un valor mínimo de 0 (nula). Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1 donde se puede observar que un 14% considera la experiencia muy positiva, llegando al 61% los que la consideran positiva o medianamente positiva, porcentaje que con el 14% anterior eleva a un 75% el porcentaje de alumnos que considera la experiencia como positiva. Por otra parte, para un 10% la propuesta es poco o nada satisfactoria.

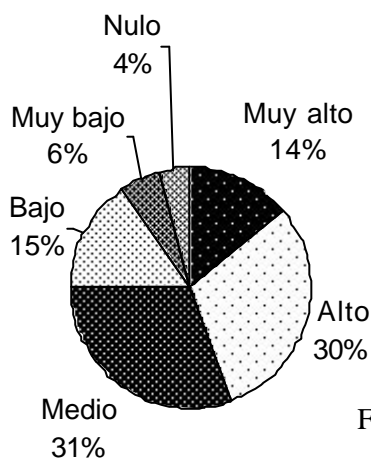


Figura 1. Valoración de la experiencia.

En segundo lugar, los alumnos fueron preguntados sobre qué medios habían utilizado para obtener la información relativa a cada uno de los trabajos. Se ofrecían como posibilidades: la utilización de la red haciendo uso de distintos buscadores (se recuerda que los alumnos disponían para cada uno de los temas de un conjunto de palabras clave), la consulta de libros y la lectura de artículos científicos y divulgativos. La utilización de una de estas fuentes no era excluyente. Los datos se muestran en el diagrama de barras de la Figura 2, donde se puede apreciar que prácticamente la totalidad de los alumnos (93%) consultó alguna página web relacionada mientras que el 59% de ellos consultó además libros. Cabe destacar que un número reducido de alumnos utilizó otras fuentes como videos educativos y apuntes de clase.

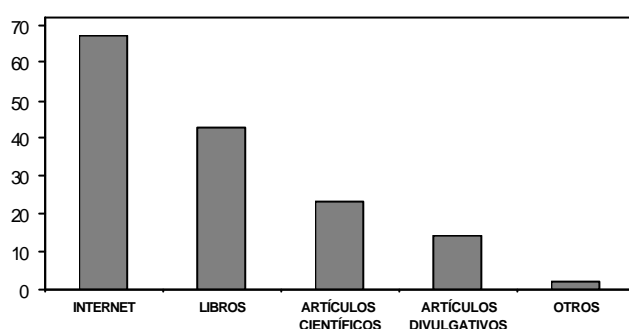


Figura 2. Resultados sobre la utilización de diferentes fuentes de información.

Seguidamente se pedía a los alumnos que estimaran el número de referencias que habían utilizado para la realización del trabajo. Los resultados se muestran en la figura 3 donde se puede apreciar que sólo un 10% de los alumnos han consultado más de 15 referencias, mientras que la mayoría de ellos ha utilizado entre 5 y 10 referencias, concretamente un 41%.

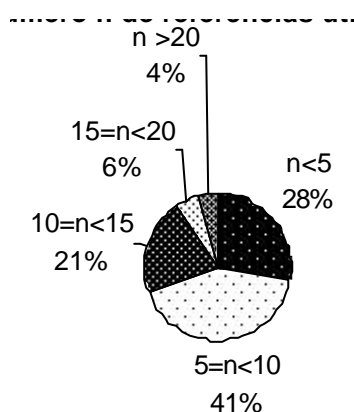


Figura 3. Porcentajes relativos al número de referencias utilizadas

Respecto al empleo de diferentes idiomas el 16,7 % de los alumnos que han participado en la experiencia declara que ha empleado sólo el español y un 2,8 % sólo el inglés. El 52,8 % ha utilizado dos idiomas, fundamentalmente español e inglés, frente a un 8,3 % que ha consultado referencias en tres idiomas y un 19,4 % que dice haber empleado cuatro idiomas (español, inglés, francés y alemán).

Uno de los objetivos principales que se ha pretendido con la realización de esta encuesta ha sido cuantificar el impacto que sobre distintos aspectos ha tenido la elaboración del trabajo. Concretamente, se quería evaluar las consecuencias sobre el aprendizaje en la búsqueda de información en distintas fuentes, el conocimiento de las aplicaciones electrostáticas, la profundización en los fenómenos físicos y la comprensión de la asignatura. Los resultados se muestran en la Figura 4, donde el eje de ordenadas expresa el tanto por ciento. Cabe destacar que el único aspecto que recibe una valoración muy baja es el referido a la comprensión de la asignatura, probablemente, y por lo comentado con anterioridad, como consecuencia de las características de la misma.

Estos datos se desglosan con un mayor detalle en la Figura 5 donde se muestran los tantos por ciento obtenidos en la valoración de cada uno de los aspectos anteriores.

A la vista de estos resultados se puede concluir que aproximadamente un 10% de los alumnos que participaron en la experiencia consideran que el impacto sobre todas las facetas, salvo el relativo a la comprensión de la asignatura ha sido muy alto, llegando a prácticamente un 85% los que lo estiman entre medio y muy alto.

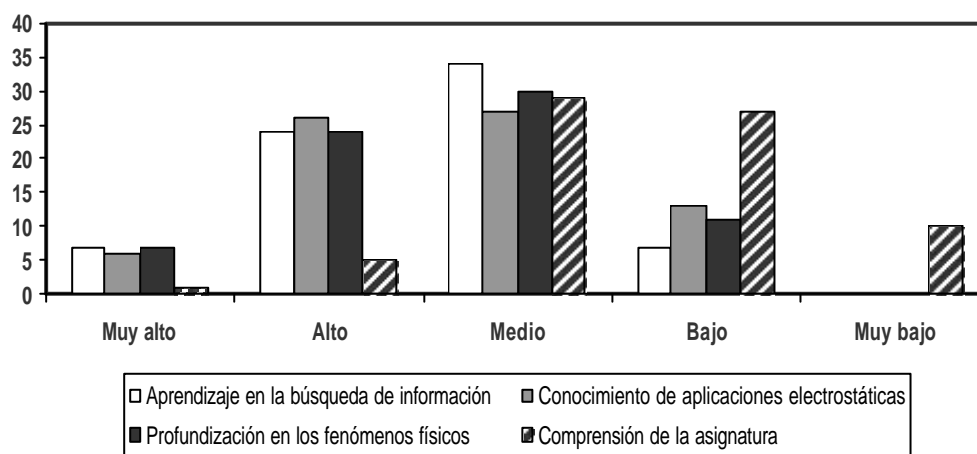
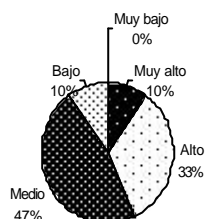
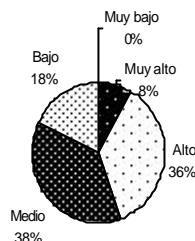


Figura 4. Valoración de la experiencia en diversos aspectos.

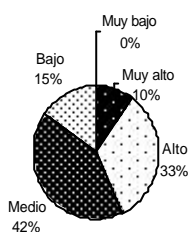
Aprendizaje en la búsqueda de información



Conocimiento de aplicaciones electrostáticas



Profundización en los fenómenos físicos



Comprensión de la asignatura

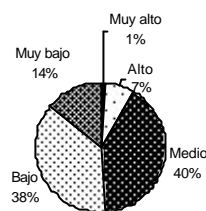


Figura 5. Valoración de la experiencia en diversos aspectos.

Finalmente, se muestran en las Figuras 6 y 7 la valoración que realizan los alumnos de otras posibles actividades como método de evaluación alternativa. En particular la Figura 6 recoge los datos de los 72 alumnos que han realizado la experiencia propuesta, mientras que la Figura 7 muestra los relativos a los 31 alumnos que manifestaron no haberla realizado.

Se puede observar que en las dos muestras estudiadas la mayor parte de los alumnos manifiesta sus preferencias por la entrega de una colección de problemas o por la realización de un examen en clase. Por otro lado, la resolución de un problema abierto obtiene la peor valoración en ambos casos, mientras que el diseño de un experimento tiene una mejor aceptación para los alumnos que participaron en la experiencia propuesta.

Las opciones que se valoraban eran la entrega de una colección de problemas, la realización de un examen en clase sobre cuestiones teóricas y prácticas, el diseño o montaje de un experimento y, finalmente, la resolución de un problema abierto.

3. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir, en primer lugar, que existe una moderada predisposición de los alumnos para participar en formas innovadoras de evaluación, sobre todo en los primeros cursos universitarios, manifestando su interés en métodos más tradicionales.

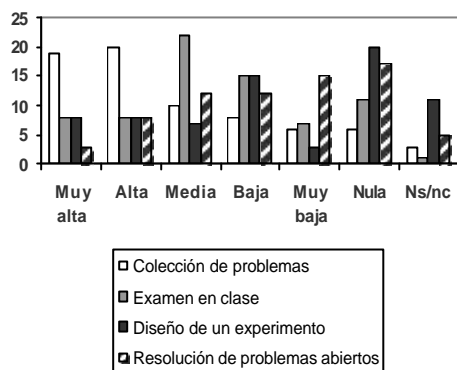


Figura 6. Valoración, de los alumnos participantes, de otras experiencias.

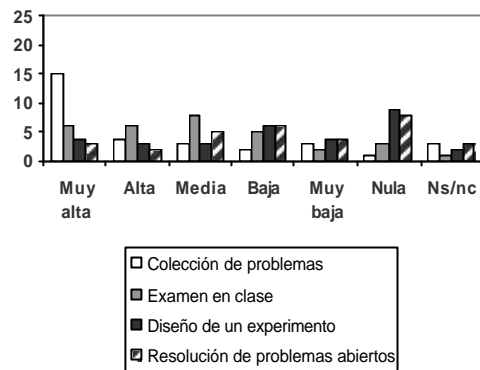


Figura 7. Valoración, de los alumnos no participantes, de otras experiencias.

En segundo lugar, existen grandes dificultades, por parte de los alumnos, en relacionar el contenido de las asignaturas básicas con la realidad cotidiana o con sus distintas aplicaciones en diversos campos de la Ciencia y la Tecnología.

También es importante destacar que un tanto por ciento no despreciable ha utilizado solamente fuentes de información en español a pesar de que, al menos por el momento, la mayor parte de la información científica y tecnológica se encuentre en otros idiomas, fundamentalmente el inglés.

Pese a que el estudio está realizado sobre un 25% de los alumnos matriculados en la asignatura, y que esta experiencia se ha llevado a cabo sólo durante un semestre, se pueden vislumbrar posibles dificultades relacionadas, entre otras, con la predisposición de los alumnos a las nuevas estrategias necesarias para adecuar el proceso de enseñanza-aprendizaje a los requisitos que impone la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior.

AGRADECIMIENTO

Querriamos agradecer a nuestros alumnos su participación en la experiencia así como sus sugerencias y observaciones.

REFERENCIAS

1. A. M. Sánchez Pérez, *Ampliación de Física I*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2002).
2. A.D. Moore, J.M. Crowley, *Electrostatics, Exploring, Controlling and Using Static Electricity*, 2nd edition, Laplacian Press (2001).
3. J. A. Cross, *Electrostatics. Principles, Problems and Applications*, Adam Hilger, Bristol (1980).

4. Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre. Publicado en el Boletín Oficial del Estado nº 224 de 18 de septiembre de 2003.
5. Estatutos de la Universidad Politécnica de Madrid. Decreto 215/2003 de 16 de octubre. Publicados en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, nº 258, del 29 de octubre de 2003.

USO DEL PAQUETE ESTADÍSTICO SIMFIT EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA A NIVEL UNIVERSITARIO

Francisco Javier Burguillo¹, Fernando González Velasco¹, William G. Bardsley²

¹Dpto. Química Física, Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca,
burgui@usal.es, fvelasco@usal.es

²School of Biological Sciences, University of Manchester (U. K.),
bill.bardsley@man.ac.uk

En esta comunicación se plantea la utilización del paquete estadístico SIMFIT como un complemento útil para la enseñanza de la Física y la Química a nivel universitario, especialmente en cuanto al tratamiento de datos en las prácticas de laboratorio, en la simulación de sistemas químicos por ordenador y en la interpretación de resultados en proyectos de investigación. Se expondrán primero las características generales de este paquete estadístico: entrada de datos, tipos de gráficas, estadística descriptiva, ajustes de regresión lineal y no lineal, integración de ecuaciones diferenciales...etc. A continuación se describirán sus posibilidades de aplicación en la enseñanza de la Química mediante algunos ejemplos. El paquete SIMFIT ha sido desarrollado por uno de nosotros (W.G. Bardley), es totalmente compatible con Windows 98/2000/XP, y se encuentra disponible gratuitamente en la dirección <http://simfit.usal.es>.

1. INTRODUCCIÓN

La Química ha sentido desde siempre la necesidad de interpretar sus resultados de forma cuantitativa y lo ha hecho normalmente en forma de ecuaciones algebraicas (equilibrio químico, adsorción) o de ecuaciones diferenciales (cinética química, fenómenos de transporte). En el pasado este objetivo se acometió con ingenio mediante el uso de papel milimetrado, la regla de cálculo y más recientemente de las calculadoras de bolsillo. Pero, ha sido la popularización de los ordenadores personales, la que ha hecho posible que las técnicas de análisis de datos y de simulación matemática se hayan convertido en uno de los aspectos más prometedores en la enseñanza de la Química. Varios autores han propuesto el uso de hojas de calculo tipo *Excel* (1), otros han defendido las ventajas de programas matemáticos como *Mathcad* (2) o *Mathematica* (3), algunos han sugerido el uso de programas de análisis de datos tipo *Origen* o *KaleidaGraph* (4) y otros han apostado por el uso de paquetes estadísticos como *SPSS* o *SIMFIT* (5,6).

2. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DEL PAQUETE ESTADÍSTICO SIMFIT

2.1. Características generales

- Tiene editores para introducir datos desde el teclado pero también se pueden importar desde hojas de cálculo tipo Excel.

- Puede hacer diversos tipos de gráficas: representaciones normales, histogramas, diagramas de barras y de sectores, gráficas 3D...etc, teniendo opciones para elegir distintos tamaños y colores.
- Incluye todas las técnicas estadísticas habituales: estadística descriptiva de una muestra, comparación de muestras, ANOVA, correlaciones de *Pearson*, etc.
- Dispone de diferentes programas para hacer ajustes de ecuaciones a curvas, utilizando métodos de regresión lineal o no lineal según los casos.

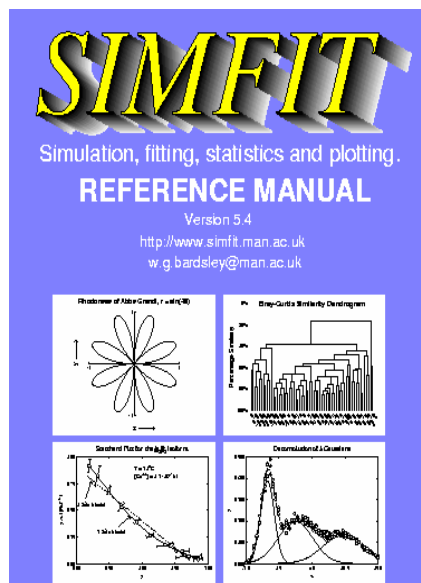


Figura 1. Manual de SIMFIT.

- Los propios programas calculan las estimas iniciales, ajustan en secuencias diferentes modelos dentro de la jerarquía elegida y determinan la bondad del ajuste. Con esta información, el usuario puede discriminar entre posibles modelos rivales.
- Superpone en una sola gráfica los datos y las curvas ajustadas por lo que resulta fácil comparar visualmente los diferentes ajustes.
- Si la ecuación que se desea ajustar no está disponible en la librería *SIMFIT*, el usuario puede definir su propia ecuación y luego ajustarla mediante un módulo general de optimización (*QNFIT*).
- Dispone de un apartado de simulación, tanto de ecuaciones algebraicas (polinomios, exponenciales, ...) como diferenciales (reacciones consecutivas, reacciones enzimáticas, ...).

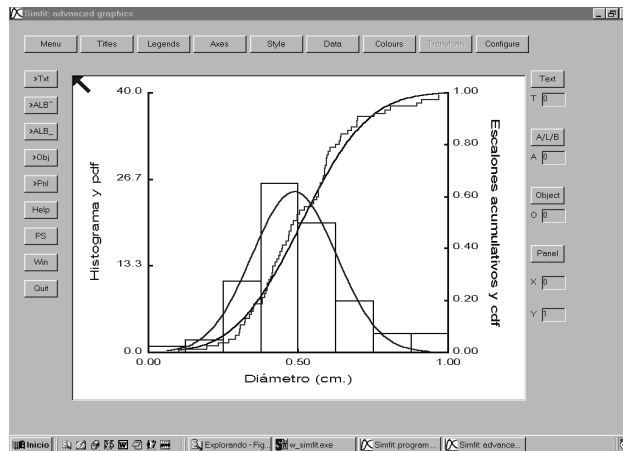


Figura 2. *Histograma y curvas de probabilidad.*

En cualquier laboratorio es frecuente realizar medidas que fluctúan ligeramente debido al azar, por lo que una tarea habitual es encontrar el valor medio, la desviación estándar, representar los datos en forma de histograma, ajustarlos a una distribución normal, etc. *SIMFIT* puede hacer todo este tipo de cálculos y representaciones (Figura 2). Asimismo, el investigador puede realizar los tests estadísticos habituales, como el test “t” de comparación de medias, ANOVA, *Mann-Whitney*, ji-cuadrado, correlación de *Pearson*, etc. También tiene implementadas otras técnicas más específicas como análisis de conglomerados, componentes principales o series temporales.

2.2. Diseño de experimentos: tamaño de muestra y espaciado de datos

Cuando se trata de diseñar experimentos a los que se les va a aplicar un test estadístico, por ejemplo del tipo comparación de 2 medias mediante el test “t”, habrá que calcular “a priori” el tamaño de muestra necesario. Este tamaño será el mínimo número de casos que habrá que utilizar en el estudio si se quiere detectar una determinada diferencia entre las medias (d), si es que existe. Para ello hay que fijar el riesgo α de rechazar la hipótesis nula (no hay diferencia) siendo verdadera y el riesgo β de aceptar la hipótesis nula siendo falsa. Puede verse un ejemplo en la Figura 3. Si se trata de diseñar un estudio del tipo ajuste de curvas, por ejemplo velocidad - [Sustrato] para determinar la V_{max} y la K_m de una enzima, habrá que proyectar el experimento teniendo en cuenta el margen de la concentración de sustrato (normalmente el más amplio posible), el nº de puntos, el espaciado entre ellos, etc. La simulación por ordenador de todos estos factores puede ayudarnos mucho a decidir entre las diferentes opciones.

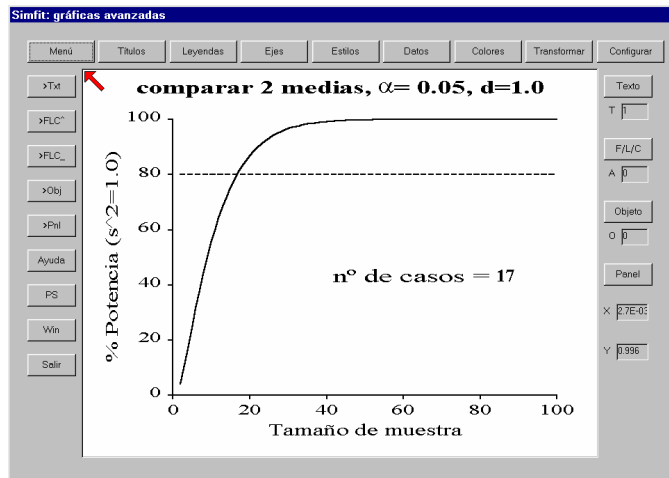


Figura 3. Tamaño de muestra.

2.3. Curvas de calibrado y predicción inversa

Existen en *SIMFIT* diferentes posibilidades para ajustar curvas con fines de calibración, entre ellas el ajuste a una línea recta o a polinomios de distinto grado por regresión lineal. En cualquier caso, el programa superpone a la curva de ajuste las bandas de confianza al 95%, también hace predicción inversa (obtención de x a partir de y) con los correspondiente límites de confianza al 95%. Estas horquillas de confianza permiten al investigador, no sólo conocer la concentración de una sustancia en una muestra, sino estimar también la precisión del análisis. En la Figura 4 se presenta el calibrado de una sustancia cualquiera, donde el ajuste se ha realizado por regresión lineal con pesos estadísticos ($w_i = 1/s_i$) basados en las desviaciones estándar (s_i) calculadas a partir de réplicas.

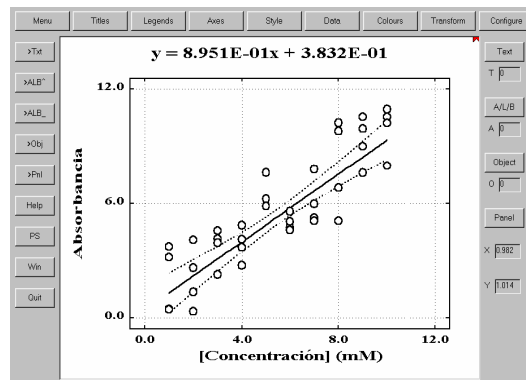


Figura 4. Curva de calibrado.

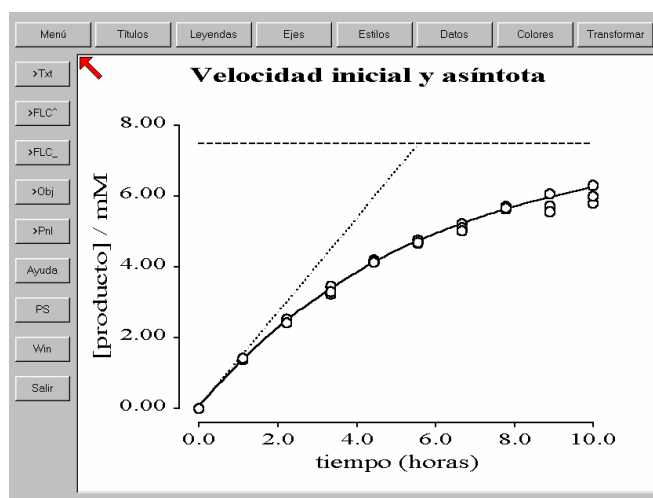


Figura 5. Velocidad inicial y asíntota.

2.4. Determinación de velocidades iniciales, tiempos de latencia y asíntotas

La medida de estas magnitudes es un problema habitual en muchas investigaciones cinéticas, para ello *SIMFIT* dispone de un módulo específico (*INRATE*) que ajusta la ecuación seleccionada por el usuario y hace un análisis de la misma para estimar analíticamente la velocidad inicial y la asíntota. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de esta metodología.

2.5. Ajuste a funciones exponenciales en sistemas cinéticos

El uso de monoexponenciales, biexponenciales, etc., es muy frecuente en la interpretación de muchos fenómenos cinéticos (reacciones de orden 1, reacciones consecutivas, farmacocinética compartimental ...). *SIMFIT* contempla la posibilidad de ajustar diferentes tipos de exponenciales, tanto decrecientes como crecientes y siempre con la opción de ajustar una suma de exponenciales hasta el grado deseado. Estos ajustes se realizan siempre por *regresión no lineal* a la función directa y nunca por *regresión lineal* a sus posibles transformaciones lineales (por ejemplo la linealización logarítmica de una monoexponencial).

La razón es conocida, se basa en que al hacer una transformación lineal cambian los pesos estadísticos a considerar con la variable dependiente, precaución que no suele ser tenida en cuenta y que, además, no es necesaria cuando se ajusta la función directa por regresión no lineal. En la Figura 6 se muestra el ajuste consecutivo de uno y dos exponenciales a unos datos y, como inserto, a efectos ilustrativos tradicionales, se incluye la representación semilogarítmica. En este caso, la estadística asociada al ajuste concluye que el ajuste a dos exponenciales es mejor que el de un exponencial.

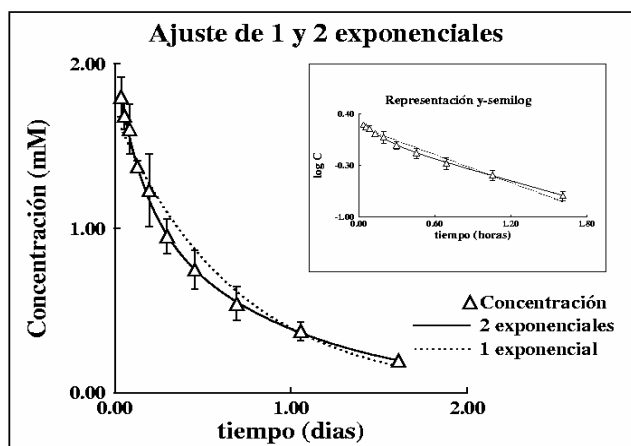


Figura 6. Ajuste de exponenciales.

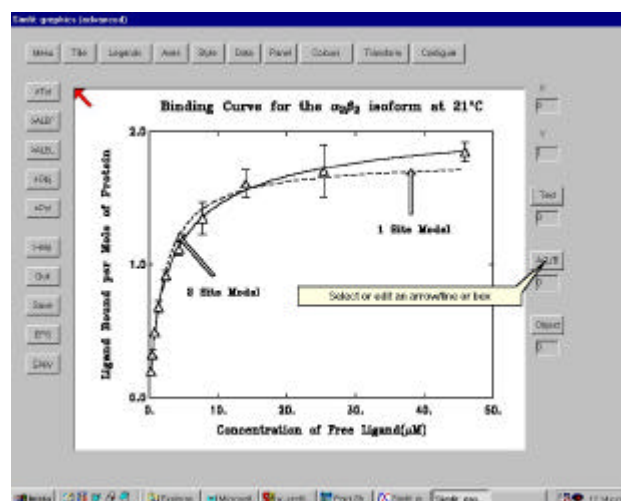


Figura7. Unión de un ligando a una macromolécula.

2.6. Equilibrios de unión de ligandos a macromoléculas

Este tipo de equilibrios se aborda en *SIMFIT* con el módulo relativo a sitios de unión idénticos y cooperativos (*SFFIT*). Si nuestro caso fuese el de una macromolécula con 2 sitios de unión, nuestra investigación debería ir encaminada a distinguir si los dos sitios son independientes (grado 1, una sola K de equilibrio) o son cooperativos (grado 2, hay una K_1 para el sitio 1 y una K_2 para el sitio 2). Para ello *SIMFIT* realiza los respectivos ajustes y hace un análisis de la cooperatividad, a la vez que nos ofrece los resultados bajo diferentes representaciones clásicas: directa, *Scatchard* y *Hill*. La Figura 7 es un ejemplo de este procedimiento.

2.7. Cinética enzimática

Existen en el paquete dos módulos con este objetivo. Uno sencillo (*MMFIT*), que ajusta un sumatorio de ecuaciones de *Michaelis Menten* a unos datos v - $[S]$ y proporciona las distintas V_{\max} y K_m (mezcla de isoenzimas), así como las representaciones habituales (directa, *Lineweaver-Burk*, *Eadie-Hofstee*). Otro más avanzado (*RFFIT*) es el que ajusta cocientes de polinomios de distinto grado en $[S]$ a datos v - $[S]$, que es el formalismo general de las cinéticas no michaelianas. La figura 8 recoge el ejemplo de unos datos que siguen simplemente una sola ecuación de *Michaelis-Menten*.

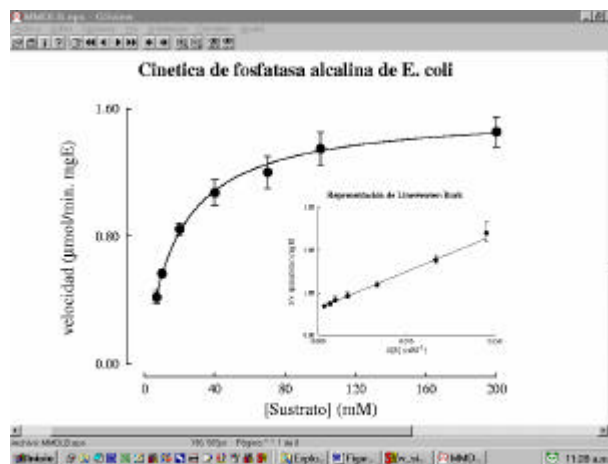


Figura 8. Ajuste de la ecuación de Michaelis - Menten.

2.8. Sistemas dinámicos en ecuaciones diferenciales

Existe en *SIMFIT* un módulo especial (*DEQSOL*) para simular por integración sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Para ello incluye una colección con diferentes modelos dinámicos de “n” variables, tales como mecanismos de reacción, dinámica de poblaciones, etc. A modo de ejemplo, la Figura 9 muestra la integración de las reacciones consecutivas $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$ reversibles. El propio usuario puede cambiar interactivamente el valor de los parámetros de las ecuaciones, el intervalo de integración, etc., por lo que las posibilidades de simulación son numerosas y muy instructivas. Con fines de investigación, se podría suministrar también al programa una serie de datos experimentales y ajustarlos con el correspondiente sistema de ecuaciones diferenciales.

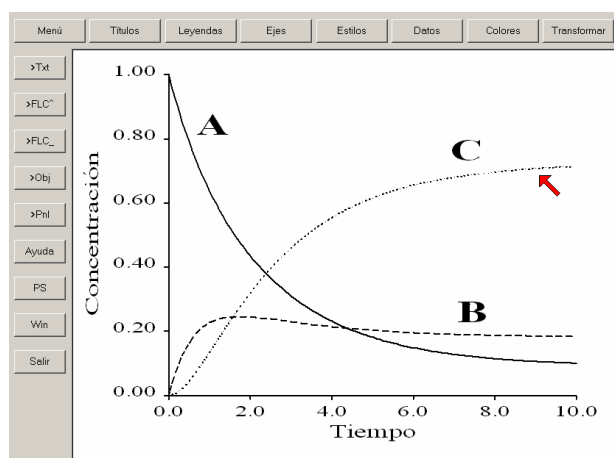


Figura 9. Simulación de reacciones consecutivas.

2.9. Simulación de experimentos

El paquete permite simular todo tipo de ecuaciones algebraicas de una o varias variables, por lo que resulta muy valioso a la hora diseñar experimentos, validar modelos o como simulador a efectos didácticos. La filosofía es simple, primero se simulan datos exactos y luego se perturban con errores al azar para mimetizar la situación experimental.

BIBLIOGRAFÍA

1. P. Denton, *J. Chem. Educ.*, **2000**, Vol. **77**, 1524-1525.
2. T.J. Zielinski, *J. Chem. Educ.*, **1995**, Vol. **72**, 631.
3. M.M.C. Ferreira, W.C. Ferreira Jr., C.S. Lino, M.E.G. Porto, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. **76**, 861.
4. J. Tellinghuisen, *J. Chem. Educ.*, **2000**, Vol. **77**, 1233-1239.
5. F.J. Burguillo, M. Holgado, W.G. Bardsley, *Revista de Educación en Ciencias*, **2003**, Vol. 4 (1), 8-14.
6. D. Alonso, F.J. González, F.J. Burguillo, W.G. Bardsley, *Anuario Lat. Educ. Quím.*, **2001**, Vol. XV, 43-46.

EXPLICANDO LAS EXPANSIONES IRREVERSIBLES

Ricardo López Rodríguez

Departamento de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia
Blasco Ibáñez, 21. 46010 Valencia. rilopez@fis.upv.es

Es conveniente matizar para los alumnos de ingeniería que el trabajo termodinámico en general, irreversible o no, es la integral:

$$W = \int_1^2 p \, dV, \text{ con la presión exterior al sistema. Esto se aprecia claramente por el}$$

teorema de la energía mecánica. Sólo si la presión es constante, igual por ejemplo a la atmosférica, el trabajo irreversible es el producto de la presión exterior por el cambio de volumen.

1. INTRODUCCIÓN

Recuerdo cuando estudiaba Termodinámica en la licenciatura de Físicas que tenía una duda (creo que legítima): se mostraba en la bibliografía generalmente, al revés de lo propuesto en el resumen, el trabajo en los procesos cuasiestáticos, y luego se añadía una coetilla, diciendo que para una expansión irreversible el trabajo era simplemente el producto de la presión exterior por el cambio de volumen.

Yo me rompí la cabeza con la coetilla mencionada, al comparar con los procesos cuasiestáticos: ¿Por qué en los procesos irreversibles no figuraba también el trabajo de la presión interior variable, aunque la exterior fuera fija?. Lo consulté con un compañero, que argumentó que sí, que esto era simplemente consecuencia de la definición de trabajo contra las fuerzas exteriores. Me dejé convencer. Pero ahora, tras posteriores reflexiones, creo que se debe aclarar.

2. DESARROLLO

Ha sido satisfactorio comprobar que por ejemplo Sears (1) da también pie al comentario que sigue. Al resaltar que el trabajo que figura en la expresión del teorema de la energía mecánica es el de las fuerzas que no admiten potencial, el correspondiente a las fuerzas aplicadas externamente. Razonaremos para mayor facilidad con una partícula, sometida a un proceso "irreversible": una fuerza aplicada \vec{F}_{apl} se superpone a un campo de fuerzas conservativo, \vec{F}_{cons} , dando aceleración,

$$\vec{F}_{\text{apl}} + \vec{F}_{\text{cons}} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1)$$

De aquí se deduce inmediatamente el teorema de las fuerzas vivas de Leibnitz:

$$W_{\text{apl}} - \Delta U = \Delta\left(\frac{1}{2}mv^2\right) \quad (2)$$

donde hemos introducido la función potencial. Esto se reescribe con la función energía,

$$\Delta E = W_{\text{apl}} \quad (3)$$

Luego en el caso de un gas que expansiona, la ecuación se extrapola a

$$\Delta E = Q + W_{\text{apl}} \quad (4)$$

¿Qué debe figurar, la presión externa o la interna? La externa naturalmente como queríamos demostrar.

¿Cómo es que los físicos cambiamos el signo del trabajo?

Si por ejemplo aplico la fuerza con mi mano, sobre ella aparece una reacción,

$$-\vec{F}_{\text{apl}} = \vec{F}_{\text{apl}}^* \quad (5)$$

Por tanto el trabajo W_{apl}^* de esta fuerza da cuenta del aumento de energía de mi mano, y es lógico extrapolar para (4),

$$\Delta E = Q - W_{\text{apl}}^* \quad (6)$$

3. CONCLUSIONES

El trabajo aplicado realizado, por ejemplo, por un motor será la integral con la presión exterior p_{apl} ,

$$W_{\text{apl}}^* = \int_1^2 p_{\text{apl}} (V) dV \quad (7)$$

Advirtiendo que el problema es que la presión exterior p_{apl} aunque la podemos conocer (piénsese en el mecanismo biela-manivela de una locomotora que marcharía a celeridad fija), no se equilibra con la presión interna. Ésta que en el equilibrio es una variable intensiva uniforme toma un valor diferente para cada punto del sistema. En estos procesos lo habitual es que tanto en el interior, como en el exterior, haya gradientes.

Pensemos, por ejemplo, que los fabricantes de motores saben que en el interior de la cámara de combustión, se forman una serie de compresiones y enrarecimientos del

fluido, lo que tienen en cuenta para diseñar las posiciones de las válvulas de admisión y expulsión de la mezcla (2).

Es por todo esto que si se imagina un proceso cuasiestático, lo suficientemente lento para que podamos imaginar que subsiste el equilibrio en el interior del sistema fluido, es una aproximación. Que como recalca Sears, da unos resultados razonables, para permitir estimar el rendimiento de cada ciclo.

No quedemos dejar de pasar la ocasión sin plantear otra duda legítima en los neófitos de la Termodinámica: ¿cómo puede entenderse de verdad que el trabajo irreversible sea menor que el reversible entre los mismos estados, por ejemplo con la misma presión exterior constante?

4. LA FUERZA Y EL DESPLAZAMIENTOS SON IGUALES

Creemos que todo queda claro suponiendo simplemente fuerzas de rozamiento contra las paredes crecientes con la celeridad del proceso, que darán lugar a un mayor desprendimiento de calor en el proceso irreversible.

Entiéndase, a mayor trabajo de rozamiento, mayor incremento en la temperatura de la cámara de expansión. Entonces se cederá más energía en forma de calor de rozamiento al exterior que en el proceso cuasiestático. Y cuando hagamos balance del calor entregado a la cámara de combustión, habrá que deducir estas pérdidas, siendo el calor neto entregado idéntico en ambos casos.

Como la variación de energía interna es la misma, por corresponder a los mismos estados iniciales y finales, concluimos que el trabajo neto es el mismo.

También cabe pensar que en el proceso rápido hay una oscilación alrededor de la posición final de equilibrio, que también aumenta el recorrido del pistón, y por ello el trabajo total y el de rozamiento (3).

REFERENCIAS

1. F.W. Sears, G.L. Salinger, *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*, Ed. Reverté (1980).
2. E. de Miquel Perés, *Motores endotérmicos y tractores agrícolas*, Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (1989).
3. R. López, *Seminarios de Física*, Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (2002).

LUZ POLARIZADA: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE MATERIALES

*Francisco Javier Martínez Casado*¹, *M^a. Isabel Redondo Yélamos*¹,
*M^a. Victoria García Pérez*¹, *José Antonio Rodríguez Cheda*¹,
*Miguel Ramos Riesco*²

¹Depto. de Química Física, Fac. Químicas, Universidad Complutense, Madrid

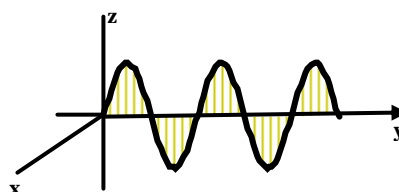
²Departamento de Física y Química, IES Isaac Newton, Madrid

Mediante luz polarizada se pueden estudiar y caracterizar las propiedades de materiales anisotrópicos que presentan birrefringencia, tales como cristales líquidos, usando el microscopio de luz polarizada. Algunas sustancias son ópticamente activas y desvían el plano de polarización de la luz, lo cual permite determinar su concentración utilizando un polarímetro. La medida del grado de despolarización de las bandas del espectro Raman vibracional ayuda en la asignación de modos de vibración de las moléculas.

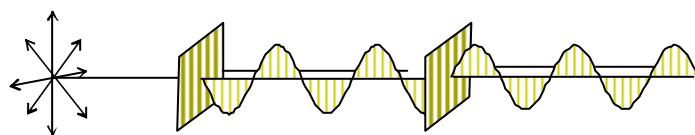
1. ¿QUÉ ES LA LUZ POLARIZADA? BIRREFRINGENCIA

La luz puede ser representada como una onda electromagnética constituida por campos eléctricos y magnéticos fluctuantes y perpendiculares entre sí.

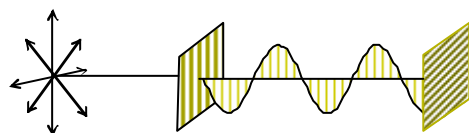
Tradicionalmente sólo se usa la representación del campo eléctrico, puesto que la del campo magnético es idéntica aunque en un plano perpendicular. En la figura se representa el vector del campo eléctrico y su propagación.



La luz blanca está formada por ondas que fluctúan en todos los planos que contienen a su línea de propagación, representados por flechas en la figura. Existen materiales, llamados “polarizadores”, que tienen la propiedad de que sólo permiten el paso de la luz que vibra en un plano específico. La luz emergente recibe el nombre de “luz polarizada”. Si la luz polarizada incide sobre otro polarizador, sólo podrá atravesarlo en el caso de que sus planos de polarización coincidan.

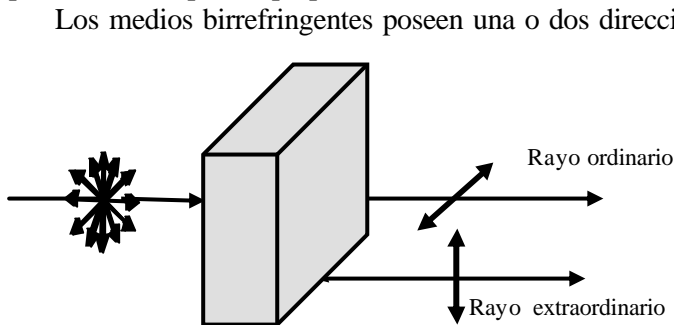


Polares paralelos



Polares cruzados

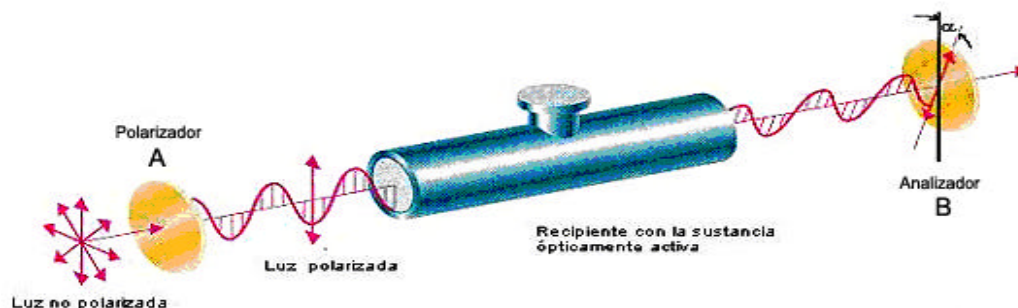
Todos los sistemas ordenados (cristalinos), exceptuando los que cristalizan en el sistema regular, que son isótopos a la luz polarizada (o a la luz blanca), presentan el fenómeno de la birrefringencia. En los materiales birrefringentes el rayo de luz incidente se desdobra en dos, uno llamado “ordinario” y otro “extraordinario” ambos polarizados en planos perpendiculares entre sí.



Los medios birrefringentes poseen una o dos direcciones en el espacio en las que no se comportan como tales: a estas direcciones se les llama “ejes ópticos”. Además de los sólidos cristalinos, los cristales líquidos son también medios birrefringentes o anisotrópicos a la luz.

2. ACTIVIDAD ÓPTICA. POLARÍMETRO

Existen sustancias que en disolución son ópticamente activas, esto es, que cuando las atraviesa luz polarizada son capaces de desviar su plano de polarización un cierto ángulo hacia la derecha o hacia la izquierda (sustancias dextrógiras y levógiras, respectivamente). Un ejemplo típico es la glucosa. Un polarímetro es un aparato conocido desde el siglo XIX que está diseñado para medir estos ángulos.



Esquema de un polarímetro

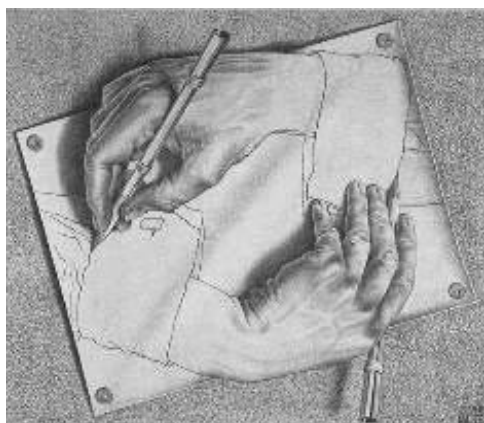
El principio del polarímetro es muy simple. La luz se polariza mediante el polarizador (A) y se hace pasar a través de la disolución de la sustancia que se pretende analizar. A la salida, esta luz pasa por un nuevo polarizador (B) que inicialmente, en ausencia de sustancias ópticamente activas, estaba colocado en paralelo con A, permitiendo intensidad máxima de luz a la salida. Cuando la luz

atraviesa la disolución con la sustancia ópticamente activa, se desvía el plano de polarización. El polarímetro está diseñado para poder medir a la salida el ángulo (α) que hay que girar el analizador para que la intensidad de la luz sea máxima otra vez.

El poder rotatorio de una disolución de una sustancia depende del espesor de la capa atravesada, la naturaleza de la sustancia analizada, la concentración de la disolución, la longitud de onda de la luz y la temperatura. Si conocemos la rotación ($[\alpha]^{t\lambda}$) producida por una disolución de 1g/ml de la sustancia en una columna de líquido de 1 decímetro de longitud para una longitud de onda fija (λ), podemos determinar la concentración de la muestra analizada a través de la fórmula:

$$[\alpha] = [\alpha]^{t\lambda} \cdot l \cdot c$$

donde $[\alpha]^{t\lambda}$ es el poder rotatorio específico de la sustancia correspondiente para una temperatura, t , y para una longitud de onda determinada, que normalmente suele ser la línea D del sodio. $[\alpha]$ es la rotación producida por una columna de líquido de longitud " l " y concentración " c ".



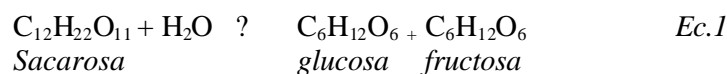
La glucosa es un ejemplo de las muchas sustancias químicas que presentan la propiedad de variar el plano de polarización de la luz. En general, estas sustancias tienen estructuras moleculares con un carbono asimétrico, es decir, unido a cuatro grupos sustituyentes diferentes, por lo que dan lugar a enantiómeros, moléculas que difieren sólo por su estructura espacial y que sus imágenes especulares no son superponibles. Por ello, los enantiómeros presentan una simetría semejante a las manos (que tampoco son imágenes superponibles) y, por ello, las sustancias

que presentan estas características se denominan "quirales" (expresión procedente de la palabra griega que significa "mano").

La Polarimetría es la Ciencia basada en el uso del polarímetro. Entre otras aplicaciones está la de caracterizar y distinguir estereoisómeros, compuestos con la misma composición y estructura, pero con átomos quirales dentro de la molécula. Otra aplicación importante es su uso en el estudio de algunas cinéticas, por ejemplo la de inversión de la sacarosa.

3. VELOCIDAD DE INVERSIÓN DE LA SACAROSA

El proceso de inversión del azúcar: descomposición hidrolítica de la sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ en glucosa y fructosa, va acompañada de la variación de la dirección del ángulo de rotación del plano de polarización:



La sacarosa gira el plano de polarización hacia la derecha ($\alpha = 66,55^\circ$) y la mezcla de los productos de la inversión hacia la izquierda ($\alpha = -91,9^\circ$). Por ello, a medida que transcurre la reacción el ángulo de rotación del plano de polarización disminuye, pasando por cero y luego pasa a ser negativo llegando hasta un valor constante α_8 . La velocidad de inversión de la sacarosa se establece por la variación del ángulo de rotación del plano de polarización de la función a estudiar el cual varía en función del tiempo. El seguimiento del ángulo de rotación se realiza a través del polarímetro.

La ecuación cinética se ajusta a:

$$-\frac{dC}{dt} = k' C_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} \quad \text{Ec. 2}$$

cuya constante de velocidad puede ser calculada por la ecuación:

$$k' = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_f} \quad \text{Ec. 3}$$

donde C_0 es la concentración inicial de la sacarosa y C_f es la concentración de sacarosa en un tiempo t .

Resulta, por tanto, evidente que, a partir de las medidas de α , es posible calcular la concentración de sacarosa en función del tiempo, y de aquí calcular su constante cinética.

4. MICROSCOPIO DE LUZ POLARIZADA. APLICACIONES AL ESTUDIO DE CRISTALES LÍQUIDOS

El microscopio de luz polarizada es un microscopio óptico ordinario al que se le incorporan dos polarizadores, entre los que se introduce la muestra de cristal líquido, normalmente preparada en forma de una película fina, entre un “porta” y un “cubre” transparentes. Esta técnica experimental es un medio imprescindible para identificar las texturas y estructuras de los cristales líquidos, que aparecen en forma de imágenes características, que se hacen observables debido a su birrefringencia.

Generalmente el microscopio lleva incorporada una platina, consistente en un horno con control de temperatura y con dos ventanas transparentes, en cuyo interior se encierra la preparación del cristal líquido.

4.1. Identificación de estructuras a través de texturas

La “estructura” de un cristal líquido se caracteriza por su ordenación geométrica a nivel molecular, y es independiente generalmente del historial térmico de la muestra. No hay que confundir estructura con textura. Se define “textura” como el aspecto que presenta una capa muy fina de cristal líquido (contenida entre dos placas de vidrio

transparente) observada en un microscopio, generalmente de luz polarizada, a unos pocos aumentos, a la temperatura de cristal líquido.

Una textura determinada aparece debido a la formación de defectos cristalinos (disclinaciones). Como consecuencia, aparecen más fácilmente al enfriar la sustancia desde el líquido isotrópico. Las texturas son características de cada estructura, por lo que ayudan en gran medida a su identificación.

Tipos de Estructuras:

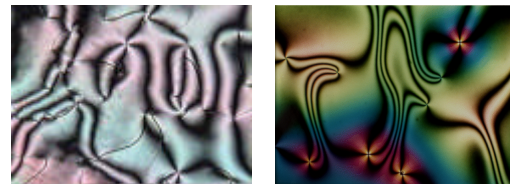
Cristales Líquidos Termotrópicos:

Nemáticos: Uniaxiales y Biaxiales

Colestéricos

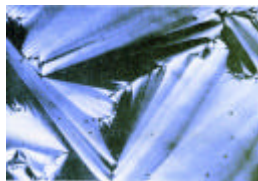
Esmécticos

Ejemplos de texturas nemáticas: Schlieren

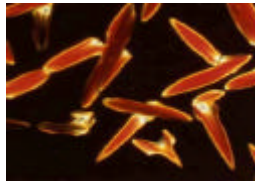


Ejemplos de texturas esmécticas:

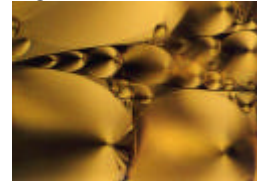
Cónico focal



Bastones

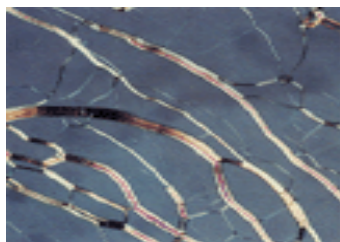


Poligonal



Ejemplos de texturas colestéricas:

Líneas Grandjean y tiras aceitosas Líneas de disclinación transversales (τ)

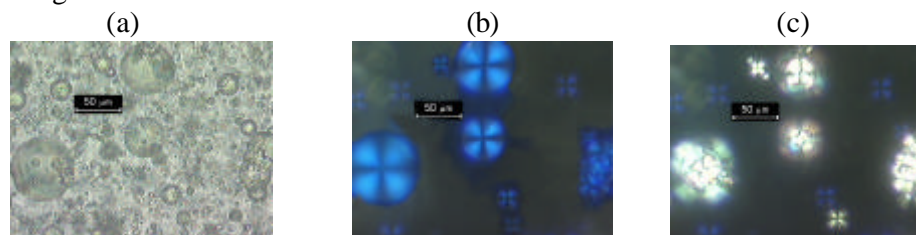


4.2. Identificación de una fase fluida cristalina (birrefringente)

Con el siguiente ejemplo, se pone de manifiesto cómo se puede llegar a demostrar la naturaleza fluida, a la vez que ordenada, de un cristal líquido.

El nonanoato de talio es una sal orgánica (surfactante) que se comporta como cristal líquido iónico (fluido organizado) antes de fundir a líquido isotrópico. El

experimento consiste en suspender microcristales de la sal en un aceite mineral en los que sean inmiscibles, calentarlos hasta su fusión, y observar en una platina colocada entre los polares de un microscopio de luz polarizada. Al llegar al líquido isotrópico los dominios microcristalinos se transforman en gotas perfectamente esféricas, debido al principio de mínima superficie. Estas gotas son isótropas a la luz polarizada y para su observación es necesario alinear los polares o retirar uno de ellos. Al enfriar estas gotas suspendidas en el aceite mineral se observan los cambios que se muestran en la siguiente figura:



(a) *Líquido isotrópico (sin analizador). Gotas suspendidas en aceite.*
 (b) *Las gotas se transforman en cristal líquido al enfriar. Las gotas son esféricas, como corresponde a un fluido, y birrefringentes, como corresponde a un estado organizado. La topología de las moléculas es radial y los polares están cruzados.*
 (c) *Al seguir enfriando, el cristal líquido se transforma en un sólido cristalino, destruyendo la esfericidad de las gotas.*

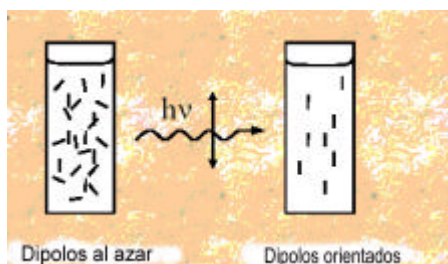
5. ESPECTROS MOLECULARES

Cuando la luz incide sobre una muestra de índice de refracción n_1 rodeada por un medio de índice de refracción n_0 , además de la reflexión y de la refracción esperadas se dan otros procesos de los que consideraremos sólo absorción y dispersión. El estudio de la intensidad de la luz absorbida o dispersada en función de la frecuencia es el objetivo de la *espectroscopía molecular*.

La energía interna de una molécula está cuantizada, es decir, no varía de forma continua sino que sólo son posibles determinados valores que definen los diferentes *niveles de energía*. Los tránsitos inducidos por la luz incidente entre esos niveles dan lugar a distintos tipos de *espectros moleculares*. Los tránsitos pueden ser originados por absorción o por dispersión de la radiación incidente. El mecanismo por el que se producen los espectros es muy diferente en ambos casos. En los procesos de absorción la propiedad molecular responsable es el momento dipolar, μ , mientras que la dispersión está relacionada con la polarizabilidad molecular, α , (mayor o menor facilidad para que la nube electrónica se deforme en presencia de un campo electromagnético).

5.1. Espectros electrónicos: visible-ultravioleta

En los espectros de absorción, y particularizando al caso de la luz visible-ultravioleta, si se ilumina una muestra de moléculas orientadas al azar, con una luz



cuyo vector eléctrico está orientado en una dirección particular (plano polarizada), sólo pueden absorber la luz las moléculas que están orientadas adecuadamente con relación a ese vector eléctrico. Este proceso se ilustra en la Figura. Como consecuencia de esta “absorción selectiva” los espectros obtenidos con luz incidente no polarizada y con luz incidente polarizada difieren considerablemente.

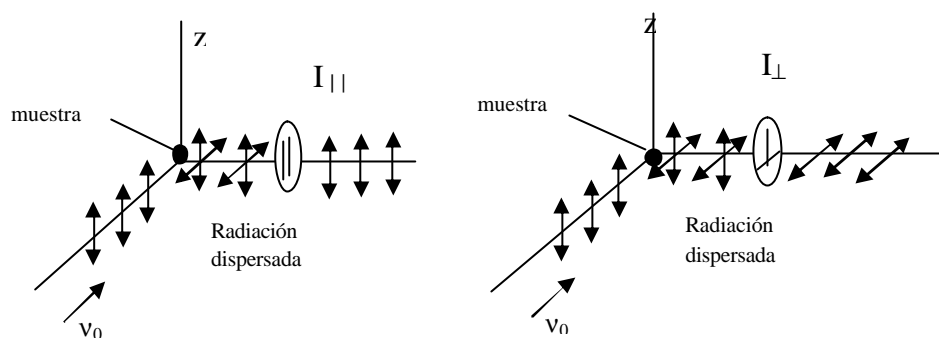
En los cristales, las moléculas o iones adoptan orientaciones preferentes y con frecuencia alguno de los ejes cristalográficos coincide con alguno de los ejes de simetría de la molécula o el ion y, en esos casos, es muy fácil relacionar los espectros obtenidos con la orientación del cristal. Por ejemplo, es conocida la existencia de cristales que transmiten luz de diferente color si la dirección de observación sigue diferentes ejes cristalográficos; son los llamados cristales dicróicos.

5.2. Espectro Raman vibracional

La dispersión de la luz es un fenómeno bien conocido aunque su observación directa exige grandes cantidades de muestra, dada su baja intensidad. La dispersión de la radiación solar que incide sobre las partículas que hay en suspensión en la atmósfera explica, por ejemplo, que durante el día pueda verse todo el cielo iluminado aunque no se mire en la dirección de la fuente de radiación: el Sol. Además la intensidad de la luz dispersada crece con la cuarta potencia de la frecuencia de la radiación incidente y ello justifica que el cielo se vea de color azul, ya que cuando la luz solar, blanca, es dispersada, la mayor intensidad de esa luz dispersada corresponde a la zona del espectro visible en el que la frecuencia es mayor, es decir, al azul.

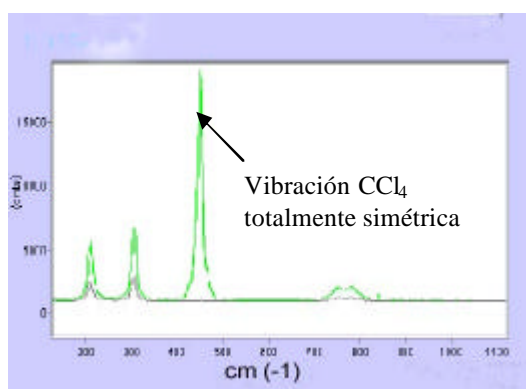
La mayor parte de la radiación dispersada tiene la misma frecuencia que la radiación incidente y recibe el nombre de *dispersión Rayleigh*, pero una pequeñísima fracción (aproximadamente 10^{-3} del total de la radiación dispersada) tiene una frecuencia menor, *dispersión Raman Stokes*, o mayor, *dispersión Raman anti-Stokes*, que la radiación incidente. La diferencia de frecuencia entre la radiación incidente y la dispersada corresponde a la frecuencia de vibración de las moléculas del medio. El estudio y análisis de la información contenida en la radiación dispersada es el objetivo de la *espectroscopía Raman*.

Actualmente la fuente de radiación utilizada para producir el efecto Raman es un láser que emite luz monocromática y polarizada. Como la radiación que incide sobre la muestra está polarizada en un plano y se examina la radiación dispersada (que no conserva las propiedades de polarización) a través de un analizador colocado paralela o perpendicularmente al plano de polarización de la luz incidente (ver Figura), la intensidad medida en cada una de las orientaciones no es la misma.



Esquema para la medida experimental del grado de despolarización.

La relación $r = I_{\perp} / I_{\parallel}$ se denomina *grado de despolarización* (también *factor de despolarización* o *relación de despolarización*) y, para las bandas de vibración activas en Raman, su valor está comprendido entre 0 y 3/4. Si $\rho = 3/4$ se dice que la banda es despolarizada, mientras que si $0 \leq \rho \leq 3/4$, la banda es polarizada. El valor del grado de despolarización de una banda depende de la simetría de la molécula y de la simetría de la vibración correspondiente. Las únicas bandas que pueden ser polarizadas son las asignables a vibraciones totalmente simétricas (la simetría de la molécula no cambia aunque los átomos estén vibrando), por lo tanto, la medida del grado de despolarización permite asignar de forma inmediata las bandas polarizadas a esos tipos de vibraciones. Por ejemplo, el tetracloruro de carbono, cuyas moléculas tienen geometría tetraédrica, tiene un modo de vibración totalmente simétrico que corresponde a la vibración en fase de los cuatro enlaces C-Cl, en esta vibración los cuatro enlaces C-Cl se estiran, o se encogen, simultáneamente y por lo tanto la simetría tetraédrica se mantiene. La correspondiente banda de vibración en el espectro Raman es, por tanto, totalmente polarizada y se extingue completamente en el espectro obtenido con el analizador perpendicular como puede observarse en la Figura en la que se muestra el espectro Raman del CCl_4 (líquido):



Espectro Raman del CCl_4 (líquido).

TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LOS CONCEPTOS DE “SUSTANCIA PURA” Y “MEZCLA”

M^a. Teresa Ocaña Moral, Rocío Quijano López, Luís C. Vida Sagrista

Departamento de Didáctica de las Ciencias

Universidad de Jaén, 23071 Jaén

mocana@ujaen.es, rquijano@ujaen.es, lcvisa@yahoo.es

Partimos del hecho, observado y comprobado, de que el conocimiento de una materia no implica la capacidad por parte del docente de enseñarla. Este problema es particularmente importante en el caso de la formación de los futuros maestros, ya que éstos no sólo han de conocer los conceptos, sino que también han de ser capaces de comunicarlos a sus alumnos. De este modo, la intención de este trabajo es observar las dificultades que presentan los alumnos de la titulación en Magisterio para la adquisición de los conceptos de “sustancia” y “mezcla” y su posterior transposición didáctica a sus propios aprendices en su futura labor docente.

1. INTRODUCCIÓN

El problema que tratamos, surge del hecho de que los estudiantes de Magisterio presentan serios problemas para la conceptualización de los términos “sustancia pura” y “mezcla”.

Según hemos podido observar, la cuestión principal podría radicarse en las ideas previas que los alumnos poseen acerca de estos términos. Es decir, la utilización que el contexto cultural y social hace de los conceptos de “materia”, “sustancia” y “mezcla” difiere sustancialmente de su definición científica, lo que conlleva serios problemas a la hora de que los alumnos los interioricen y, por supuesto, de asimilarlos de manera coherente con el fin de que puedan ser transmitidos posteriormente a sus propios discentes.

Una segunda dificultad a la que nos enfrentamos, es el diferente currículo con el que los alumnos acceden a la Titulación de Magisterio, lo que nos lleva a encontrar en una misma aula a discentes con muy distintos niveles de conocimiento sobre la materia, según la especialidad que hayan cursado en el bachillerato.

Esta realidad, nos lleva a buscar una estrategia didáctica que nos permita, por un lado, integrar los distintos conocimientos de los alumnos hasta un nivel mínimo compatible con las exigencias del currículo, y por otro, modificar las ideas previas de los alumnos acerca de los conceptos tratados, con el fin de adecuarlas al conocimiento científico que pretendemos enseñar a los futuros docentes.

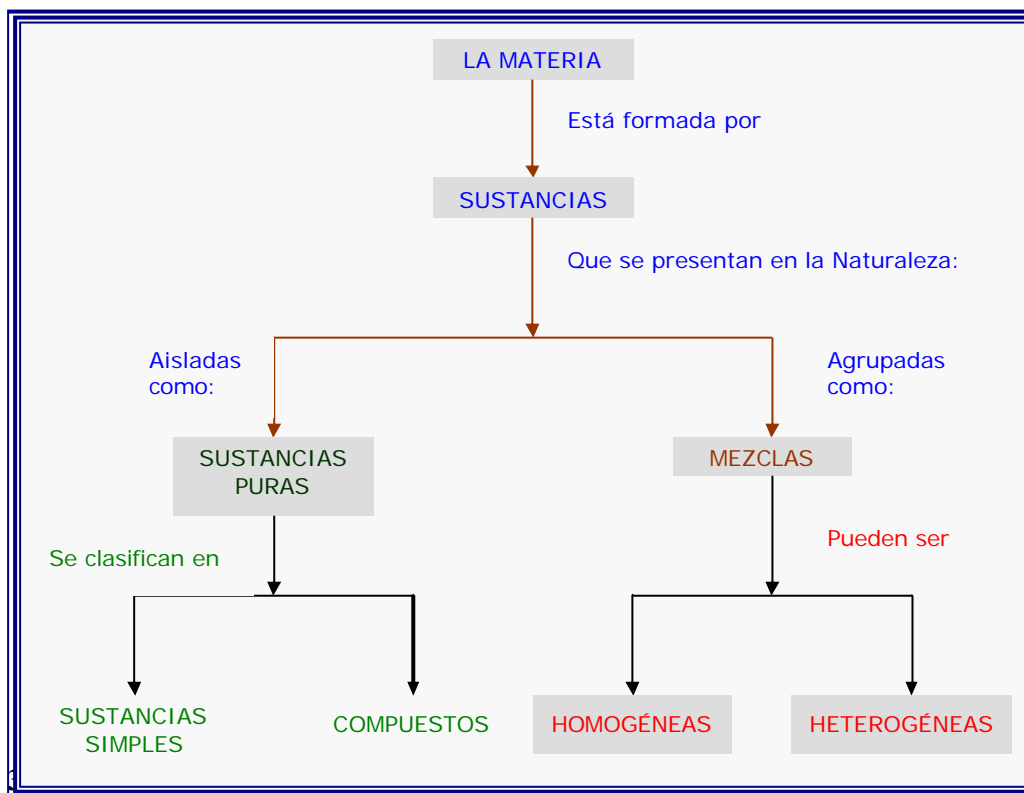
2. CONCEPTO DE “SUSTANCIA PURA” Y “MEZCLA”

Tal y como podemos extraer de diferentes textos (1-3), la realidad teórica a explicar es que en la naturaleza, la materia se presenta en forma de **sustancias puras** y mezclas.

Las sustancias puras tienen una composición definida y constante en condiciones normales de temperatura y presión, no pudiéndose separar en otras sustancias mediante procedimientos físicos de separación.

Las mezclas son agrupaciones de varias sustancias puras que pueden ser separadas mediante procedimientos físicos.

En el cuadro siguiente, presentamos una representación esquemática de la relación existente entre los conceptos tratados:



3. DIFICULTADES OBSERVADAS PARA EL APRENDIZAJE DE ESTOS CONCEPTOS

Los problemas con que los docentes nos enfrentamos a la hora de enseñar a los alumnos estos conceptos que, por otra parte, son básicos para su futuro aprendizaje de lo que es el cambio químico, podrían resumirse como sigue:

1. Los términos “materia” y “sustancia” son utilizados indistintamente por los alumnos (como resultado de un aprendizaje anterior erróneo basado en el hecho de que sus propios profesores no utilizaban correctamente ambos vocablos).

2. Todos los materiales, productos o sustancias son considerados como “mezclas de elementos”.

3. Los alumnos consideran “sustancias puras” a aquellas materias que están “sin mezclar”.

4. Sólo los elementos son considerados como “sustancias puras” (sin mezclar).

5. Los alumnos, en general, presentan dificultades para transferir lo aprendido en un contexto a otro distinto. Por ejemplo:

- Cuando se les pide únicamente que definan el concepto “materia”, esto es, que extraigan un significado concreto de una pregunta de desarrollo más extensa, un considerable porcentaje de ellos son incapaces de contestar escuetamente lo que se les pregunta, mientras que otros se remiten a la definición de “masa”.

- Una vez explicados los contenidos y realizadas las actividades correspondientes, al darles una serie de “sustancias puras” y “mezclas” no mencionadas anteriormente y pedirles que digan qué son y justifiquen porqué, se producen errores como:

“Un trozo de mineral de hierro en forma no cristalina” → “mezcla”: porque se puede machacar y obtenerse trozos más pequeños.

“Agua” → “mezcla”: porque es una *mezcla* de oxígeno e hidrógeno.

6. Existe una actitud, si no negativa, al menos de falta de interés hacia la Ciencia en general y, por lo tanto, hacia estos conceptos en particular. Esto, unido a la conducta reflejada en el punto 1 implica no sólo que los alumnos no diferencien entre ambos términos, sino que además no muestran interés en aprenderlos.

Esto nos lleva a afirmar que los estudiantes relativizan el concepto de sustancia, dando mayor relevancia a la clasificación de los materiales en mezclas más o menos íntimas, usando la clasificación de estas últimas como criterio de observación (4), presentando a la vez, una enorme falta de interés acerca de los contenidos científicos presentes en el currículo.

Tanto los hechos observados, como la bibliografía consultada, nos llevan a pensar que el problema estriba, no tanto en que los estudiantes tomen como criterio para decidir si están tratando con una “sustancia pura” o una “mezcla”, la permanencia o no de una propiedad observable, sino en que extraen conclusiones basándose únicamente en ella; cuando el criterio científico válido sería la caracterización macroscópica de las sustancias a partir de la observación de varias propiedades específicas.

Es decir, el primer obstáculo a vencer por los alumnos para comprender estos conceptos, es llegar a aprender significativamente el concepto macroscópico de sustancia química y saber diferenciarlo del de mezcla, que es como se representan la mayoría de los sistemas materiales o productos que usamos en la vida cotidiana (4).

4. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Las investigaciones realizadas sobre el aprendizaje de la Química en general, indican que existen unas fuertes dificultades conceptuales en el aprendizaje de esta materia, que persisten incluso después de largos procesos de instrucción. El cambio conceptual entendido no como la sustitución de un conocimiento más simple, el cotidiano, por otro más complejo, el científico, sino como la adquisición de diferentes tipos de conocimiento o representaciones para tareas o situaciones distintas, es poco frecuente y difícil de lograr en la Química en general (5), y en los conceptos que nos ocupan en particular.

Esta situación es tanto más preocupante, en cuanto que estamos hablando de la formación de los futuros docentes, que serán los encargados de impartir estos conocimientos a las generaciones venideras y, por lo tanto, transmitirán a éstos sus lagunas de conocimientos o sus errores conceptuales acerca de una determinada materia.

Por lo tanto, nuestra primera pretensión será la de lograr ese cambio conceptual en nuestros alumnos, para lo cual es necesario que éstos superen las teorías implícitas que mantienen.

El cambio conceptual en el aprendizaje de la Ciencia y de la Química, en general, y de los conceptos que estudiamos en este trabajo, en particular, posee tres dimensiones, que si bien no implican un proceso lineal, sino sucesivos avances y regresiones, si que están ligadas por una dimensión de cambio gradual:

1. En primer lugar, es necesario un cambio epistemológico, es decir, un cambio en la lógica a partir de la cual el alumno organiza sus teorías.

2. En segundo lugar, es necesario un cambio ontológico, es decir, un cambio en el conjunto de objetos asumidos en esas teorías.

3. En tercer lugar, es necesario un cambio conceptual, es decir, un cambio en el marco en el que se inscriben los conceptos implicados.

Desde el punto de vista de la enseñanza, es esta última dimensión la que más nos interesa, ya que supone que el alumno pase de una visión centrada en los hechos y las propiedades observables de las sustancias, a comprender la materia como un complejo sistema de partículas siempre en interacción (5).

5. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Es posible establecer una cierta relación entre los objetivos perseguidos en la enseñanza y la metodología usada para conseguirlos; esto es, si bien no existe una relación unívoca entre objetivos conseguidos y metodología, ya que son multitud de factores los que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es cierto que, una vez fijados los objetivos, podemos establecer las orientaciones metodológicas que harán más probable su consecución (6).

En primer lugar, hemos de considerar la existencia de las ideas previas de los alumnos como una realidad que ha de ser incorporada al proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que son utilizadas por éstos como referencia para comprender y

asimilar los nuevos conocimientos. Esto requiere, por parte del docente, una labor para reconocer estas ideas previas que le permita tomar medidas didácticas eficaces para la consecución de los objetivos propuestos.

En segundo lugar, y no por ello menos importante, hemos de considerar la motivación del alumnado, ya que por buenas condiciones de enseñanza que se establezcan, si el alumno no está motivado o no presta atención, no aprenderá nada (7). Este es un problema de difícil solución ya que, a pesar de que estamos inmersos en una sociedad altamente tecnificada, que necesita tanto científicos que desarrollen una labor de investigación, como ciudadanos científica y técnicamente formados con capacidad crítica para valorar los avances de la Ciencia, las Ciencias no son un valor en alza en la actualidad y es complicado conectar los contenidos del currículo con temas de interés para el alumno.

En tercer lugar, hemos de considerar la necesidad de que el alumno participe de forma activa en su propio aprendizaje, haciendo especial hincapié en la enseñanza de los contenidos procesuales y actitudinales: no sirve de nada hacer una descripción exhaustiva de los conceptos si los alumnos no aprenden a manejar los procedimientos científicos que les van a servir para crear nuevos conocimientos, confirmar o no una idea, contrastar hipótesis, ..., que les van a llevar a ser capaces de resolver eficazmente problemas académicos y cotidianos (6).

6. CONCLUSIONES

Las dificultades observadas en el aprendizaje de los conceptos de “sustancia pura” y “mezcla” son el resultado de una conjunción de factores de entre los que cabe destacar las ideas previas que los alumnos poseen sobre ellos -tanto las adquiridas de forma errónea en otros niveles de enseñanza, como las que de manera informal circulan como conocimiento pseudo-científico en la sociedad actual- y la nula o escasa motivación que hacia los temas de Ciencias presentan la mayoría de los estudiantes.

Para poder solucionar este problema es necesario emplear estrategias didácticas que consigan que los alumnos comprendan la relevancia que estos conocimientos poseen en su futuro papel como docentes y los problemas que un mal proceso de enseñanza-aprendizaje de los mismos podría acarrear a sus futuros discentes.

Para ello, consideramos necesario que los futuros docentes:

- Deben conocer los contenidos que deberán impartir, tanto a nivel conceptual como metodológico.
- Deben ser capaces de reconocer sus propias ideas previas para, de este modo, ser capaces de modificarlas -cuando sea necesario- y también poder reconocerlas en sus futuros alumnos y utilizarlas como base para su aprendizaje.
- Deben desarrollar estrategias que relacionen el conocimiento conceptual que imparten y las actividades prácticas de enseñanza que van ligadas a él, con el fin primordial de ser capaces de motivar a sus futuros alumnos en el aprendizaje de las Ciencias (8).

REFERENCIAS

1. J.L. Rosenberg, *Química general*, Ed. McGraw-Hill, 7ª ed., Madrid (1990).
2. J. Morcillo, *Temas básicos de Química*, Ed. Alhambra Universidad, Madrid (1991).
3. T. Prieto, A. Blanco, F. González, *La materia y los materiales*, Ed. Síntesis, Madrid (2000).
4. C. Furió, R. Azcona y otros, *La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento Químico*, en F. Perales Palacios, P. Cañal de León (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Marfil, Alcoy (2000).
5. J. Pozo, M. Gómez Crespo, *Aprender y enseñar Ciencia*, Ed. Morata, Madrid (2001).
6. N. Marín Martínez, *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Universidad de Almería (1997).
7. J. Pozo, *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las Ciencias*, Ed. MEC, Madrid (1992).
8. P. Pérez Miranda, I. Galache López, *Cómo abordar la enseñanza-aprendizaje de la Química con alumnos de la Diplomatura de Maestro (Especialidad Primaria)*, en R. Jiménez Pérez, A. Wamba Aguado (Eds): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Universidad de Huelva (1997).

METODOLOGÍA DOCENTE EN LA ENSEÑANZA DE LAS PROPIEDADES DE LA MATERIA: MASA Y PESO

Luis Carlos Vida Sagrista, M^a. Teresa Ocaña Moral, Rocío Quijano López

Departamento de Didáctica de las Ciencias

Universidad de Jaén, 23071 Jaén

mocana@ujaen.es, rquijano@ujaen.es, lcvisa@yahoo.es

Con frecuencia, utilizamos en nuestro quehacer diario los términos masa y peso de manera ambigua e indistintamente; ello genera errores, los cuales son transmitidos a nuestros alumnos, futuros formadores, desde diferentes ámbitos sociales. Por ello, realizamos una propuesta en la que se intenta poner en contacto al alumno con la especificidad del vocabulario científico, en su vertiente más básica y social, en los términos de masa y peso, considerando los problemas de aprendizaje que pueden surgir.

1. INTRODUCCION

Para justificar el presente trabajo de investigación y comprender hasta qué punto los Museos de las Ciencias son, sin lugar a duda, una excelente herramienta didáctica y excelentes difusores de la Ciencia, tomamos como punto de partida el estudio publicado en Marzo de 2003, por la Federación Española de Ciencia y Tecnología, en el que se llega a la conclusión de que existe un consenso en referencia a que los cambios que se están produciendo en nuestra sociedad, son producto de la mundialización de la economía y de las tecnologías de la información, de las comunicaciones, en la Biología o de los materiales avanzados y las aplicaciones de éstos.

Estos cambios no solo afectan al desarrollo económico y social, sino que llevan, además, al encumbramiento de los valores cívicos. Es desde la base de la sensibilización social, desde la que se alcanza el acuerdo del Consejo Europeo de Lisboa de Marzo de 2000 (refrendado mas adelante por los de Niza y Barcelona) sobre la ambición y meta europea de conseguir para 2010 “la economía más competitiva y más dinámica del mundo, capaz de un crecimiento económico sostenible acompañado de la mejora cuantitativa y cualitativa del empleo y de una mayor cohesión social”.

Se intenta así establecer los cimientos de una sociedad que impida la división entre los que tienen acceso al saber, y se benefician del desarrollo de los conocimientos, y los que no. Además, los ciudadanos perciben con mayor claridad los efectos positivos que la Ciencia y la Tecnología tienen sobre el desarrollo económico y las condiciones de vida y de trabajo, aunque también exista una mayor preocupación relativa a la utilización inapropiada de los resultados de dicha investigación. Esto genera en la sociedad, no en pocas ocasiones, dilemas de difícil comprensión.

Es necesario implantar un diálogo entre Ciencia y sociedad; es indudable el hecho de que éste será más fructífero y enriquecedor si el público heterogéneo, en el que se incluyen, sin lugar a dudas discentes de todas las edades, puede formar su opinión tomando como base la adquisición de una cultura científica y tecnológica básica.

Del informe anteriormente mencionado, se desprende que, para poblaciones de edades variadas, la Ciencia es considerada como interesante para un 73% de la población y como algo aburrido para un 18%; se destaca además que en la población de menor edad, la imagen de la Ciencia se considera como algo aburrido.

Ante la problemática existente, materializada en el abandono del estudio de las Ciencias en cuanto pueden, dejando la escuela como ignorantes o incluso presentando cierta hostilidad hacia la misma, se plantea el estudio de cómo abordar los conceptos de peso y masa en el aula y la contaminación sufrida por los mismos en el lenguaje coloquial.

Dentro de las finalidades de la Educación Secundaria Obligatoria, en referencia al aprendizaje científico, encontramos las siguientes (RD 831/2003; RD 832/2003): Las finalidades de la Educación Secundaria Obligatoria son: transmitir a los alumnos los elementos básicos de la cultura, especialmente en sus aspectos científico, tecnológico y humanístico; afianzar en ellos hábitos de estudio y trabajo que favorezcan el aprendizaje autónomo y el desarrollo de sus capacidades; formarlos para que asuman sus deberes y ejerzan sus derechos como ciudadanos responsables, y prepararlos para su incorporación a estudios posteriores y para su inserción laboral con las debidas garantías.

Cabe ante ello destacar como uno de los principales objetivos el concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, matemáticas y científicas, y conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia, para su resolución y para la toma de decisiones.

La Ciencia en la sociedad actual es un área de conocimiento imprescindible para comprender los avances tecnológicos que continuamente se están produciendo y que, poco a poco, van transformando nuestras condiciones de vida.

Ha sido en el campo de las Ciencias Bioquímica, Física y Química donde los logros conseguidos por los investigadores han sido más espectaculares, sobre todo en aspectos directamente relacionados con las telecomunicaciones, la salud, el medio ambiente y los recursos tecnológicos. Por esta razón, los conocimientos científicos deben integrarse en el currículo básico para que su formación integral, tanto científica como humanística, esté debidamente compensada. Conociendo los aspectos básicos de ambos campos, los alumnos tendrán la posibilidad de elegir su futuro con expectativas de éxito.

Los conocimientos que sobre las ciencias naturales o experimentales han sido adquiridos por los alumnos en el nivel de Educación Primaria deben ser afianzados y ampliados durante la etapa de Educación Secundaria Obligatoria. Por ello, y después de haber estudiado las Ciencias de la Naturaleza, desde un punto de vista general, en

el primer y segundo cursos de la Educación Secundaria Obligatoria, se han separado, en los cursos de tercero y cuarto de esta etapa, la «Biología y Geología» de la «Física y Química».

Los contenidos que se trabajan en esta asignatura deben estar orientados a la adquisición por el alumnado de las bases propias de la cultura científica, haciendo especial énfasis en la unidad de los fenómenos que estructuran el mundo natural, en las leyes que los rigen y en la expresión matemática de esas leyes, obteniendo con ello una visión racional y global de nuestro entorno con la que se puedan abordar los problemas actuales relacionados con la vida, la salud, el medio ambiente y las aplicaciones tecnológicas.

En el currículo que se plantea en la asignatura Física y Química, en los dos últimos cursos de esta etapa, se ha elaborado una aproximación de conjunto al conocimiento de los fenómenos naturales, integrando conceptos y subrayando las relaciones y conexiones entre los mismos. Se pretende que el alumno descubra la existencia de marcos conceptuales y procedimientos de indagación comunes a los diferentes ámbitos del saber científico.

Los contenidos seleccionados en los dos cursos obedecen a un orden creciente de complejidad y, por tanto, van asociados a la madurez del alumnado al que van destinados. Los procedimientos que se introducen son aspectos del aprendizaje estrechamente relacionados con los conceptos; entre ellos se deben incluir la Tecnología de la Información y la Comunicación y los medios audiovisuales como herramientas de trabajo. También se considera preciso desarrollar el método científico en el estudio de la Física y Química, así como las implicaciones que de él se infieren con la tecnología y sociedad.

Los bloques de contenidos de la asignatura de Física y Química se han distribuido de forma asimétrica entre los dos cursos que lo componen. Así, teniendo en consideración los conocimientos matemáticos que poseen los alumnos, en el tercer curso predominarán los contenidos de Química sobre los de Física y en cuarto, los de Física sobre los de Química, para lograr al final de la etapa un conocimiento compensado y homogéneo de ambas materias.

En particular, en tercero se introduce de manera concreta el método y el trabajo científico. Se estudia la estructura de la materia macro y microscópicamente, como los principales elementos de la reactividad química. Se hace especial hincapié en la considerable repercusión que esta Ciencia tiene en la sociedad actual.

La Física que se estudia en este curso desarrolla conceptos energéticos, especialmente relacionados con la electricidad, por ser sencillos y con múltiples aplicaciones en su entorno.

En el cuarto curso, se ofrecen dos opciones, una A orientada a los alumnos que deseen cursar ciclos formativos o incluso incorporarse al mundo laboral y una B destinada a aquellos alumnos que pretenden seguir estudios de Ingeniería o Licenciaturas de Ciencias.

El objetivo del currículo de la opción A es ofrecer a los alumnos una preparación científica más generalista y cultural, suficiente para desenvolverse de manera adecuada en el mundo del siglo XXI.

En la elaboración de este currículo, se han tenido en cuenta los conceptos fundamentales que conforman la estructura de ambas materias. Este currículo requerirá un desarrollo fundamentalmente experimental, de manera que los alumnos aprendan conceptos básicos de Física y Química a partir de aplicaciones habituales en la vida real. Por este motivo es fundamental que el desarrollo de los contenidos parta desde la perspectiva de una metodología práctica.

En el currículo de la opción B, se engloban en la parte de Física, los conceptos y aplicaciones de fuerzas y movimientos, estudiándose además las energías mecánica, calorífica y ondulatoria. La Química aborda sobre todo los cambios químicos, así como una introducción de los compuestos del carbono.

Los alumnos han de conocer y utilizar algunos métodos habituales en la actividad científica desarrollada en el proceso de investigación, y los profesores, tanto en los planteamientos teóricos como en las actividades prácticas, deberán reforzar los aspectos del método científico correspondientes a cada contenido.

Por último, no hay que olvidar la inclusión, en la medida de lo posible, de todos aquellos aspectos que se relacionan con los grandes temas actuales que la ciencia está abordando, así como la utilización de las metodologías específicas que las Tecnologías de la Información y la Comunicación ponen al servicio de alumnos y profesores, ampliando los horizontes del conocimiento y facilitando su concreción en el aula o laboratorio.

Como objetivos principales cabe destacar:

1. Iniciarse en el conocimiento y aplicación del método científico.
2. Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas sencillas y otros modelos de representación.
3. Interpretar científicamente los principales fenómenos naturales, así como sus posibles aplicaciones tecnológicas, utilizando las leyes y conceptos de la Física y la Química.
4. Conocer la interpretación que la Física y la Química otorgan a muchos de los sucesos de nuestro entorno habitual y la base científica que tienen los aparatos de uso cotidiano.
5. Participar de manera responsable en la planificación y realización de actividades científicas.
6. Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las Tecnologías de la Información y la Comunicación, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas.
7. Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica.

8. Aplicar los conocimientos adquiridos en la Física y Química para disfrutar del medio natural, valorándolo y participando en su conservación y mejora.

9. Entender el conocimiento científico como algo integrado, que se compartimenta en distintas disciplinas que permiten profundizar en los diferentes aspectos de la realidad.

De hecho, en el itinerario A, aparecen como contenidos, las magnitudes y su medida, subrayando la importancia de la medida de masas, volumen, longitud y tiempo.

2. DESARROLLO

¿Pero cómo presentamos a nuestros alumnos, futuros formadores, la Ciencia?

Podemos cometer el error de convertirla en un *dogmatismo opresor* (1), que haga a los alumnos llegar a rechazarla y criticarla, o porqué no, convertirla en la gran desconocida de la mayoría de nuestra sociedad, llegando a relegarla a un segundo plano por detrás de las pseudociencias o las supersticiones.

Las ciencias sociales y de la comunicación, evidencian de manera clara la influencia de los factores sociales en el afloramiento del conocimiento científico, hasta el punto de considerar la existencia de la tecnociencia como consecuencia de la actual indisolubilidad existente entre Ciencia y Tecnología.

Consideremos ahora la Ciencia como una actividad transformadora del mundo; ello supone abordar el concepto de ciencia como *actividad científica*, elaborando el conocimiento científico de manera justificada.

Como apunta Echevarría (2), para comprender esta visión de la Ciencia, ya no basta su vertiente epistemológica, como una justificación lógica del conocimiento, sino que es necesaria introducir un la vertiente axiológica, como conjunto de valores que justifica las acciones humanas.

Con respecto a los contextos de la actividad, cuatro son los ámbitos que se podrán diferenciar claramente: la innovación, la evaluación, la enseñanza y la aplicación. Tanto es así, que será la enseñanza la vertiente a través de la cual las distintas generaciones hacen posible la incorporación de nuevos miembros a cada disciplina.

La actividad científica no sólo es fruto del trabajo de laboratorio, o de la elaboración de artículos científicos, sino que las acciones que harán a una Ciencia posible existir, además de las ya apuntadas, son la respuesta a las necesidades de empresas, talleres así como de las escuelas en las cuales se enseña Ciencia. Así, el conocimiento científico, la experimentación y el lenguaje, interaccionan transformando el mundo (3), y dejando así patente que el estudio de la Ciencia no puede hacerse de manera aislada al de instrumentos y del lenguaje, con lo que ciencia y técnica han de caminar al unísono.

Para abordar la actividad científica desde el contexto educativo, es necesario considerar en todo momento los siguientes aspectos (4):

- Educar científicamente, supone preparara para comprender y realizar la actividad científica. Al ser dicha actividad una actividad de carácter complejo, su enseñanza, por

ende, también ha de serlo. Así, la enseñanza de las ciencias debe tener la meta, el fin y el campo de aplicación adecuados al contexto escolar, debiendo enlazar con los valores de nuestros alumnos y con el objetivo de la escuela.

- La Ciencia, ha pasado a ser un aspecto de la cultura de toda la población, y al no ofrecerse sólo a futuros científicos, requerirá de nuevas estrategias para su aprendizaje y un rediseño.

Dentro de los diferentes modelos propuestos para la enseñanza de las Ciencias, el constructivismo didáctico ha sido germen de un gran número de prácticas de aulas innovadoras y pretende ser referente para un gran número de didactas. El constructivismo didáctico, asumen como meta enseñar a pensar científicamente de manera que los alumnos sean capaces de pensar científicamente pudiendo así introducir cambios, sintiéndose copartícipes del progreso de la sociedad.

La actividad científica, tiene como fin último la construcción del conocimiento científico justificado, que debe además, coincidir con el conocimiento científico normativo de las Ciencias. El hecho enseñar-aprender Ciencias, ha de constituir una actividad que tenga como resultado la construcción de conocimiento científico dinámico, capaz de hacer al alumno artífice del mismo, introduciendo cambios que hagan progresar a la sociedad.

La construcción del conocimiento justificado ha de ser la finalidad de nuestra actividad científica escolar, coincidiendo con el conocimiento científico normativo; así el reto es conseguir que el proceso enseñar-aprender Ciencias constituya una actividad escolar que tenga como resultado la construcción de conocimiento dinámico.

La ciencia escolar puede así aproximarse a lo que es una ciencia “sabia”, que es aquella que se dedica a lo que tiene valor para la vida humana e implica de un problema científico a un problema social, de un interés individual a un interés colectivo, del aislamiento a la cooperación, del pensamiento a la acción del conocimiento enciclopédico a la comprensión, interesándose por el planteamiento de los problemas y no sólo por su la resolución de éstos, por buscar información y no sólo por recibir la misma.

Así, enseñar a razonar tiene un significado diferente en el marco de la nueva Historia y Filosofía de la Ciencia y de la didáctica constructivista del que tenía en el marco de la “concepción heredada” y del aprendizaje transmisivo. Lo importante ahora es generar hechos científicos, utilizando modelos teóricos y fenómenos, con los cuales se puedan intervenir, calcular y hacer predicciones constatables.

Por ello, enseñar a razonar va unido a un estilo de clase en la cual el alumno se vea con la necesidad de reflexionar, a actuar en su proceso de aprendizaje. Para establecer este modelo de clase razonable, debemos considerar los siguientes aspectos de relevancia constatada: la dinámica científica escolar, los objetivos de la clase de ciencias, las teorías y la experimentación en las ciencias escolares, el lenguaje y el razonamiento.

Así, la epistemología escolar sólo actúa a partir del modelo del mundo y del mundo que se plantea en el aula, el cual también ha de ser coherente en sus planteamientos, explicaciones espontáneas de los alumnos, sus valores y prioridades.

3. EJEMPLO ESTUDIADO

El *peso* es la fuerza vertical dirigida hacia el centro de la Tierra que experimentan todos los cuerpos situados en las proximidades de su superficie, fuerza que tiene su origen en la gravedad. Es la *fuerza de atracción gravitatoria* entre el cuerpo y la Tierra. Su magnitud puede calcularse a partir de la ley que rige este tipo de interacciones. Así, representando la masa del cuerpo por m y la masa de la tierra por M_T , la ley de la gravitación se expresa como:

$$P = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2}$$

La distancia r del cuerpo al centro de la Tierra puede considerarse como la suma entre la altura h del cuerpo sobre la superficie y el radio de la Tierra R_T en el lugar correspondiente; es decir, $r = R_T + h$. G es una constante universal, M_T no varía y m es también constante para cada cuerpo, de modo que el peso de un cuerpo dado dependerá sólo de su posición. No será el mismo a nivel del mar que en la cima del Everest, pues la distancia $R_T + h$ al centro de la Tierra variará de un lugar a otro. Por otra parte y debido a que la Tierra no es una esfera perfecta, sino achatada por los polos, su radio R variará con la latitud geográfica.

3.1. Masa inerte y masa gravitatoria

La masa inerte es la magnitud que aparece en la ecuación fundamental de la dinámica, $F = m \cdot a$. Su medida puede efectuarse mediante experimentos dinámicos de forma indirecta, como cociente entre la fuerza que se aplica a un cuerpo medida con un dinamómetro y la aceleración que resulta determinada por procedimientos cinemáticos. Cabe entonces preguntarse por la naturaleza de la masa a la que hace referencia la ley de la gravitación universal y que recibe el nombre de *masa gravitatoria*.

Según la ecuación anterior, en un lugar geográfico determinado en el cual R_T y h toman un valor fijo, este nuevo tipo de masa resulta proporcional al peso en cuestión, razón por la cual puede medirse mediante una balanza de dos brazos.

A pesar de que masa inerte y masa gravitacional tienen su origen en leyes diferentes, existe entre ellas un buen número de analogías; ambas se expresan mediante números; ambas son proporcionales a la cantidad de materia y en un lugar fijo lo son también al peso, siendo, por tanto, proporcionales entre sí. Las modernas teorías físicas, al tratar esta coincidencia aparentemente casual, van más allá de una simple proporcionalidad y establecen su equivalencia. De acuerdo con este principio

simple, pero con un profundo significado físico, es posible entonces medir masas inertes con balanzas y ambas pueden ser representadas mediante el mismo símbolo m .

3.2. Masa y peso

La equivalencia entre masa inerte y masa gravitatoria permite identificar la ecuaciones anteriores. Igualando, por tanto, sus segundos miembros resulta:

$$m \cdot g = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$$

ecuación que dividida por m da la siguiente expresión con el valor de g .

Esta nueva expresión de la *aceleración de la gravedad* le otorga un nuevo significado y explica, además, algunas de sus características. La aceleración g no es igual en todos los puntos de la Tierra, lo cual es debido a su dependencia de R_T .

Tomando como valor medio del radio terrestre $R_T = 6,37 \cdot 10^6$ m y como estimación de su masa $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg, se nos permite calcular el valor de g al nivel del mar ($h = 0$):

$$g = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \approx 9,83 \text{ m/s}^2$$

que coincide, dentro del error experimental, con el valor de g calculado a partir de la observación de movimientos de caída libre.

Esa nueva relación permite, además, hacer predicciones. Así, es posible calcular la aceleración g_L con la que caerá un cuerpo sobre la superficie de la Luna, a partir del valor de su radio $R_L = 1,74 \cdot 10^6$ m y de su masa $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg, empleando una expresión análoga:

$$g_L = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2} \approx 1,62 \text{ m/s}^2$$

que resulta ser aproximadamente la sexta parte de la aceleración terrestre g .

Tomando como valor aproximado de g , $9,8 \text{ m/s}^2$ el cuerpo de 1 kg de masa pesará en la Tierra 9,8 N y, en general, se cumplirá que el peso de un cuerpo expresado en N es igual al valor de su masa en kilogramos multiplicada por 9,8:

$$P(\text{N}) = m(\text{kg}) \cdot 9,8$$

Con cierta frecuencia, se expresa el peso en otra unidad de medida de fuerza distinta del newton, cual es el kilogramo-peso o kilopondio (kp). Esta unidad, que no pertenece al SI, equivale precisamente a 9,8 N. Tal equivalencia hace que un cuerpo de un kilogramo de masa pese un kilogramo peso, es decir 9,8 N; en general, el mismo número que indica la masa de un cuerpo en kg expresa su peso en kp. Esta coincidencia, junto con el hecho de que la masa y el peso sean magnitudes proporcionales, hace que se confundan con facilidad; sin embargo, se trata de

magnitudes diferentes; el peso es una fuerza, la masa no; el peso varía de un lugar a otro, la masa es constante. De igual modo el kilogramo peso y el kilogramo masa son unidades de magnitudes distintas que corresponden a diferentes sistemas de unidades.

4. CONCLUSIONES

Al haber cambiado radicalmente la concepción del aprendizaje científico en nuestra sociedad, siendo éste hoy en día un aspecto de la cultura de toda la población, y no al ofrecerse sólo a futuros científicos, las conclusiones irán inevitablemente gobernadas por dicha realidad.

- El docente debe destacar la funcionalidad de lo que se va aprender al que lo va a hacer. Para ello, el alumno debe conectar los aprendizajes de la aula con los no académicos, planteando tareas que favorezcan dicha conexión.

- Debemos considerar las posibles preconcepciones que existan en nuestros alumnos, como consecuencia del habla popular en el caso particular que nos atañe, favoreciendo el afloramiento de las mismas.

- El docente es el único capaz de propiciar un cambio conceptual, haciendo a los alumnos que se planteen sus ideas, las discutan y las modifique. En otras palabras, que construya su conocimiento de la materia abordada.

- El docente debe diversificar el tipo de actividades a realizar, recapitulando periódicamente, implicando así en el rol del progreso al alumno y en el de orientador al profesor.

- Considerando que el tránsito del aprendizaje perceptivo al conceptual no es automático, debemos facilitar al alumno el aprendizaje mediante la construcción de significados, los cuales suelen ser consistentes con su aprendizaje anterior, haciendo así a los mismos responsables de sus propios aprendizajes.

- El profesor ha de ser no sólo *experto científico*, sino *experto docente*; así aflorarán experiencias de aprendizaje por investigación en la que nuestros alumnos se considerarán como científicos.

- Algunos profesores piensan que las causas de las dificultades existentes en el aprendizaje están siempre en los alumnos, debido a causas como pueden ser la escasa motivación o la falta de conocimientos iniciales. Reconozcamos también que la ambigüedad en la utilización de los conceptos de peso y masa en la vida diaria, también es causante de serios problemas de aprendizaje.

- Como puede observarse en el ejemplo expuesto de Bachillerato, se plantean verdaderos problemas de aprendizaje a los cuales tienen que enfrentarse nuestros alumnos al abordar el estudio de peso y masa, hasta el punto de tener que leer afirmaciones como esta: “...un kilogramo de masa pesa un kilogramo peso”.

REFERENCIAS

1. M. Izquierdo, *Alambique*, 1996, Vol. 8, 7-21.
2. J. Echevarría, *Filosofía de la Ciencia*, Ed. Akal, Madrid (1995).
3. P. Guidoni, *Eur. J. Sci. Ed.*, 1985, Vol. 7, 133-140.

4. M. Izquierdo, *Fundamentos epistemológico*, en F.J. Perales, P. Cañal (coord.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp 37-50, (2000).

**CURSO DE INTRODUCCIÓN EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS.
EXPERIENCIA DEL “QUADRIMESTRE ZERO, Q0”
EN LA ETSEI DE BARCELONA**

*Marc Barracó Serra¹, M^a. Àngels Adrià Casas, Ricard Torres Cámara¹,
Pere Surià Lladó*

Departament de Mecànica de Fluids.

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

¹ Grup de Recerca Interdepartamental per a la Col·laboració

Científica Aplicada (GRICCA)

Avda Diagonal, 647. 08028 Barcelona. barraco@mf.upc.edu

Uno de los aspectos más conflictivos en la enseñanza ocurre en el proceso de acceso a la Universidad, proveniente los alumnos de Centros de enseñanza secundaria. Las formas, metodologías y contenidos de la docencia secundaria y universitaria hacen que se cree un salto en el progreso del estudiante que, a menudo, es traumático. Se ha intentado favorecer la transición mencionada mediante el establecimiento de modalidades propedéuticas. Se analiza la experiencia del “Cuadrimestre zero, Q0” desarrollada en la ETSEIB, con indicación de las valoraciones y perspectivas que se pueden concluir.

1. ANTECEDENTES

Es conocida la tradicional dificultad en el acceso a la Universidad desde la enseñanza secundaria. Las motivaciones que llevan a esta dificultad se pueden centrar en los aspectos siguientes:

- Las enseñanzas impartidas en los Centros de Educación Secundaria son necesariamente de tipo muy general. La única “especialización” que durante mucho tiempo ha existido se ha centrado en la separación entre “Ciencias” y “Letras”. (Cabe indicar que esta separación no ha sido afortunada en su totalidad ya que el desconocimiento de ciertos contenidos de la opción no elegida se han manifestado de interés).

- Posteriormente, y es el caso actual, se ha planteado una mayor especialización. Han aparecido de esta manera el bachillerato científico, el bachillerato tecnológico, etc., con indicación de los posibles caminos a elegir, por el estudiante, en la carrera universitaria. Con todo, la concreción exigida en la Universidad no se consigue.

- La misma autoridad académica, consciente de la mencionada dificultad ha planteado en los planes de estudio diferentes cursos de “adaptación” a las exigencias universitarias. Así pues, y en distintas épocas, han aparecido cursos “preuniversitario” “de orientación universitaria, COU”, “selectivo” (y la versión actualizada de la “fase selectiva”), curso de “iniciación” y los propios cursos de “adaptación” (cuando el acceso no se produce desde los estudios secundarios).

La funcionalidad de estos cursos ha sido doble. Por una parte han servido para seleccionar los estudiantes considerados mejor preparados (los “ingresos”, las “reválidas” y las pruebas de “selectividad” son su materialización). La segunda misión es favorecer el paso a una metodología de trabajo muy distinta.

La programación de estos cursos se ha llegado a convertir en una verdadera carrera de obstáculos para la cual la preparación necesaria se ha llevado a cabo frecuentemente con soporte externo de Centros dedicados a la preparación complementaria de la enseñanza reglada.

La desorientación causada en el estudiante (inmerso en su propia formación humana), el volumen de trabajo y el esfuerzo exigido ha producido a menudo un fracaso escolar importante. No es raro que estudiantes “brillantes” en el bachillerato sufran calificaciones muy bajas en las primeras pruebas universitarias. Caso de no producirse una reacción positiva, puede sucederse una interrupción temporal de estudios, una modificación de las disciplinas deseadas inicialmente, o un abandono absoluto de los estudios universitarios.

Siempre quedará en cuestión si se pueden perder aptitudes, capacidades y vocaciones en este proceso.

2. OBJETIVOS

Con los precedentes indicados y con objeto de optimizar esfuerzos docentes y rendimientos obtenidos evitando en el grado máximo posible las situaciones manifestadas, la “Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)” de la “Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)”, propuso (1) la realización de un curso de introducción que se llamó “Cuadrimestre zero, Q0”

Los objetivos primordiales de este curso deberían ser,

- Familiarizar al estudiante con el funcionamiento y la estructura de la Escuela.
- Reforzar los conocimientos adquiridos previamente en las materias básicas necesarias para superar con éxito los estudios de la fase selectiva.

3. PROYECTO DEL “QUADRIMESTRE ZERO, Q0”

Se estableció para el curso 2001-2002 el curso de introducción “Cuadrimestre zero Q0”(2) enmarcado en el plan de acogida de los estudiantes a la ETSEIB, con finalidad de facilitar el paso de la enseñanza secundaria a la universidad, de las características siguientes:

- Se elabora inicialmente un documento (“Prova de nivell”) (3) en el que se incluyen un conjunto de ejercicios que, disponiendo de tiempo razonable, tendrían que ser resueltos con destreza por los estudiantes que deseen acceder a la “ETSEIB” con intención de superar con éxito la “fase selectiva”

- Si se desean empezar los estudios de Ingeniería Industrial y al realizar el documento de ejercicios se tienen dificultades para llegar a solucionarlos correctamente, se puede solicitar la admisión al “Cuadrimestre zero Q0” si se ha sido asignado a la ETSEIB por parte de la “Oficina de Pre-inscripció Universitària”.

- El Proyecto se desarrolla como prueba-piloto, y como tal es voluntario, para un total de 80 plazas. Se cuenta para la puesta en marcha de este curso con los recursos (créditos) concedidos por la “Universitat”.

- Se considera que siendo una actividad académica, es conveniente contar con la colaboración, a parte de profesores, de becarios de cursos superiores (4º y 5º). En las encuestas de opinión formuladas a los estudiantes, la actuación de los becarios ha merecido una calificación muy elevada que se ha atribuido al buen hacer de estos becarios y a la comodidad que representa la ayuda prestada por un colectivo muy próximo generacionalmente.

- El curso representa un avance de lo que el estudiante se encontrará a lo largo de la carrera, por lo que se ha de desarrollar en ambientes más próximos a la realidad universitaria que a la secundaria.

- La dimensión de grupos, el nivel de exigencia, el hábito y regularidad en el trabajo son, probablemente los aspectos más decisivos de la prueba, dando por sentados los puntos de capacidad de abstracción y motivación.

- Las materias impartidas distribuidas en cuatro grupos se describen como (2) Matemáticas (7 horas/semana), Física (5 horas/semana), Química (5 horas/semana) y Materias de soporte a la Ingeniería - Informática y Dibujo técnico (5 horas/semana).

El temario objeto del curso se compone de:

- Matemáticas:

- 1 - Geometría del plano y del espacio
- 2 - Trigonometría plana
- 3 - Polinomios y fracciones racionales
- 4 - Álgebra lineal
- 5 - Números racionales y reales
- 6 - Funciones
- 7 - Límites y continuidad
- 8 - Derivación
- 9 - Integración

- Física:

- 1 - Magnitudes y unidades (Mecánica)
- 2 - Magnitudes vectoriales
- 3 - Cinemática
- 4 - Dinámica del punto I : Leyes de Newton
- 5 - Dinámica del punto II: Trabajo y energía (Termodinámica)
- 6 - Conceptos básicos
- 7 - Primer principio
- 8 - Segundo principio

- Química:

- 1 - Estructura de la materia
- 2 - Química orgánica
- 3 - Cálculos estequiométricos

4 - Energía de las reacciones químicas

5 - Equilibrio químico

6 - Reacciones químicas

• Dibujo Técnico:

1 - Prestaciones de un programa de CAD 3D

2 - Aplicación del CAD 2D a la Geometría plana (elementos, tangencias y enlaces, triángulos, cónicas).

3 - Aplicación del CAD 2D a la Geometría descriptiva (introducción, verdaderas magnitudes axonometrías)

• Informática:

1 - Introducción y conceptos básicos

2 - Software básico

3 - Sistema operativo Windows

4 - Ejemplos de aplicación

5 - Hoja de cálculo

6 - Programas de cálculo simbólico

7 - Internet

- El sistema de evaluación contempla la realización de un examen final, al final del cuatrimestre, y un examen parcial, a medio cuatrimestre. Los exámenes final y parcial -que no elimina materia y es recuperable al final- consistirán en la resolución de ejercicios teóricos y prácticos, así como ocasionalmente cuestionarios tipo test). Se valorarán de manera continuada los ejercicios propuestos y realizados a lo largo del curso.

El organigrama de evaluación se resume como sigue,

Matemáticas: $NF = 0,20 \cdot EP + 0,10 \cdot EC + 0,70 \cdot EF$

Física: $NF = 0,05 \cdot EP + 0,10 \cdot EC + 0,85 \cdot EF$

Química: $NF = 0,10 \cdot EP + 0,20 \cdot EC + 0,10 \cdot TP + 0,60 \cdot EF$

Informática: $NF = 0,40 \cdot Ej + 0,60 \cdot EF$

Dibujo técnico: $NF = 0,40 \cdot Ej + 0,60 \cdot EF$

(NF, calificación final; EP, examen parcial; EC, evaluación continuada; EF, examen final; TP, trabajos prácticos; Ej, ejercicios)

- La evaluación de la globalidad del curso de introducción se efectúa mediante el valor de la media ponderada de todas las notas según:

$$N = [(7 \cdot N (\text{Matemáticas}) + 5 \cdot N (\text{Física}) + 5 \cdot N (\text{Química}) + 2,5 \cdot N (\text{Informática}) + 2,5 \cdot N (\text{Dibujo técnico})] / 22$$

Se establece que si $N \geq 4,5$, habiendo asistido a una sesión de formación previa, el curso de introducción se ha superado. Valores de N comprendidos entre 4 y 4,5 son objeto de análisis específico.

Estructurada la carga docente en cuatrimestres, un estudiante podrá empezar el primer cuatrimestre de la fase selectiva inmediatamente después de haber cursado el "Cuatrimestre zero Q0".

Al final del cuatrimestre de introducción se hará una evaluación de este que no afectará al paso a primer curso de carrera.

Si la evaluación del “Q0” resulta Apta (la calificación es Apto o No apto), se reconocen al estudiante hasta 15 créditos de libre elección.

4. REALIZACIÓN DEL PROYECTO (PRIMEROS RESULTADOS)

Inicialmente se analizan (4) las notas de acceso para el curso 2000-2001 para los estudiantes que han asistido al curso de Introducción (estudiantes “Q0” como las de los que no lo han cursado (alumnos “No Q0”)

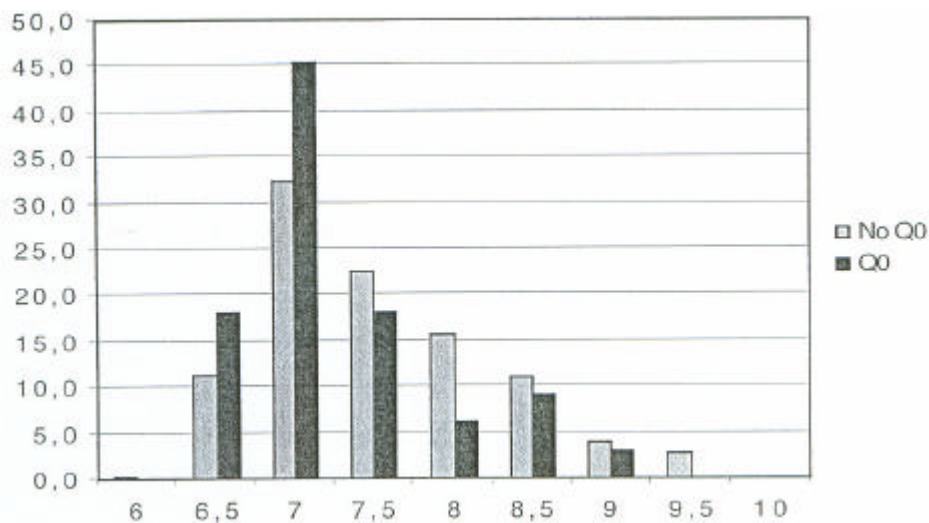


Figura 1. Distribución de notas de acceso al curso 2000-2001.

La distribución señalada en la Figura 1 presenta los siguientes parámetros estadísticos:

Tabla 1. Parámetros estadísticos de las notas de acceso de los estudiantes, “Q0” y “No Q0”

Estudiantes	Mediana	Desviación típica
“Q0”	7,25	0,62
“No Q0”	7,53	0,74

Estas distribuciones ponen de manifiesto un ligero sesgo de la población de estudiantes “Q0” que no parece justificar resultados académicos notablemente diferentes entre ambas poblaciones

Respecto a los resultados propiamente dichos, y sin entrar en detalles, se han expresado en la tabla que sigue (para el curso 2000-2001), Q0, las notas obtenidas por los estudiantes (“Q0”) en el curso de Introducción “Q0”, Q1, las notas obtenidas por los estudiantes (“Q0”) en el cuatrimestre Q1.

Tabla 2. *Calificaciones de los cuatrimestres Q0 i Q1 (para los estudiantes que han cursado “Q0” y los que no lo han hecho (“No Q0”).*

	Asignatura	Nota media	% Aprobados (estudiantes “Q0”)	% Aprobados (estudiantes “No Q0”)
Q0	Matemáticas	4,2		
	Física	5,1		
	Química	5,7		
	Dibujo	5,3		
	Informática	6,3		
Q1	Álgebra	2,5	24	19
	Cálculo I	1,1	6	11
	Mecánica	3,5	30	48
	Química I	4,7	45	44
	Informática	3,7	45	32

A modo de resultados se ha de destacar la correlación negativa en el “Q0” y notas medianas muy bajas en Q1. En algunos casos se llega al abandono de la carrera.

El porcentaje de aprobados en materias de Q1 no pone de manifiesto ninguna mejora notable para los estudiantes que han cursado “Q0”.

De particular preocupación las cifras correspondientes a Álgebra y Cálculo que hacen reflexionar sobre el hecho de que haber cursado especialmente Q0 no haya producido un efecto mejorador del paso de Educación Secundaria a la Universidad.

5. CONCLUSIONES GENERALES

Una vez realizado el curso de Introducción se pueden concretar las conclusiones que siguen y que se plantean como metodología futura de actuación (1).

El sentimiento general es que el curso de Introducción “Q0” no ha dado los resultados que cabría esperar en cuanto al número de estudiantes que han optado a realizarlo y que se manifiesta como muy reducido.

Es cierto que se ha elaborado previamente un cartel y una carta que se ha enviado a todos los Centros de Educación Secundaria, para dar a conocer el curso, pero parece ser insuficiente.

Se realiza además una encuesta (5) dirigida a los estudiantes de primer curso de Ingeniería Industrial que se han matriculado por primera vez en este curso. Se plantea el

grado de conocimiento del curso, los canales de información del mismo así como las posibles ventajas de cursarlo.

Se concluye que una de las causas de la poca demanda puede ser atribuible a la falta de difusión suficiente. La información facilitada en los “Punts d’Informació” y en la “Secretaria” no parece ser suficiente. La matrícula en todo caso es difícil.

Se pone de manifiesto la buena predisposición de profesores y becarios y una valoración de la labor desarrollada excelente.

Se solicita que la ETSEIB acredite a los becarios mediante la expedición de un certificado de su participación en el curso.

Por otro lado, la opinión mayoritaria revela la conveniencia y utilidad del curso. En efecto, representa un avance de lo que el estudiante se encontrará en la carrera. Los aspectos de nivel de exigencia, dimensión de grupos, control del aprovechamiento, hábito y regularidad de trabajo son los puntos más importantes a trabajar, sin olvidar la vocación-motivación, la capacidad de abstracción y la asunción de los criterios técnicos de decisión

Una buena parte del profesorado manifiesta la sensación de provisionalidad del “Curs”. Detectan poco soporte logístico e institucional e insuficiencia de los recursos dedicados (por ejemplo la contratación de becarios se hace con poco tiempo para la preparación de material docente).

Algunos estudiantes presentan actitudes poco respetuosas con el colectivo (falta de puntualidad, realización de trabajos sin presteza ni pulcritud, no prestación de la atención adecuada, etc., son características, a veces presentes en los estudiantes, susceptibles de mejora).

6. ÚLTIMAS CONSIDERACIONES

De la realización de del “Cuadrimestre 0” y con los dos objetivos planteados al principio, se extraen algunas consecuencias, a saber:

- El familiarizar al estudiante con el funcionamiento y estructura de la Universidad, y concretamente de la ETSEIB, es un cometido que se ha conseguido parcialmente, si bien resulta difícil plasmarlo en cifras en un informe.

- El reforzamiento de los conocimientos previos de las materias básicas para superar con éxito la fase selectiva, no parece haber sido obtenido. Por ello, y conscientes de la validez de la idea, se han propuesto diversas opciones motivo de estudio actual:

a.- Continuar con el Curso Introductorio pero proponiendo el desarrollo de los temarios de la “Fase selectiva”.

b.- Efectuar cursos (cursillos), intensivos y al mismo tiempo que Q1. La valoración y la implementación de la nota en el historial académico del estudiante representaría una motivación complementaria

c.- Ofrecer talleres, seminarios o tutorías con condición de matrícula y estructura parecida a los cursillos del punto anterior. En estos talleres se podrían trabajar los aspectos más fundamentales de los objetivos iniciales como, el hábito del trabajo

continuado, la capacidad de pensar en un problema -en la forma como en la vida profesional se tendrá que actuar-, el hábito de consulta en caso de duda cuando se ha abordado una cuestión, etc.

Los nuevos enfoques de la enseñanza a nivel europeo han de modificar necesariamente la perspectiva enunciada, pero no desfigurará su fundamento y su trascendencia.

REFERENCIAS

1. S. Cardona.-ETSEIB, “*Proposta d’activitats acadèmiques en el marc del Pla d’Acollida de l’ETSEIB als estudiants procedents de secundària*”. Barcelona (2002).
2. ETSEIB, “*Quadrimestre zero Q0*” (“*Full informatiu curs 2000-2001*”), Barcelona (2001).
3. ETSEIB, “*Prova de nivell. Curs 2000-2001*”, Barcelona (2000).
4. ETSEIB, “*Curs d’introducció als estudis d’Enginyer Industrial. El quadrimestre zero Q0*”, Barcelona (2001).
5. ETSEIB, “*Enquesta dirigida als estudiants de primer d’Enginyeria Industrial que s’han matriculat per primera vegada aquest curs*”, Barcelona (2001).

PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS DE LA REALIDAD COTIDIANA

Gabriel Pinto Cañón

E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid

José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid

gabriel.pinto@upm.es

Se describen algunos ejemplos de cálculos estequiométricos basados en la realidad cotidiana. Estos ejemplos pueden ser de utilidad para docentes de Química de Bachillerato y primeros cursos universitarios que utilicen, por ejemplo, la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP). Si bien la estequiometría es uno de los aspectos fundamentales para el estudio de las reacciones químicas, los alumnos suelen realizar ejercicios repetitivos, planteados sobre sustancias que les son ajenas. Se pretende que, al utilizar problemas con sustancias que les son bien conocidas, sientan una mayor motivación para su resolución.

1. EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un entorno didáctico centrado en el alumno, en el que los problemas guían el proceso de aprendizaje (1). 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 para promover habilidades de resolución de problemas y que, además, favorece el pensamiento crítico y el aprendizaje cooperativo, a través de la resolución de problemas reales, normalmente interdisciplinares o, al menos, integradores.

La esencia del ABP, que se plantea cada vez más como una alternativa para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química (2), es que sea el alumno quien resuelva los problemas y los entienda por sí mismo. 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 aspectos (3): aumenta la motivación, ofrece respuesta a ¿para qué sirve estudiar esto?, promueve el pensamiento de orden superior, alienta la necesidad de aprender a aprender y promueve la metacognición.

La metacognición es el conocimiento de los propios procesos cognoscitivos, de los resultados de esos procesos y de cualquier aspecto que se relacione con ellos, implicando el aprendizaje de las propiedades relevantes de la información (4). En otras palabras, es la capacidad que tenemos de autorregular el propio aprendizaje, es decir de planificar qué estrategias se han de utilizar en cada situación, aplicarlas, controlar el proceso, evaluarlo para detectar posibles fallos y, como consecuencia, transferir todo ello a una nueva actuación.

Normalmente con la metodología ABP 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, existen muchas formas de ABP. Precisamente los recursos expuestos en este texto presentan matices diferentes a los señalados.

Existe un buen número de problemas de la vida real susceptibles de resolverse en los cursos de Química de Bachillerato y primer curso universitario. 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 tienen que emplear o que no entienden. De esta forma se fomenta su motivación hacia el aprendizaje de la materia (5).

2. PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRÍA

La propia denominación de estequiometría causa cierto desconcierto en los alumnos, dado que es un término extraño para ellos. Su origen etimológico se encuentra (6) en el griego *stoicheion*, letra o elemento (principio) básico constitutivo y *metrón*, medida.

La estequiometría es el estudio de las cantidades de reactivos y productos que intervienen en las reacciones químicas (7). Los primeros problemas estequiométricos, al menos como cuestiones másicas sencillas, aparecen en los libros de texto en el entorno de 1870 (8).

En la mayoría de los problemas estequiométricos se dan como datos las cantidades de reactivos y se buscan las cantidades de los productos. Para resolver este tipo de problemas, los alumnos deben conocer conceptos como ecuaciones químicas, nomenclatura, mol, peso atómico, peso molecular, ajuste de reacciones químicas, reactivo limitante, composición porcentual, fórmula empírica y molecular, densidad, formas de expresión de concentraciones, y relación entre masa y volumen de gases, entre otros.

Los cálculos estequiométricos son uno de los aspectos fundamentales para el estudio de las reacciones químicas. Es frecuente que a los alumnos se les proponga resolver ejercicios, al respecto, con sustancias que les son ajenas. Esto conlleva, en diversas situaciones, al desánimo, que es especialmente importante por el hecho de que es un tema, como la formulación, que se suele tratar al principio de los cursos.

Existe un esfuerzo por parte de los autores de libros educativos de Química por incluir problemas con aspectos cotidianos. Por ejemplo, en el texto de Brown y col. (7) se plantean problemas estequiométricos sobre pastillas efervescentes, aspirina, o formación de nitrógeno en el airbag de los automóviles, entre otros aspectos.

En este trabajo se proponen problemas de estequiometría relacionados con sustancias bien conocidas por los alumnos. En algunos casos, el problema es abierto, de forma que los alumnos deben encontrar los datos en etiquetas de productos comerciales, en información suministrada en Internet u otras fuentes. De esta forma, cada alumno puede tener que resolver un problema análogo al de otro compañero, pero con datos (y con ello resultados) diferentes.

3. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE COMPUESTOS INORGÁNICOS DE MEDICAMENTOS

Una de las fuentes de información que se pueden utilizar para desarrollar actividades del tipo de las aquí expuestas, es el Vademécum de especialidades farmacéuticas, muy utilizado por los profesionales sanitarios para prescribir medicamentos.

Problema 1. El prospecto de un medicamento indica, en una versión A, que cada comprimido contiene 256,30 mg de sulfato ferroso sesquihidratado, equivalente a 80 mg de hierro. En otra versión B de ese mismo medicamento, se indica que el contenido de dicha sal por comprimido es de 270 mg, también equivalente a 80 mg de hierro. Razonar cuál de los dos prospectos indica la equivalencia correcta.

Resultado 1. El sulfato ferroso sesquihidratado responde a la fórmula $\text{FeSO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$. Sesqui es un prefijo que indica una unidad y media. Por ejemplo, el año 2002 se celebró el sesquicentenario (150 años) del título de Ingeniero Industrial en España. Por consideraciones estequiométricas, 256,30 g (versión A) de esa sal equivalen a los siguientes mg de hierro:

$$\frac{0,25630 \text{ g sal}}{178,93 \text{ g/mol sal}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol sal}} \times \frac{55,85 \text{ g}}{\text{mol Fe}} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 80,00 \text{ mg Fe}$$

Procediendo de forma similar para los 270 mg de sal (versión B), se obtiene que equivalen a 84,3 mg de hierro. Por lo tanto, la versión A del prospecto es la correcta. Éste es un caso real que sucedió en España, donde un Laboratorio incluyó durante unos años la versión B, hasta que se corrigió. En todo caso, la diferencia de valores no era elevada.

Problema 2. El prospecto de un medicamento indica que cada comprimido contiene 525 mg de sulfato ferroso, equivalente a 105 mg de hierro elemento. Suponiendo que el sulfato ferroso tiene cierto grado de hidratación, determinar la fórmula de la sal correspondiente.

Resultado 2. Sabiendo que la sal es del tipo $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, se tiene:

$$\frac{525 \cdot 10^{-3} \text{ g sal}}{(151,91 + n \cdot 18,02) \text{ g mol}^{-1} \text{ sal}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol sal}} \times \frac{55,85 \text{ g}}{\text{mol Fe}} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 105 \text{ mg Fe}$$

Despejando con cuidado, se obtiene $n = 7,07$. Por lo tanto, se trata del sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

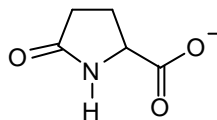
Estos dos ejercicios (9,10) pueden servir como oportunidad para introducir conceptos como formulación, hidratación de sales, composición de medicamentos, importancia del hierro en el organismo, entre otros.

Problema 3. En los prospectos de varios medicamentos se informa que una cantidad de diversos compuestos (por comprimido, sobre o cucharada) equivale a cierta cantidad de calcio, según se indica entre paréntesis:

- Medicamento A: 1250 mg carbonato cálcico (500 mg Ca).
- Medicamento B: 1260 mg carbonato cálcico (500 mg Ca).
- Medicamento C: 1500 mg carbonato cálcico (600 mg Ca).
- Medicamento D: 2500 mg carbonato cálcico (1000 mg ó 25 mmol Ca).
- Medicamento E: 3,30 mg fosfato cálcico (1,2 g Ca).
- Medicamento F: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 1671 mg de fosfato cálcico (100 mg Ca).
- Medicamento G: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 2088 mg de fosfato cálcico (125 mg Ca).
- Medicamento H: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 3088 mg de fosfato cálcico (180 mg Ca).
- Medicamento I: 3750 mg pidolato cálcico (500 mg Ca).

Verificar las citadas equivalencias.

Resultado 3. Para resolver este problema es necesario formular los diversos compuestos, calcular los pesos moleculares correspondientes y establecer los cálculos estequiométricos adecuados. En cuanto a formulación, la más compleja es la correspondiente al medicamento I, porque debe conocerse que el anión pidolato (2-pirrolidona-5-carboxilato) es:



Así, el peso molecular del pidolato cálcico, $\text{Ca}(\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_3\text{N})_2$, es 296,3 g/mol

En el medicamento A, el cálculo estequiométrico implica:

$$\frac{1,250 \text{ g CaCO}_3}{100,1 \text{ g/mol CaCO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol Ca}}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{40,08 \cdot 10^3 \text{ mg Ca}}{\text{mol Ca}} = 500,5 \text{ mg Ca}$$

Los valores de equivalencia en Ca obtenidos para el resto de los medicamentos, por razonamientos análogos, son: B (505 mg), C (601 mg), D (1001 mg ó 25 mmol), E (1,28 g), F (97 mg), G (122 mg), H (180 mg) e I (508 mg). Como cabía esperar, son próximos a los indicados por el fabricante, si bien en algunos casos hay variaciones significativas, que oscilan entre -3% y +7%.

Problema 4. En la información sobre un medicamento se indica que contiene 800 mg de fosfato cálcico, 200 mg de carbonato cálcico y 5 mg de fluoruro cálcico por

comprimido. También se indica que estas cantidades equivalen a 393 mg de calcio elemento y 2,43 mg de flúor elemento. Se pide verificar esas equivalencias.

Resultado 4. Los cálculos estequiométricos son:

$$\frac{0,800 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{310,3 \text{ g/mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} \cdot \frac{3 \text{ mol Ca}}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} \cdot \frac{40,08 \cdot 10^3 \text{ mg Ca}}{\text{mol Ca}} = 310,0 \text{ mg Ca}$$

$$\frac{0,200 \text{ g CaCO}_3}{100,1 \text{ g/mol CaCO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol Ca}}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{40,08 \cdot 10^3 \text{ mg Ca}}{\text{mol Ca}} = 80,1 \text{ mg Ca}$$

$$\frac{0,005 \text{ g CaF}_2}{78,1 \text{ g/mol CaF}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol Ca}}{1 \text{ mol CaF}_2} \cdot \frac{40,08 \cdot 10^3 \text{ mg Ca}}{\text{mol Ca}} = 2,6 \text{ mg Ca}$$

El cálculo de contenido en calcio (392,7 mg Ca) coincide con el valor indicado por el fabricante. El CaF₂ es equivalente también al valor indicado:

$$\frac{0,005 \text{ g CaF}_2}{78,1 \text{ g/mol CaF}_2} \cdot \frac{2 \text{ mol F}}{1 \text{ mol CaF}_2} \cdot \frac{19,00 \cdot 10^3 \text{ mg F}}{\text{mol F}} = 2,43 \text{ mg F}$$

Problema 5. Según el prospecto de un medicamento, recomendado para estados carenciales de vitaminas y sales minerales, cada comprimido contiene, entre otras sustancias, 90 mg de calcio como fosfato cálcico y 70 mg de fósforo, también como fosfato cálcico. A partir de estos datos, comprobar que el “fosfato cálcico” que se indica no responde a la fórmula Ca₃(PO₄)₂. A veces, en farmacología, se emplea el término “fosfato tricálcico” para este compuesto, mientras que se reserva el término “fosfato cálcico” a una sal ácida de fosfato. Si fuera así, determinar de qué sal se trataría.

Resultado 5. Con los datos aportados, la relación, en moles, de Ca:P resulta ser 1:1, con lo que no se trata del Ca₃(PO₄)₂ sino de la sal Ca(HPO₄).

Problema 6. La composición de cada comprimido efervescente de un medicamento, indicado para el tratamiento de la osteoporosis, muestra que, entre otros componentes, contiene 2,94 g de lactatogluconato de calcio y 0,30 g de carbonato cálcico, que equivalen a 380 mg de calcio elemento. Se pide verificar esta equivalencia.

Resultado 6. El lactatogluconato de calcio (término usado en farmacología) presenta una estequiometría de tres moles de lactato cálcico por cada dos moles de gluconato cálcico monohidrato. La fórmula molecular del lactato cálcico es Ca(CH₃-CHOH-COO)₂ y la del gluconato cálcico monohidrato es Ca(HOCH₂-(CHOH)₄-COO)₂ · H₂O, por lo que la fórmula del lactatogluconato cálcico es C₄₂H₇₄O₄₆Ca₅ · 2 H₂O (teniendo un peso molecular de 1551,49 g/mol) . Con lo que 2,94 de este compuesto equivalen a:

$$\frac{2,94 \text{ g lactatogluconato Ca}}{1551,49 \text{ g/mol lactatogluconato Ca}} \cdot \frac{5 \text{ mol Ca}}{\text{mol}} \cdot \frac{40,08 \text{ g}}{\text{mol Ca}} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{\text{g}} = 3808 \text{ mg Ca}$$

Teniendo en cuenta que 0,30 g de CaCO₃ equivalen a 120 mg de Ca, se obtiene que la equivalencia en calcio total, por cada comprimido es (como el valor indicado) 500 mg.

El calcio es el quinto elemento más abundante en el cuerpo humano. Aunque la mayor parte es constituyente de la masa ósea, también juega importantes funciones fisiológicas. Con los compuestos de calcio estudiados se puede pedir a los alumnos que discutan sobre cuestiones como: formulación, sales orgánicas, hidratación de sales, funciones fisiológicas de los elementos, principios activos y excipientes de medicamentos, isomería y resonancia, entre otros (11).

4. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS EN FERTILIZANTES

Como introducción al problema, se puede informar a los alumnos sobre la importancia de los fertilizantes. Las plantas requieren diversos nutrientes para su crecimiento: toman C, H y O del aire y del agua, y absorben N, K, Mg, Ca, P y S del suelo. Estos últimos seis elementos se usan en cantidades relativamente altas por las plantas (suponen más de 1000 ppm). Otros ocho elementos (B, Fe, Zn, Mo, Mn, Cu, Co y Cl) se absorben del suelo, pero en menor cantidad, y se denominan micronutrientes.

Problema 7. En una bolsa de plástico encontrada en el campo figuraban los siguientes datos: Sodium Tetraborate Pentahydrate, Na₂B₄O₇ · 5H₂O, CAS No. 12179-04-3, EC No. 215-540-4, • EC Fertilizer, • 15.2% boron (B) soluble in water • Sodium borate for fertiliser applications, • Only to be used where there is a recognized need • Do not exceed a maximum dose rate of 4 kg boron (26 kg *Fertilizer*) per hectare per year. De acuerdo con consideraciones estequiométricas determinar, usando dos decimales para los pesos atómicos, si la equivalencia indicada para el boro es correcta.

Respuesta 7. El peso molecular del tetraborato sódico pentahidratado es 291,32 g/mol. El equivalente estequiométrico de boro se obtiene de la expresión:

$$\frac{100 \text{ g Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}}{291,32 \text{ g mol}^{-1} \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}} \times \frac{4 \text{ mol B}}{1 \text{ mol Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}} \times \frac{10,81 \text{ g}}{\text{mol B}} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 14,84 \% \text{ B}$$

El porcentaje obtenido (14,84%) es ligeramente inferior al ofrecido en la información. Si se repite el cálculo considerando los pesos atómicos redondeados a un decimal, se obtiene un valor de 15,1%. Además, si se considera la otra relación indicada (4 kg B por 26 kg de fertilizante) el porcentaje de boro es mayor (15,4%). Estos resultados pueden ser de utilidad para discutir con los alumnos sobre el redondeo en cálculos químicos y otros aspectos (12).

5. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE LA COMPOSICIÓN DE AGUAS MINERALES.

Problema 8. Observando la información suministrada en una botella o en Internet, sobre la composición química de un agua mineral, y de acuerdo a consideraciones estequiométricas, determinar si el valor de residuo seco (o sólidos totales disueltos) está de acuerdo con la composición química indicada. Se tiene que considerar que el bicarbonato sódico se descompone en dióxido de carbono y anión carbonato a temperatura elevada. Además, calcular la cantidad total de cargas positivas y negativas y discutir el resultado.

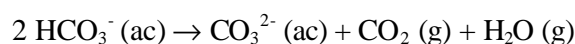
Resultado 8. El residuo seco es el que queda cuando un litro de agua se evapora a 180°C. La composición típica de un agua mineral se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Composición química del agua mineral Fuensanta, tomada como ejemplo.*

<u>Componentes</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Contenido (mg/L)*</u>	<u>Contenido (mmol/L)</u>
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	222.2	3.641
Cloruro	Cl ⁻	9.3	0.262
Sulfato	SO ₄ ²⁻	56.5	0.588
Calcio	Ca ²⁺	71.3	1.779
Magnesio	Mg ²⁺	10.9	0.448
Potasio	K ⁺	4.4	0.113
Sodio	Na ⁺	15.9	0.692
Sílice	SiO ₂	33.3	0.554
Residuo seco	-	314	-

* Datos suministrados por el fabricante.

Considerando los pesos atómicos, se obtiene la composición, en mmol/L, que se muestra en la Tabla 1. Cuando el agua se calienta a 180°C se produce el proceso:



Esta reacción supone una pérdida de CO₂ (g) y H₂O (g) de 112,9 mg/L en el ejemplo elegido. De esta forma, el residuo seco debería ser, tomado como suma de iones (menos los 112,9 mg/L debidos a la descomposición de HCO₃⁻) y sílice, la cantidad de 310,9 mg/L. Este valor es algo menor que el dado por el fabricante (314 mg/L). Se debe probablemente a la presencia de sustancias minoritarias cuya composición no se da en la etiqueta.

La suma total de cargas negativas resulta 5,079 meq/L y la suma total de cargas positivas es 5,259 meq/L. La disolución debe ser eléctricamente neutra, pero hay un

ligero exceso (3,5%) de cargas positivas, debido probablemente a otros componentes minoritarios y a la incertidumbre de las medidas analíticas.

Este ejemplo (12) puede servir para introducir aspectos como dureza de aguas, caracterización de bebidas, análisis químico, y redondeo de cálculos, entre otros. La actividad podría ampliarse midiendo en el laboratorio alguna de las concentraciones de iones o el residuo seco.

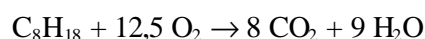
6. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE EL CO₂ EMITIDO POR LOS AUTOMÓVILES.

En la Unión Europea existe un objetivo de reducir las emisiones de CO₂ de los automóviles hasta 120 g/km en el año 2010. Están previstos distintos sistemas de información al consumidor, entre los que destaca la consideración de que cualquier material de promoción de los vehículos deberá incluir las cifras del consumo de combustible. En este sentido, desde hace unos años, en los anuncios de prensa de los diversos modelos de automóviles, se incluye su consumo de gasolina (en L/100 km) y emisión de CO₂ (en g/km). Este es un tema que, a priori, es motivador para un buen número de alumnos, porque les atrae el “mundo del motor” o porque les interesan los temas medioambientales (como el efecto invernadero).

Problema 9. A partir de los datos de consumo de gasolina y emisión de CO₂ que se encuentren en un periódico o revista, para diversos modelos de automóviles, representar los valores de emisión de CO₂ (en g/km) en función del consumo de gasolina (en L cada 100 km) e interpretar la gráfica obtenida por consideraciones estequiométricas.

Resultado 9. A partir de 27 datos que se pudieron obtener al respecto en anuncios publicados en periódicos españoles, en Diciembre de 2004, se tiene la representación recogida en la Figura 1.

Como puede apreciarse, los datos siguen una variación lineal. Considerando que la gasolina está formada esencialmente por octanos, la reacción principal del motor es:



Considerando además que la gasolina tiene una densidad aproximada de 0,702 kg/L, la emisión de CO₂ ha de ser:

$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 &= \frac{\text{Consumo octano (L cada 100 km)}}{100 \text{ km}} \cdot 0,702 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ kmol octano}}{114,22 \text{ kg}} \cdot \frac{8 \text{ kmol CO}_2}{\text{kmol octano}} \\ &\cdot \frac{44,01 \text{ kg}}{\text{kmol CO}_2} \cdot 10^3 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kg}} = [21,64 \text{ g CO}_2 / \text{km} \cdot \text{L}] \cdot \text{Consumo octano (L cada 100 km)} \end{aligned}$$

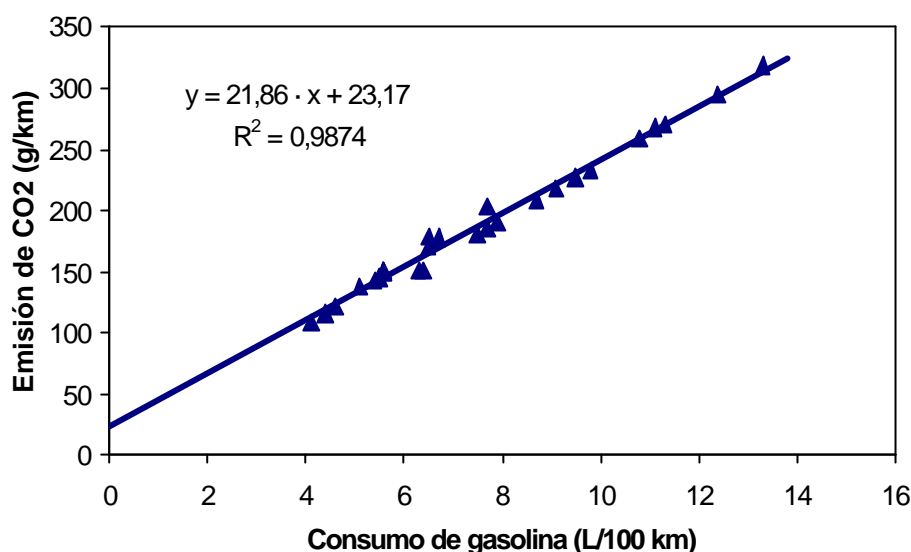


Figura 1. Emisión de CO_2 en función del consumo de gasolina de diversos automóviles.

Este valor coincide aceptablemente con el valor experimental de la pendiente de la recta de regresión (21,86 g CO_2 / km·L). El hecho de que la ordenada en el origen de la gráfica no sea cero se sugiere para la meditación del lector.

Este problema puede servir para introducir cuestiones como el efecto invernadero, el protocolo de Kioto, cambio climático, desarrollo de motores híbridos (impulsados por gasolina y electricidad), y representaciones gráficas de datos, entre otras.

7. CONCLUSIONES

Los casos discutidos y otros análogos (13) constituyen ejemplos que el autor ha desarrollado y utilizado en su práctica docente para favorecer la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje de cálculos estequiométricos y otras cuestiones. Tanto la percepción en la actividad docente como la valoración de los alumnos mediante encuestas específicas (14), muestran que son útiles, para un buen número de alumnos, para la asimilación de conceptos. Incluso para el profesor, la búsqueda de nuevos problemas que puedan resultar de cierto interés para sus alumnos supone un reto que fomenta su propia motivación como docente.

REFERENCIAS

1. P. Ram, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 8.
2. I. Demaría, M. Trapé, S. Bellú, M. Rizzotto, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2003-2004**, Vol. 17, 1-6.
3. J.A. Molina Ortiz, A. García González, A. Pedraz Marcos, M.V. Antón Nardiz, *Rev.*

- Red Estatal Doc. Univ.*, **2003**, Vol. 3 (2), 79-85.
4. J.H. Flavell, *Cognitive monitoring*, en W.P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills*, Academic Press, New York (1981).
 5. G. Pinto, A. Chávez, L. Yunqi, J. Xu, *Anales RSEQ*, 2005, en prensa.
 6. *The American Heritage Dictionary of the English Language*, 4ª Ed., Houghton Mifflin, Boston (2000).
 7. T.L. Brown, H.E. LeMay, B.E. Bursten, J.R. Burdge, *Química, la Ciencia Central*, 9ª Ed., Pearson, México (2004).
 8. W.B. Jensen, *J. Chem. Educ.*, **2003**, Vol. 80, 1248.
 9. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2001**, Vol. 38, 150.
 10. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2003**, Vol. 40, 11.
 11. G. Pinto, *J. Chem. Educ.*, **2005**, en prensa.
 12. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2005**, en prensa.
 13. G. Pinto, B. Rohrig, *J. Chem. Educ.*, **2003**, Vol. 80, 41-44.
 14. G. Pinto, *Anales RSEQ*, **2004**, Vol. 100 (2), 37-43.

PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Águeda Benito Capa, Adelaida Portela Lozano, Rosa M^a Rodríguez Jiménez
Universidad Europea de Madrid, Tajo s/n, Villaviciosa de Odón
28670 Madrid (european.physics@uem.es)

Los principios del Espacio Europeo de Educación Superior, EEES, suponen un reto para el sistema universitario español. La idea de adaptar las enseñanzas a las verdaderas necesidades de la sociedad, de formar a los estudiantes no sólo desde un punto de vista técnico, sino de una forma integral, supone un enfoque muy diferente al que se ha venido considerando tradicionalmente. En el presente trabajo, se pretendió determinar el perfil básico del profesor europeo de Física universitaria y los aspectos más relevantes de su enseñanza. A partir de esta descripción, se han elaborado un conjunto de propuestas orientadas a optimizar las posibilidades que ofrece la Enseñanza de la Física universitaria para asumir los objetivos establecidos en el proceso de creación del nuevo EEES.

1. ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EEES) Y ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

En 1999 los ministros de educación europeos, en su interés por promover el desarrollo económico, el progreso y el bienestar social europeo, elaboraron en Bolonia una declaración conjunta, orientada a la adopción de un sistema comparable de títulos y a la promoción de la dimensión europea en la educación superior. Posteriormente tuvieron lugar las Conferencias de Praga, Berlín y Bergen, en 2001, 2003 y 2005, respectivamente. En cada una de ellas, los ministros revisaron los avances logrados y concretaron las prioridades del proceso de creación del Espacio Europeo de Educación Superior.

En este sentido, uno de los mayores impulsos para el actual proceso de reforma ha venido proporcionado por el proyecto *Tuning* (Tuning, 2003), financiado por la UE en el marco del programa Sócrates, y en el que se ha podido contar con la participación de todos los países europeos. La conclusión fundamental del proyecto reside en la conveniencia de fijar lo que deben ser los resultados del aprendizaje en cada titulación, así como las competencias, en el sentido de conocimiento, habilidades o destrezas propias de cada área. Graduados, empleadores y académicos de cada una de las áreas analizadas fueron los encargados de definir a través de cuestionarios y entrevistas los resultados del aprendizaje y las competencias de sus respectivos títulos. El proyecto también incluye una reflexión sobre la necesidad de adaptar la práctica docente incorporando metodologías innovadoras de aprendizaje activo que permitan la consecución de los resultados del aprendizaje deseados. Actualmente la metodología

Tuning constituye el enfoque aceptado para la redefinición de títulos en el proceso de convergencia europea.

Parece inevitable, y ciertamente deseable, que la Educación Superior avance en la dirección del fomento de las competencias, ampliando sus horizontes hacia el desarrollo de otras habilidades y capacidades que complementen el conocimiento puramente técnico, hasta ahora principal foco de atención de la actividad docente en nuestro país. Así lo reclaman los empleadores y los titulados, y la Universidad más tarde o más temprano tendrá que hacerse eco de esta necesidad. Algunos estudios recientes como el de Mora (2002) ponen de manifiesto las competencias generales reclamadas por los empleadores y comunes a todos los sectores profesionales: Iniciativa, trabajo en equipo, innovación y creatividad, confianza en sí mismo, habilidades comunicativas, responsabilidad, flexibilidad, conciencia de los valores éticos, planificación... En la misma línea, el Proyecto *Tuning* enumera decenas de competencias clasificadas en instrumentales, interpersonales y sistémicas, tanto con carácter general como con carácter específico por titulación.

A la luz de las nuevas demandas sociales, parece oportuno plantearse la necesidad de que el aprendizaje de la Física contribuya también al desarrollo de otras competencias además de las tradicionalmente incorporadas, ampliando el carácter instrumental que esta materia tiene para los estudios técnicos y experimentales.

De manera natural, la Física promueve el desarrollo de capacidades como el razonamiento (McDermott et al, 2000), la resolución de problemas (Watts, 1991), o las destrezas experimentales (Arion et al, 2000), y es precisamente en estas habilidades en las que los profesores universitarios de Física ponen mayor énfasis. No obstante, el aprendizaje de la Física constituye una oportunidad excelente para, de forma simultánea, adquirir otras destrezas altamente valoradas a nivel europeo, y por los empleadores en particular.

2. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA?: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El primer objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil básico del profesor de Física y los aspectos más relevantes relacionados con la enseñanza de la Física en las enseñanzas técnicas y experimentales del Espacio Europeo de Educación Superior.

Para ello la investigación se dividió en las siguientes fases:

1. Elaboración de un cuestionario *on-line* sobre la enseñanza actual de la Física en el EEES, dirigido a profesores de Física de universidades europeas, que permaneció accesible en la web de la Universidad Europea de Madrid durante varios meses. En él se recogían preguntas sobre: objetivos docentes, contenidos, metodologías, actividades realizadas, desarrollo de competencias y evaluación de alumnos. Los cuestionarios elaborados para el proyecto *Tuning* (*Tuning*, 2003) se tomaron como punto de partida de esta tarea en lo relativo a las competencias generales.

2. Selección de un número significativo de universidades europeas (aproximadamente 60) que ofrezcan carreras técnicas y/o experimentales.

3. Toma de contacto con profesores de Física de las universidades europeas elegidas interesados en colaborar en el proyecto mediante la cumplimentación del cuestionario.

4. Recepción de respuestas.

5. Procesamiento y análisis estadístico de los resultados de la encuesta realizada.

3. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA?: RESPUESTAS AL CUESTIONARIO

3.1. Características de la muestra

El cuestionario fue respondido por 91 profesores, provenientes de 47 universidades europeas distintas (66 de los profesores provenían de universidades españolas y 25 de universidades extranjeras).

La edad media de los profesores participantes fue de 44 años.

El 49,4% se consideraba poco o nada informado sobre las implicaciones del EEES y el 51,6% bastante o muy informado acerca del mismo.

La docencia de los participantes se desarrolla principalmente en estudios Técnicos (44,6%) y en estudios Experimentales (48,2%).

3.2. Objetivos, contenidos y actividades

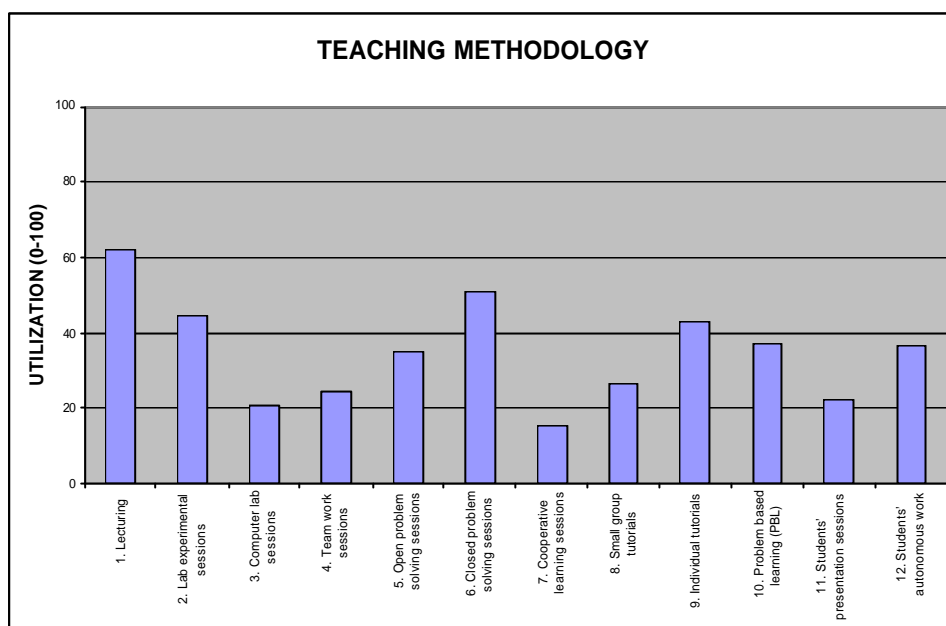
Más del 80% de los profesores plantean objetivos relacionados con los contenidos técnicos de sus asignaturas. Aproximadamente un 40% recoge también contenidos relacionados con competencias o habilidades investigadoras y profesionales, y apenas un 5% incluye competencias de carácter social.

En cuanto a los contenidos, predominan los contenidos de carácter teórico. Las actividades contempladas en la docencia de los profesores participantes incluyen:

<i>Tipo de actividad</i>	<i>% de profesores</i>
Presentaciones orales	34,1
Informes escritos	59,3
Hojas de problemas	85,7
Lecturas	28,6
Búsqueda de información	39,6
Proyectos de investigación	23,1
Otras	42,9

3.3. Metodología

Los profesores participantes hacen amplio uso de la clase magistral, a la que normalmente acompañan de sesiones de resolución de problemas, sesiones de laboratorio y tutorías individuales. Otro tipo de métodos, de corte más activo para el alumnado, se introducen en menor medida:

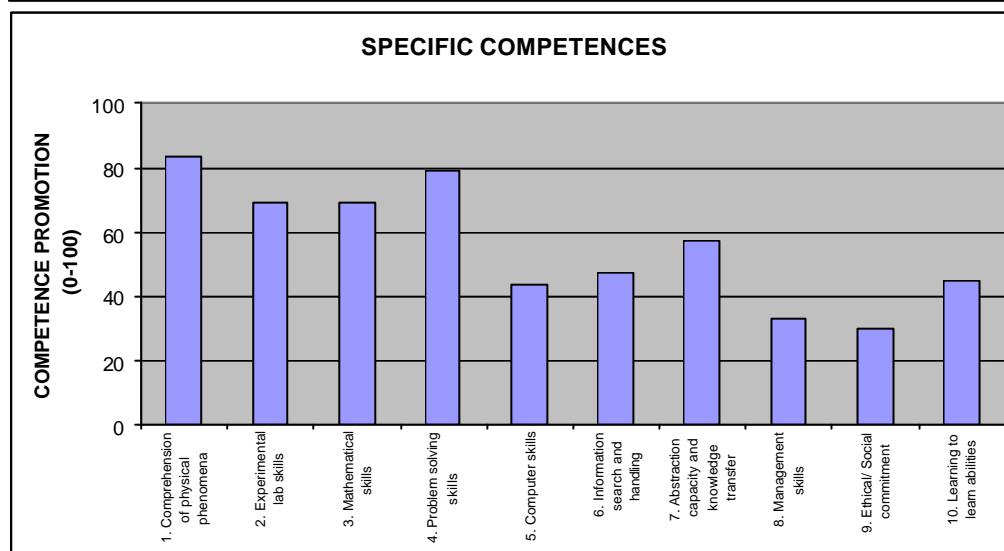
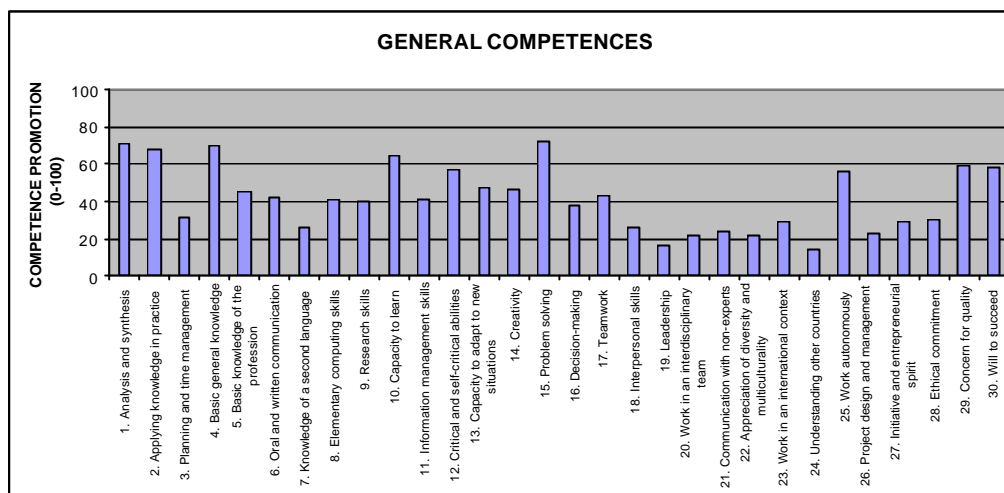


3.4. Desarrollo de competencias

Sin lugar a dudas los profesores de Física participantes fomentan más las competencias específicas que las generales: la resolución de problemas, el pensamiento abstracto, la comprensión de fenómenos físicos o las habilidades experimentales dominan claramente sobre las habilidades comunicativas, personales, de trabajo en equipo, interculturales etc. Por el momento, no parece que la enseñanza de la Física haya logrado hacerse suficiente eco de algunas importantes necesidades de nuestros estudiantes, planteadas en los principios de desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior. Los siguientes gráficos presentan los detalles de los resultados obtenidos.

4. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA EN ESPAÑA?

Un análisis más exhaustivo de la información recopilada, nos lleva a encontrar diferencias significativas entre la forma de enseñar y el fomento de determinadas competencias que realizan los profesores españoles frente a la que realizan los demás profesores europeos. En general, cabe destacar una aproximación más tradicional a la enseñanza en los primeros, tanto en el sentido de los conocimientos y habilidades que se pretende desarrollar, como en el sentido de las metodologías utilizadas. El tamaño de las muestras, y la distribución de las respuestas, han hecho necesaria la utilización de test estadísticos no paramétricos, concretamente la comparación estadística se ha realizado mediante el test de *Kruskal-Wallis*, sobre un nivel de significación del 95%.



A continuación se presentan los resultados más destacados:

En cuanto a la metodología, los profesores extranjeros desarrollan en mayor medida: el trabajo en equipo, las tutorías grupales y las sesiones de presentación por parte de los alumnos. Los españoles fomentan de forma significativamente superior las sesiones de problemas cerrados y las tutorías individuales.

En cuanto a las competencias genéricas, los extranjeros fomentan más las siguientes:

- Conocimiento de una segunda lengua.
- Habilidades básicas de manejo del ordenador.

- Habilidades de investigación.
- Trabajo en equipo.
- Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar.
- Habilidad para trabajar en un contexto internacional
- Conocimiento de culturas y costumbres de otros países.
- Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- Preocupación por la calidad.

Las competencias específicas no presentan tantas diferencias. Sin embargo, puede afirmarse que en el estudio realizado, los profesores extranjeros hacen mayor énfasis en la comprensión de fenómenos físicos y en las habilidades de búsqueda y manejo de la información que los españoles.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La información proveniente de la muestra de profesores contemplada en este estudio parece indicar que la enseñanza de la Física en los niveles universitarios se concentra en exceso en el desarrollo de los conocimientos de carácter técnico. Esta apreciación es especialmente relevante entre los profesores españoles, que manifiestan un enfoque docente mucho más tradicional y cerrado que el de los demás profesores europeos participantes en el estudio. Por el momento, la Física no ha asumido objetivos relacionados con un aprendizaje más integral, los cuales necesariamente habrán de ser incorporados a las enseñanzas universitarias en breve plazo: Cuando se produzca la reforma de los títulos universitarios y éstos se desarrollen de acuerdo al vigente real decreto sobre estudios de Grado, los estudios universitarios de este nivel deberán proporcionar a los alumnos una formación que aúne:

- Conocimientos generales básicos y conocimientos transversales relacionados con la formación integral de la persona.
- Conocimientos y capacidades específicos.

Esta necesaria evolución de los contenidos, y por ende, de la forma de enseñar y de aprender Física, encaja bien con la impartición de una materia propia de los primeros años de los estudios universitarios, de marcado carácter instrumental, y en la que podríamos confiar otra serie de objetivos de aprendizaje de más amplio espectro. Dentro de la muestra analizada, existen algunos profesores que destacan por una gran apertura de sus planteamientos, acompañada de una importante variedad metodológica que nos podrían servir de ejemplo en este camino.

Pero el fomento de competencias generales requiere que el alumno *aprenda haciendo*. Resultaría imposible garantizar que nuestros alumnos aprendan a comunicar si en nuestras enseñanzas no hay espacio para que ellos expongan trabajos o elaboren informes. No aprenderán a planificarse si sólo planificamos nosotros. No aprenderán a seleccionar, manejar e integrar la información si nunca consultan otras fuentes que no sean nuestros apuntes o un libro de texto...

Para incluir adecuadamente estos nuevos elementos en la docencia universitaria, es necesario conocer otras técnicas de enseñanza. Sin duda este enfoque contrasta con

la práctica habitual de muchos profesores de Física, para quienes la clase magistral, las sesiones de laboratorio y de problemas han sido la única forma de enseñar. Emplear sesiones de docencia en *otras cosas* a menudo se ha considerado una pérdida de tiempo, un retraso innecesario en la impartición del programa de la asignatura. Sin embargo, a partir de ahora, la clase magistral debería completarse con métodos docentes que vayan más allá, que permitan la generación del conocimiento frente a la habitual transmisión del mismo: Las denominadas metodologías activas, en las que el estudiante ocupa un papel protagonista, puesto que es él (guiado y motivado por su profesor) quien se enfrenta al reto de aprender y asume un papel activo en la adquisición del conocimiento. Concretamente, el Aprendizaje Cooperativo puede constituir un enfoque interesante para la enseñanza de la Física. Numerosos autores describen las ventajas del Aprendizaje Cooperativo y su fácil adecuación a áreas como las Matemáticas o la Física (Felder y Brent, 1994; Benito et al, 2004).

En cualquier caso, para que todos estos cambios sean posibles, será necesario que:

- Se informe los profesores universitarios de Física sobre el EEES y sus implicaciones.

- Se forme y motive al profesorado para la utilización de nuevos métodos de enseñanza

- Se plantee la Física como vehículo adecuado para el desarrollo de muchos más conocimientos y competencias que los tradicionalmente reconocidos.

- Se produzca mayor acercamiento entre los profesores de Física y se fomente el intercambio de buenas prácticas para lograr mayor beneficio mutuo.

BIBLIOGRAFÍA

1. D.N. Arion, K.M. Crosby, E.A. Murphy, *The Physics Teacher*, **2000**, Vol. 38 (6), 373-376.
2. A. Benito, R. Rodríguez, P. Portela, *Revista Española de Física*, **2004**, Vol. 18 (4), 20-22.
3. R.M. Felder, R. R. Brent, *Cooperative learning in technical courses: Procedures, pitfalls, and payoffs*, ERIC Document Reproduction Service Report ED 377038 (1994).
4. R.M. Felder, R. Brent, *J. Cooperation & Collaboration in College Teaching*, **2001**, Vol. 10 (2), 69-75.
5. L.C. McDermott, P. S. Shaffer, C. P. Constantinou, *Physics Education*, **2000**, Vol. 35 (6), 411-416.
6. J.G. Mora, *Formación, empleo y demandas laborales: la Universidad Española en el contexto europeo*, en *El carácter transversal en la educación universitaria*, Editores: F. Michavila, J. Martínez, Cátedra UNESCO de Gestión y Política Universitaria de la UPM, Madrid (2002), pp. 151-166.
7. Tuning Educational Structures in Europe, *Informe Final Fase Uno*, J. González, R. Wagenaar (eds.), Universidad de Deusto, Bilbao (2003). (<http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm>)

8. C. Watts, *The Science of Problem Solving: a practical guide for Science teachers*, Ed. Cassell Educational, Londres (1991).

CÁLCULOS EN EL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO MEDIANTE SIMULACIÓN

*Ángel Fernández Tena*¹, *María M. Prieto García*²

¹Departamento de Ingeniería Química y Textil, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad de Salamanca. aftena @usal.es

²Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca. mmprieto@usal.es

Se expone una aplicación que tiene por finalidad simular el diagrama psicrométrico, permitiendo realizar cálculos sobre el mismo y utilizando el cursor como puntero. En una segunda parte, la simulación permite definir las condiciones de un aire, eligiendo unas determinadas variables.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque los cálculos gráficos suelen ser menos exactos que los numéricos, pueden tener la ventaja, como sucede en el caso del diagrama psicrométrico, de ver con ellos, de forma global, la evolución de un determinado proceso y permitiendo hacer cálculos iniciales, de carácter orientativo que, posteriormente, se pueden ajustar de forma numérica.

Por otra parte, si la lectura del diagrama se realiza mediante una simulación, con la ayuda de un microordenador, utilizando el cursor como puntero, ya no solamente se tiene la ventaja de ver el proceso de forma global sino que la exactitud puede llegar a ser del mismo orden que si el cálculo fuese numérico, siempre con las limitaciones del tamaño del gráfico y de su definición.

De forma general, los diagramas psicrométricos que aparecen en los libros de texto, están contruidos para una presión total de 760 mmHg y, mientras que esto es válido para fines educativos, presenta la dificultad de no poder calcular en ellos, si no es de forma aproximada, cuando la presión (aun siendo la atmosférica) no sea este valor, o cuando se trate de recintos cerrados donde la presión puede variar sustancialmente.

La utilización de una simulación que permita construir el diagrama para la presión exacta de trabajo e incluso acotar el margen de temperatura donde se va a trabajar, permite ver y calcular una determinada evolución de forma más real.

Existen múltiples situaciones en la vida cotidiana que pueden servir de ejemplo en los cálculos en un diagrama psicrométrico, y darle a estos cálculos un carácter recreativo, al mismo tiempo que científico: Así por ejemplo, los que usamos gafas, sabemos lo molesto que es que en un día frío de invierno entrar en un local público, como por ejemplo un bar, y automáticamente empañarse las gafas. Otro ejemplo sería la formación de nubes en un cielo inicialmente despejado; nubes que parecen no venir de ninguna parte, o ver como estas nubes que se forman también desaparecen. O

finalmente, recordando nuestra niñez, en los días fríos, cómo simulábamos fumar echando aire por la boca; aire rico en vapor de agua que al condensarse simulaba el humo.

También con el diagrama psicrométrico se puede dar explicaciones a otros fenómenos que, aunque menos cotidianos, también son muy conocidos. Así cuando pasamos cerca de una central térmica, vemos esas enormes torres que desprenden vapor de agua y que, de forma incorrecta, algunos las consideran como grandes chimeneas. Otro caso sería determinar cómo evoluciona un aire dentro de un secadero, o el caso más conocido del aire acondicionado.

Pues bien, todos estos fenómenos, y muchísimos más, pueden ser explicados con relativa facilidad con la ayuda de un diagrama psicrométrico simulado en un microordenador, siendo éste el objetivo del trabajo que presentamos.

En una segunda parte de esta aplicación se estudia la posibilidad de definir las condiciones de un aire, mediante la elección de diferentes grupos de variables.

2. SIMULACIÓN

La aplicación tiene por finalidad introducir al alumno en el manejo de los conceptos fundamentales de la humidificación mediante la utilización del diagrama psicrométrico, correlacionando las diferentes variables que lo definen.

En una segunda parte, el alumno define las condiciones de un aire, seleccionando para ello tanto las variables necesarias como los valores que tomen las mismas.

Un progreso en el dominio de los conceptos permitirá al alumno la selección más adecuada, tanto en las variables como en los valores que asigne a las mismas.

La aplicación está diseñada para ser utilizada de forma autodidáctica, introduciendo comentarios a las opciones elegidas por el alumno, cuando éstas no sean compatibles desde un punto de vista físico o cuando en la práctica real no sean las más adecuadas.

El uso repetido de la aplicación en el amplio abanico de las posibles condiciones, permitirá al alumno fijar no sólo la relación conceptual entre las diversas variables, sino también tomar idea de los límites en los que son aceptables los valores que se pueden asignar a las mismas, y cómo se interrelacionan entre sí.

3. MODO DE OPERACIÓN

Al iniciar la simulación aparece sobre pantalla la siguiente ventana, que permite, mediante opciones en forma de botones, entrar en cualquiera de las dos partes de la aplicación:

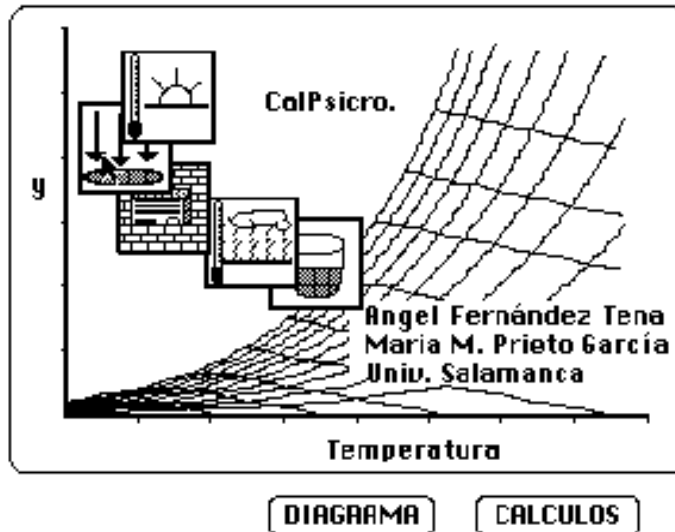


Figura 1. Ventana de selección: Diagrama-Cálculos.

Seleccionada la opción *Diagrama*, se fija la presión de trabajo y el margen de temperatura deseado, se ejecuta, y automáticamente queda dibujado en pantalla el correspondiente diagrama psicrométrico:

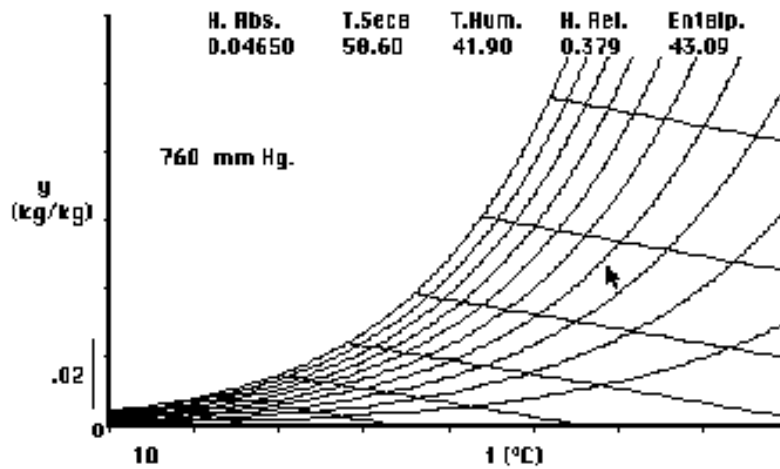


Figura 2. Diagrama Psicrométrico interactivo.

Utilizando el cursor como puntero se marca un punto en el diagrama y las variables correspondiente a dicho punto aparecen en un marcador situado en la parte superior. Evolucionando sobre el diagrama, los valores en el marcador irán cambiando, correspondiendo éstos al punto marcado en cada instante.

Si se quieren mezclar dos aires, se definirán las cantidades de cada uno y su composición (marcando sobre el diagrama) y, como resultado, se obtendrá la composición del punto mezcla y, en el caso que se llegue a la saturación, la cantidad de agua condensada.

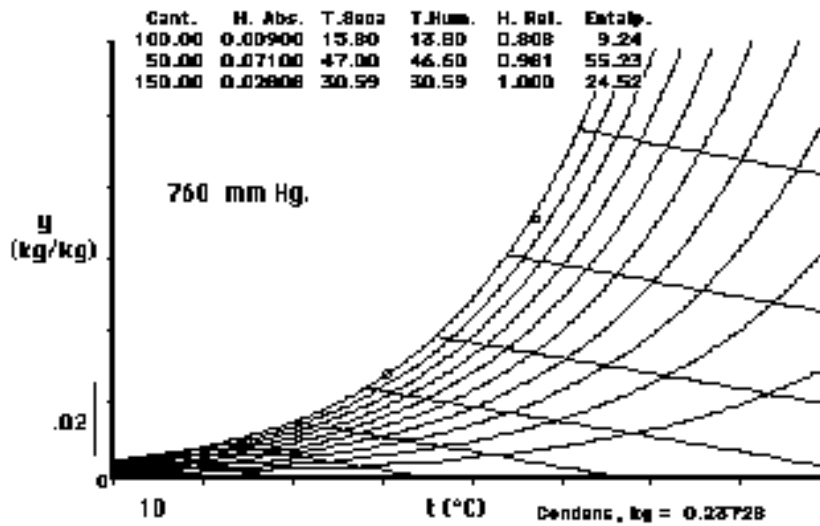


Figura 3. Mezcla de aires.

Seleccionada la opción *Cálculos*, aparece una nueva pantalla en cuya parte izquierda, y en posición vertical, están las variables a elegir y, en la parte derecha, una zona horizontal vacía donde se irán colocando las variables elegidas.

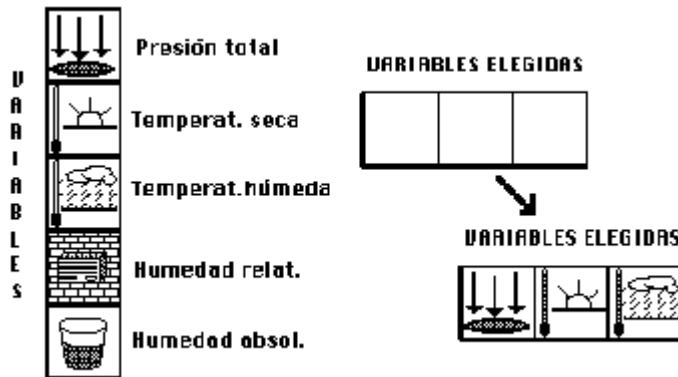


Figura 4. Selección de variables.

Para elegir una variable, basta *clickear* sobre el símbolo correspondiente; automáticamente ésta desaparece de la columna de la izquierda y pasa a la zona de la

derecha. Seleccionadas éstas, la aplicación pide los valores de las variables fijadas y si los valores introducidos son correctos, aparecerán las variables calculadas y sus correspondientes valores. En caso que los valores introducidos no fuesen correctos aparecerá un aviso sobre el mismo.

VALORES DE LAS VARIABLES ELEGIDAS	
Presión total (mm Hg.)?:	760
Temp. seca (°C)?:	25
Temp. húmeda (°C)?:	18
VARIABLES CALCULADAS:	
Humedad relativa =	0.504
Humedad abs. (kg/kg) =	0.00990
Calor húmedo (kcal/°C.kg)=	0.244
Volumen húmedo (m ³ /kg)=	0.856
Entalpia total (kcal/kg)=	12.03

Figura 5. Ventana de resultados.

REFERENCIAS

1. A. Fernández Tena, R. Ardanuy Albajar, M. Prieto García, *Cuadernos de Bioestadística y sus Aplicaciones*, 1992, Vol. 10 (1), 81.
2. A. Fernández Tena, M. Prieto García, *CalPsicro*, Ed. I.U.C.E., Salamanca (1991).

EMPLEO DE HOJAS DE CÁLCULO PARA EL ESTUDIO DE LOS EQUILIBRIOS QUÍMICOS EN DISOLUCIÓN Y SUS APLICACIONES

*Adolfo Narros Sierra, M^a. del Mar de la Fuente García-Soto,
M^a. Isabel del Peso Díaz*

Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2; 28006 Madrid. anarros@etsii.upm.es

Las hojas de cálculo son programas, de amplia difusión, que permiten realizar cálculos numéricos de forma automática, así como la representación gráfica de los resultados del cálculo. Dichas características hacen que sean muy útiles para el estudio de los equilibrios químicos en disolución y de sus aplicaciones en análisis químico. El empleo de estas herramientas supone una motivación adicional para los alumnos y una clara ayuda para el profesor a la hora de preparar y de impartir las clases.

1. INTRODUCCION

Las hojas de cálculo (*Lotus 1-2-3, Microsoft Excel, Quatro Pro*) son programas que dan respuesta a las principales necesidades de análisis de datos en todos los ámbitos: doméstico, financiero, empresarial, educativo y científico. Permiten crear gráficos, fórmulas, tablas y otras herramientas para organizar cualquier tipo de información.

El empleo de hojas de cálculo para el estudio de los equilibrios químicos en disolución va siendo cada vez más habitual. Ya en algunos libros de texto de Química Analítica, clásicos en la enseñanza de dicha disciplina (1,2), se propone el empleo de dichas herramientas de cálculo para la resolución de problemas, representaciones gráficas, ajuste de curvas y otras aplicaciones. Por otro lado, en los últimos años, están apareciendo textos que tratan específicamente sobre aplicaciones de *Excel* en Química Analítica (3,4). Entre las ventajas de este tipo de programas hay que destacar las siguientes:

- Permiten realizar los cálculos de los equilibrios a partir de las expresiones que se obtienen del estudio sistemático del equilibrio.
- Permiten realizar iteraciones y cálculos repetitivos necesarios para resolver algunos tipos de equilibrios.
- Es posible la representación gráfica de los resultados y así realizar cálculos gráficos de los equilibrios.
- Una vez resuelto un equilibrio la hoja de cálculo permite resolver otros sistemas semejantes.
- Disminuye la posibilidad de error.

Desde el punto de vista didáctico, el empleo de este tipo de programas, a nuestro juicio, facilita la labor del proceso enseñanza-aprendizaje. Por un lado, el alumno no tiene que realizar cálculos tediosos, ni representaciones gráficas mecánicas, por lo que es posible centrar la atención del alumno en la comprensión de los equilibrios químicos. Por otro lado, el empleo de las nuevas tecnologías (herramientas informáticas) constituye una motivación adicional para el alumno. En este punto cabe señalar que los alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid tienen acceso en todas las Escuelas, a través de la Licencia *Campus*, a paquetes informáticos de *Microsoft* entre los que se incluye la hoja de cálculo *Excel*.

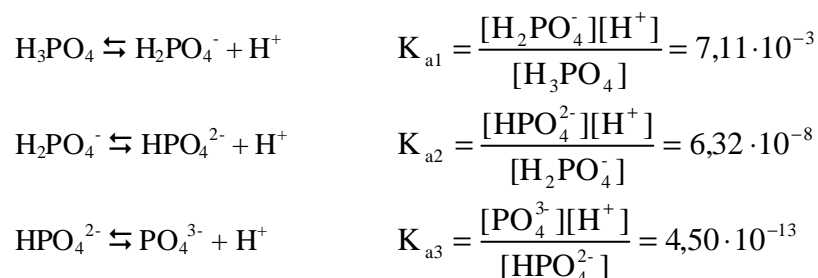
Este tipo de herramientas también facilitan la labor del profesor pues, por un lado, permiten organizar y presentar de forma atractiva las enseñanzas a impartir al alumno, incluso en forma de seminarios en las aulas informáticas disponibles en las Escuelas y Facultades y, por otro, llevar a cabo un seguimiento de la labor de los alumnos a través de ejercicios que deben resolver y enviar al profesor en formato electrónico.

En este trabajo se presentan algunos ejemplos del papel de las hojas de cálculo en el estudio de los equilibrios químicos y en alguna de sus aplicaciones, como pueden ser las volumetrías.

2. EJEMPLOS SELECCIONADOS

2.1. Equilibrios ácido base

Se ha seleccionado el caso del ácido fosfórico para estudiar el ejemplo de los equilibrios ácido base. Dicho ácido es un ácido poliprótico que presenta los siguientes equilibrios de disociación ácido base en disolución acuosa:



Los valores de las constantes de disociación ácido base se han tomado de Skoog y col. (2). Las expresiones de las concentraciones de las distintas especies que se obtienen mediante el estudio sistemático del equilibrio son las siguientes:

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] = \frac{C \cdot [\text{H}^+]^3}{[\text{H}^+]^3 + K_{a1}[\text{H}^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = \frac{C \cdot K_{a1} [\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^3 + K_{a1} [\text{H}^+]^2 + K_{a1} K_{a2} [\text{H}^+] + K_{a1} K_{a2} K_{a3}}$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = \frac{C \cdot K_{a1} K_{a2} [\text{H}^+]}{[\text{H}^+]^3 + K_{a1} [\text{H}^+]^2 + K_{a1} K_{a2} [\text{H}^+] + K_{a1} K_{a2} K_{a3}}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{C \cdot K_{a1} K_{a2} K_{a3}}{[\text{H}^+]^3 + K_{a1} [\text{H}^+]^2 + K_{a1} K_{a2} [\text{H}^+] + K_{a1} K_{a2} K_{a3}}$$

Donde C es la concentración analítica del ácido fosfórico. En una hoja de cálculo se pueden introducir las expresiones anteriores, de manera que, para cada valor de pH, se calcula la concentración de cada una de las especies en el equilibrio. También es posible obtener el diagrama logarítmico del sistema del ácido fosfórico; para ello se construye una hoja de cálculo como la de la Figura 1. Se da valor al pH desde 0 a 14 en incrementos de 0,1 unidades, se calcula $[\text{H}^+]$ y las concentraciones de las demás especies del ácido según las expresiones anteriores. Para cada especie se calcula el logaritmo de la concentración. Por último, se representa el logaritmo de la concentración de cada especie, en el mismo diagrama, en función del pH. El resultado para una concentración analítica 0,1 mol/L de ácido fosfórico es el que se recoge en la Figura 1.

A partir del diagrama es posible conocer las concentraciones de las especies en el equilibrio a cualquier valor de pH. También es posible conocer el pH de disoluciones de ácido fosfórico o de sus sales, así como de disoluciones reguladoras que pueden prepararse por mezcla de alguna de las sales del ácido.

La hoja de cálculo es válida para cualquier ácido triprótico y para cualquier concentración, únicamente hay que modificar los valores de las constantes de disociación y de la concentración, y automáticamente se recalcula y se representa el nuevo diagrama.

Otra alternativa es representar los diagramas de distribución de especies. Dichos diagramas consisten en la representación de la fracción molar de cada especie en función del pH. Los diagramas son independientes de la concentración y las expresiones que se emplean son las anteriores divididas por la concentración, así por ejemplo para el caso de ácido fosfórico:

$$a_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{C} = \frac{[\text{H}^+]^3}{[\text{H}^+]^3 + K_{a1} [\text{H}^+]^2 + K_{a1} K_{a2} [\text{H}^+] + K_{a1} K_{a2} K_{a3}}$$

Los valores de a para las demás especies se calculan de forma similar. La representación del diagrama de predominancia para el ácido fosfórico es la que se recoge en la Figura 2.

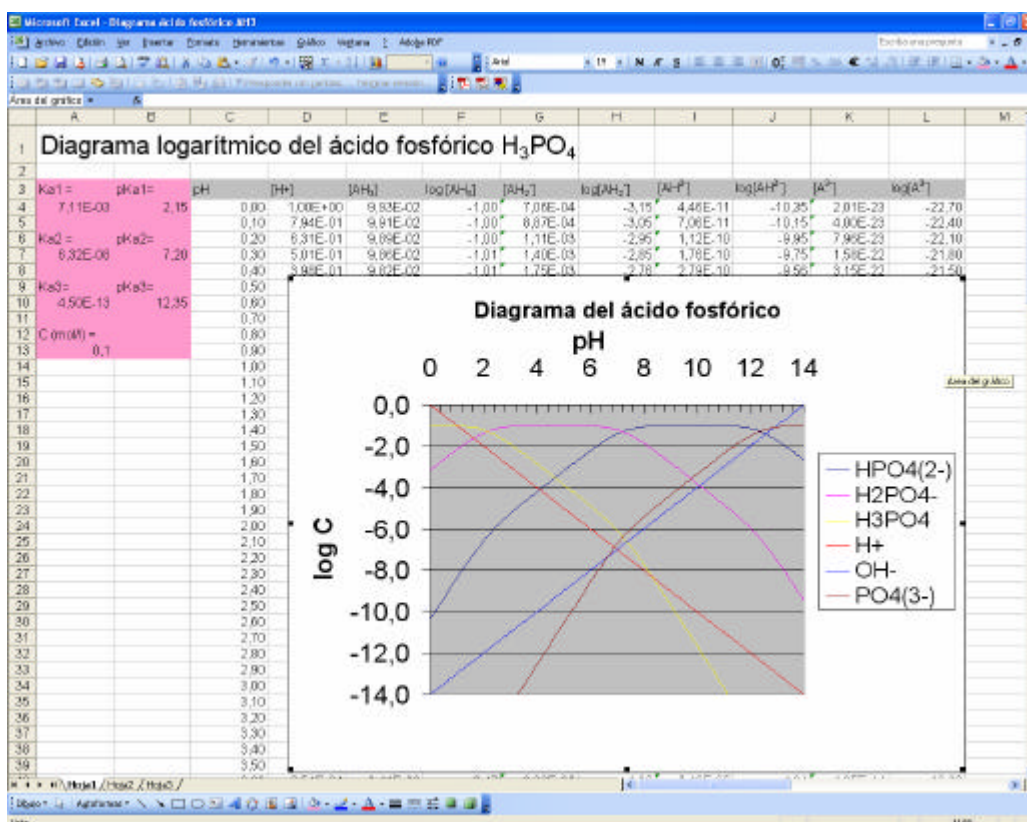


Figura 1. Diagrama logarítmico del ácido fosfórico.

Por último, es posible obtener una representación de la curva de valoración de cualquier ácido o base fuerte o débil, empleando las expresiones que figuran en el libro de Harris (1), que para un la valoración de un ácido triprótico con base fuerte es:

$$f = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a \cdot V_a} = \frac{a_{H_2A^-} + 2a_{HA^{2-}} + 3a_{A^{3-}} - \frac{[H^+] - [OH^-]}{C_a}}{1 + \frac{[H^+] - [OH^-]}{C_b}}$$

En la Figura 3 se recoge la representación de la curva de valoración del ácido fosfórico junto a la primera derivada de dicha curva. En ella se observa cómo para este ácido no es posible detectar el tercer punto de equivalencia, ya que no aparece el punto de inflexión en la curva de valoración, ni el pico correspondiente en la derivada de la curva.

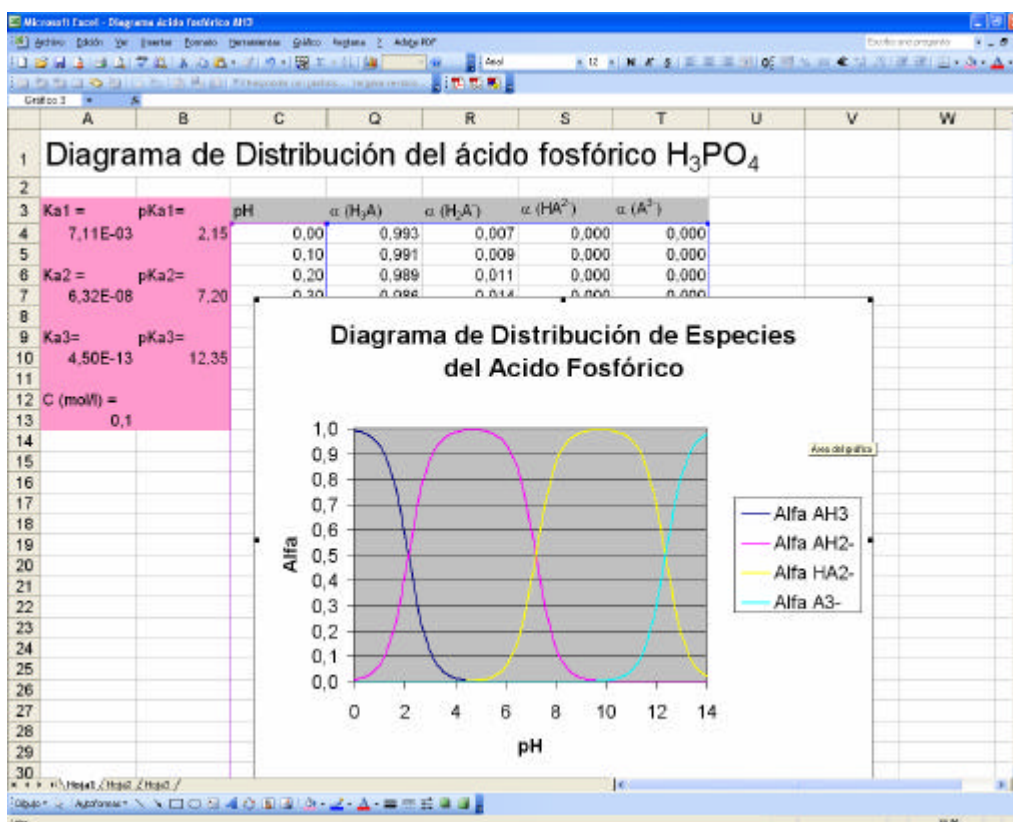


Figura 2. Diagrama de distribución de especies.

2.2. Equilibrios de formación de complejos

Una de las posibles aplicaciones de *Excel* al estudio de los equilibrios de formación de complejos es la determinación de las constantes condicionales de formación. En la Figura 4 se representa la constante condicional de formación del complejo Cu (II)-AEDT en función del pH. La expresión que permite el cálculo es:

$$K'_f = K_f \cdot a_{Cu} \cdot a_Y$$

Siendo a_{Cu} y a_Y las fracciones molares de Cu y AEDT en las forma Cu^{2+} e Y^{4-} , teniendo en cuenta las reacciones de formación de complejos hidroxilados del catión y las reacciones ácido-base del AEDT.

La Figura 4 es útil para el estudio de las condiciones en las que hay que llevar a cabo las valoraciones complexométricas, por ejemplo.

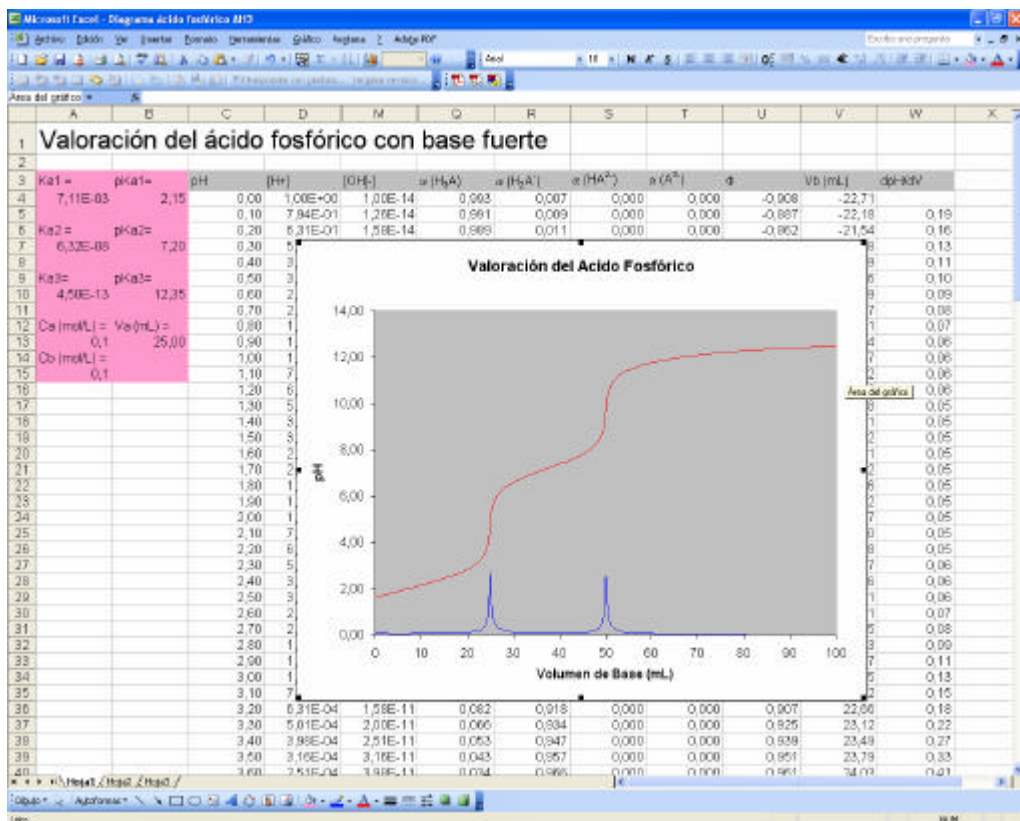


Figura 3. Curva de valoración del ácido fosfórico y primera derivada.

2.3. Equilibrios redox

Una de las posibles aplicaciones de *Excel* a este tipo de equilibrios es la obtención de los diagramas de predominancia de especies. Dichos diagramas son una representación del potencial condicional de un par redox en función, por ejemplo, del pH. En la Figura 5 se representa uno de estos diagramas para el sistema polirredox $\text{ClO}^-/\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$, en el que resalta la dismutación del cloro para valores de pH superiores a 4,6.

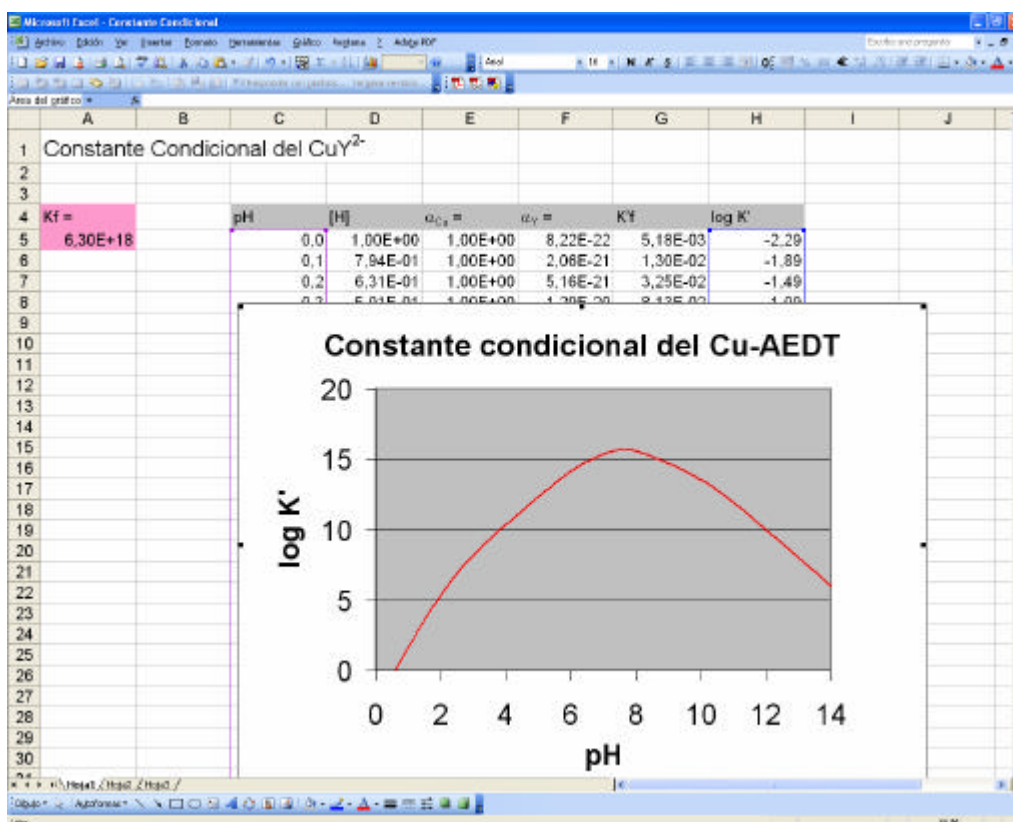


Figura 4. Constante condicional del complejo Cu-AEDT.

REFERENCIAS

1. D.C. Harris, *Análisis Químico Cuantitativo*, 2ª Ed, Reverté, Barcelona (2001).
2. D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, *Química Analítica*, 7ª Ed., Mc Graw-Hill, Mexico (2001).
3. R.de Levie, *How to use Excel in Analytical Chemistry*, Cambridge University Press (2001).
4. S.R. Crouch, F.J. Holler, *Applications of Microsoft Excel in Analytical Chemistry*, Thomson Brooks-Cole (2004).

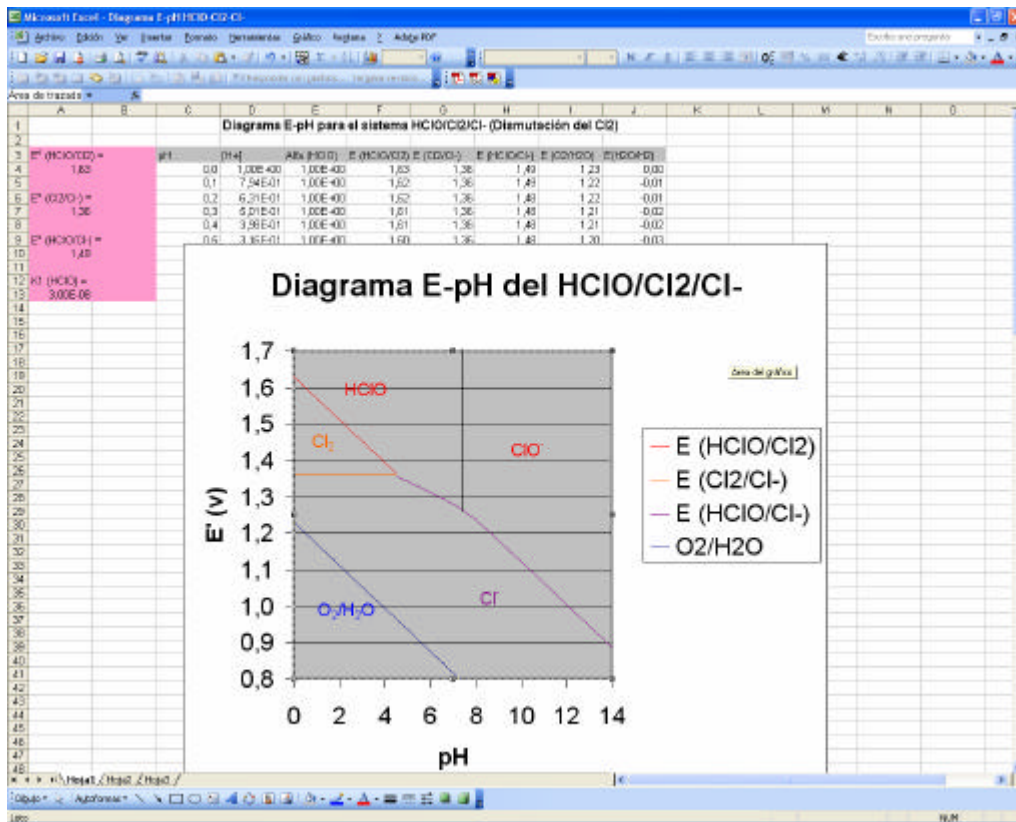


Figura 5. Diagramas de áreas de predominancia en sistemas redox.

ESTRATEGIAS EDUCATIVAS EN EL CONTEXTO DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR: APLICACIÓN A UN CURSO DE QUÍMICA INORGÁNICA

Gabriel Pinto Cañón, Arturo Chávez Flores

E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
gabriel.pinto@upm.es

Se ofrece una visión general de cómo se han implementado estrategias didácticas, centradas en los alumnos, en la asignatura de Química Inorgánica. El objeto fundamental de estas estrategias es facilitar una labor más activa de los estudiantes, favoreciendo el desarrollo de competencias y habilidades, en el contexto del sistema ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System), como demanda la creación del Espacio Europeo de Educación Superior. Se modificó el enfoque de la asignatura, combinando métodos de enseñanza tradicionales (clase magistral y clase de resolución de ejercicios) con técnicas didácticas más modernas (plataforma en Internet, trabajo grupal, desarrollo de mapas conceptuales, trabajos dirigidos y aprendizaje basado en problemas). Finalmente, se presenta sucintamente la problemática que se ha observado en la implantación de las modificaciones metodológicas.

1. INTRODUCCIÓN

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, desde hace años, un cambio de cultura docente en el que la organización de la enseñanza se centra 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 el año 2010.

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. 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 la vida. Para ello, existen diversas estrategias pedagógicas (1,2) relacionadas con la teoría behaviorista, la teoría constructivista, mapas conceptuales, aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y utilización de Internet, entre otras.

La asignatura sobre la que se ha implementado una nueva metodología docente es la Química Inorgánica de la titulación de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene un carácter semestral (7,5 créditos) y se imparte durante el segundo semestre del primer curso universitario. Se considera equivalente a 6 créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*), como figura en el plan de organización docente, por lo que implicaría un trabajo de un alumno medio de entre 150 y 180 horas.

Esta asignatura supone una introducción a esa rama de la Química y tienen por objeto fundamental que los alumnos conozcan, razonen y justifiquen químicamente sobre las propiedades, materias primas necesarias, formas de obtención y purificación, reacciones químicas y aplicaciones de los principales elementos químicos y de algunos compuestos seleccionados.

La Química es una Ciencia experimental. Por tanto, el trabajo realizado en el laboratorio juega un papel importante para la comprensión del conocimiento químico en los alumnos. De forma complementaria a la asignatura a la que se refiere este trabajo, existe una actividad práctica de laboratorio, dentro de otra materia denominada Experimentación en Química I, que no es motivo de este estudio.

2. EL CRÉDITO EN EL SISTEMA ECTS

Un sistema de créditos es una forma sistemática de describir un programa educativo asignando créditos a sus componentes. En la educación universitaria, se basa en distintos parámetros, como son los resultados del aprendizaje, las horas lectivas o la carga de trabajo de los estudiantes. El sistema ECTS es de este último tipo, porque se basa en la carga de trabajo necesaria para la consecución de los objetivos del programa. Estos objetivos se especifican como resultados del aprendizaje esperados o competencias (capacidades, conocimientos y destrezas) que ha de adquirir el alumno. El ECTS se adoptó ya en 1989 dentro del programa europeo Erasmus. En un principio sólo se planteó como un sistema de transferencia de créditos para alumnos que cursaban estudios en distintos países. En la actualidad, la práctica y el proceso de Bolonia han hecho que sea, además, un sistema de acumulación de créditos.

El sistema ECTS no es una quimera o una nueva moda pasajera. Por ejemplo, a nivel de España, se estableció (3), hace dos años, que es el sistema de créditos y calificaciones de las titulaciones universitarias de carácter oficial y con validez en todo el territorio nacional. En el Decreto que lo regula, se indica que el sistema europeo de créditos constituye un punto de referencia básico para lograr la transparencia y armonización de las enseñanzas en Europa. Además, se señala que *“esta medida del haber académico comporta un nuevo modelo educativo que ha de orientar las*

programaciones y las metodologías docentes centrándolas en el aprendizaje de los estudiantes, no exclusivamente en las horas lectivas”.

El ECTS hace los programas de estudios más comprensibles y comparables. Se basa en la convención de que 60 créditos miden la carga de trabajo de un estudiante medio, a tiempo completo, durante un curso académico (equivalente a entre 36 y 40 semanas por año). Cada crédito equivale a entre 25 y 30 horas de trabajo del estudiante e incluye el tiempo invertido en asistir a clases y seminarios, estudio independiente, preparación y realización de exámenes, etc. Es un concepto en el que la dimensión de la educación se basa en el aprendizaje, con lo que el rol de profesores y alumnos cambia: lo esencial ya no es el número de horas de clase, sino una visión más global.

3. MODIFICACIONES DOCENTES REALIZADAS

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 la asignatura objeto de este estudio 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 (4,5). Para ello, se combinó un método de enseñanza tradicional (clases magistrales y clases de resolución de ejercicios) durante 5 horas por semana, con una actividad de aprendizaje guiado en la que el grupo de clase (62 alumnos) se dividía en dos grupos que disponían de tres horas semanales en el aula. En esta última actividad, los alumnos podían desarrollar los procesos que se tratan en los siguientes epígrafes, acudir a la biblioteca o sala de ordenadores, consultar al profesor, etc.

3.1. Uso de aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un entorno de aprendizaje en el que los problemas guían el proceso de aprendizaje (6). 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 interdisciplinarios o, al menos, integradores.

La esencia del ABP es que es el alumno quien resuelve los problemas y los entiende por sí mismo (7). El docente, una vez presentada la situación problemática, se retira a un segundo plano, actuando más como guía que como “fuente de soluciones”. Entre los beneficios del ABP se pueden citar los siguientes conceptos (8): 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.

Hay muchas formas de ABP. Una forma de aproximación es 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. Aparte de este modo de aproximación al ABP, que resultó motivador para los alumnos, algunos ejemplos de problemas planteados a los alumnos en la asignatura objeto de este estudio se recogen en otro trabajo (9).

3.2. Uso de mapas conceptuales

Es bien conocido que las representaciones visuales utilizadas para la comunicación de ideas son de gran utilidad para el aprendizaje de las Ciencias Experimentales (1). 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 (1,10).

Los mapas conceptuales favorecen el aprendizaje significativo. Éste se produce cuando al percibirse un conocimiento se integra con las ideas previas que tiene el alumno, se comprende su utilidad real o se le asigna una utilidad nueva y, como consecuencia, ese conocimiento se asimila de forma definitiva, pasando a integrarse en la estructura cognitiva (11). 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 (12). En cada flecha se indica alguna palabra (denominada *relacionante*) que hace más explícita la relación entre conceptos (13). 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 pueden utilizar para ayudar al profesor a explicar las razones por las que 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. La percepción de todo un conjunto de relaciones facilita la atención.

En la Figura 1 se muestra cómo los alumnos discuten, en grupos de tres, el desarrollo de un mapa conceptual en el aula. A modo de ejemplo, se incluye un mapa conceptual (Figura 2) realizado por las alumnas Marta Álvarez, Marta Baratech y Laura Blanco en la asignatura objeto de este trabajo.



Figura 1. Alumnos realizando una actividad de aprendizaje cooperativo en el aula.

3.3. 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 (14). 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.

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; seguidamente se discute sobre las opiniones de los participantes, enriquecidas por el profesor, que interviene para repreguntar, vincular

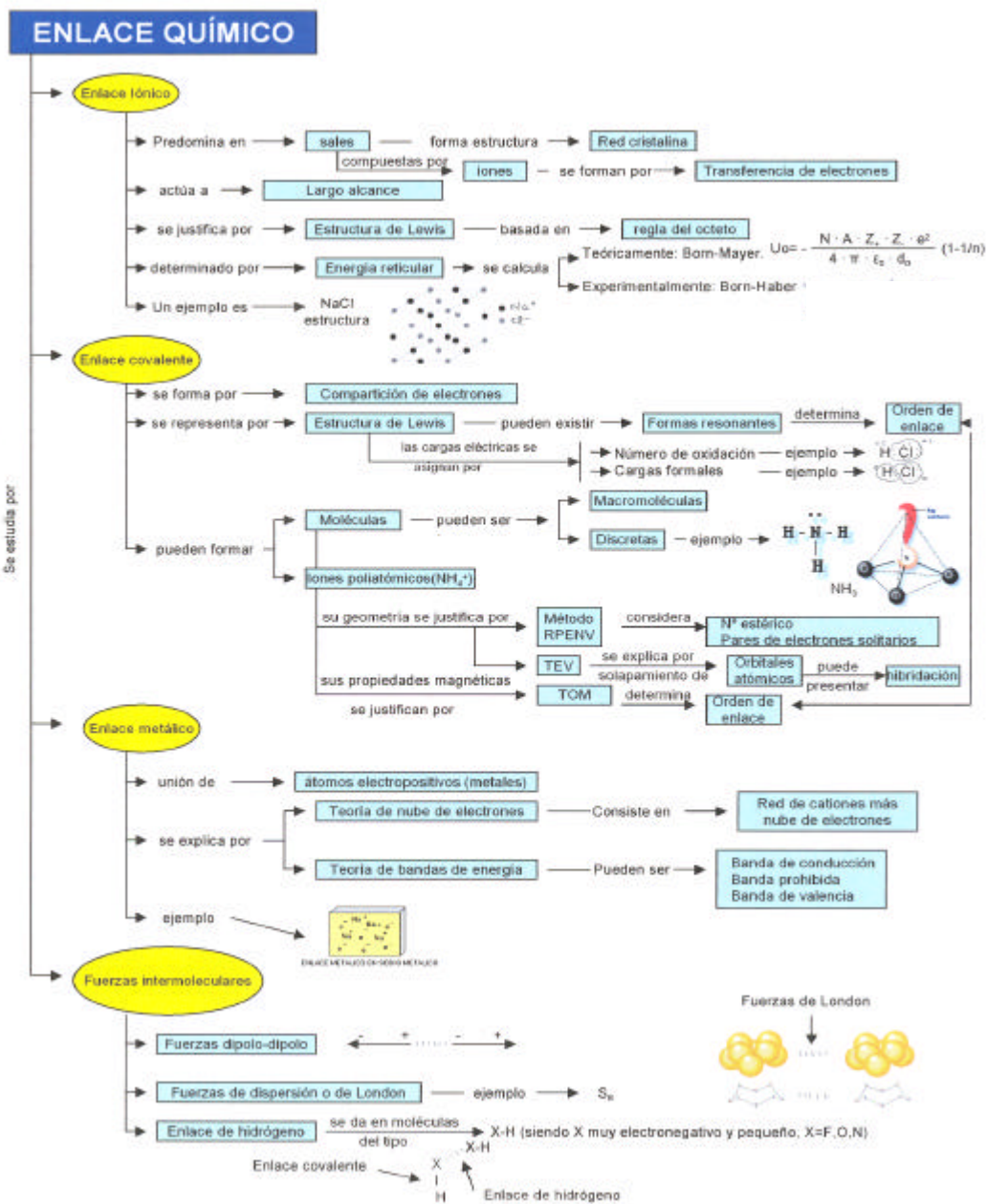


Figura 2. Mapa conceptual del enlace químico realizado por tres alumnas.

respuestas, y ofrecer a consideración ciertas disyuntivas abiertas; finalmente, de forma individual o en grupos pequeños, se elaboran las conclusiones.

En el estudio de un caso, el profesor guía a los alumnos a través de la discusión de un caso, cuestionando, clarificando, probando y destacando aspectos. El caso propuesto debe ser interesante, motivador y relacionado con la vida real. El estudio de casos ayudan 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.

Algunos de los casos sobre los que trabajaron los alumnos de la asignatura objeto de este estudio fueron:

- Explicar qué es el desarrollo sostenible y qué pueden aportar en él los conocimientos propios de la Química Inorgánica (incluir ejemplos).

- Explicar cómo se forma el “agujero de ozono”. ¿Por qué se dice que es negativo que falte ozono en la ozonósfera y, sin embargo su contenido en el aire es un dato que se ofrece en las pantallas informativas del Ayuntamiento de Madrid junto a otros agentes contaminantes?

- Explicar en qué consiste la ósmosis inversa para la obtención de agua desalinizada y si se emplea en España ese método.

- Explicar cómo se obtiene el cloro, por qué tiene “mala prensa” y cuáles son sus principales aplicaciones. Esta cuestión promueve un debate entre dos equipos que defienden posturas contrarias: uno “a favor” y otro “en contra” de los compuestos derivados del cloro.

- 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 en estufas. Explicar las causas y los efectos de este tipo de accidentes.

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

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

- 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.

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

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

3.4. Uso de otros métodos docentes

En pocos años, Internet se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para la enseñanza y el aprendizaje de la Química (15). Es conveniente e interesante para los alumnos aprender nuevo conocimiento, buscar información, y comunicarse con profesores y otros alumnos mediante Internet. El uso de plataformas educativas facilita notablemente la labor de profesores y alumnos para trabajar mediante Internet. En el caso concreto de la asignatura de Química Inorgánica, se utilizó para intercambio de información (textos de clase, enunciados y soluciones de problemas, planteamiento de tareas individuales, realización de trabajos en equipo, etc.) la plataforma educativa Aulaweb, ampliamente utilizada en la Universidad Politécnica de Madrid.

Además de las metodologías docentes citadas, se emplearon también presentaciones en *Power Point*, representaciones moleculares y demostraciones químicas en el aula. Todo ello supone un importante impacto y ayuda a incrementar el interés del alumno hacia el aprendizaje, activa la atmósfera de la clase y aumenta la eficiencia de la enseñanza. Existe un buen número de demostraciones que se pueden realizar en el aula (16).

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Somos conscientes de las dificultades de alumnos, docentes e instituciones para adaptarse de forma inmediata a las estrategias de enseñanza de Química universitaria centradas en los alumnos. Según estas estrategias, 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 desarrollada, 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, para permitir, por ejemplo, la realización de trabajos en equipo,
- mayor esfuerzo organizativo y de coordinación,
- necesidad de apoyo institucional (presupuestos, incentivos, reconocimiento de la labor realizada) para hacer efectivo el cambio de metodologías docentes,
- falta de preparación en el alumnado, que está 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 e implicación del profesorado,

- necesidad de cambio en las instituciones. Así, la asignación de profesorado no debería depender tanto de los créditos o las horas por semana de “impartición de clases”, sino del número de alumnos y otras tareas adicionales (orientación al alumno, evaluación continua, preparación de casos, problemas, recursos informáticos y textos, etc.),

- mayor dificultad en el proceso de evaluación, que no debe depender sólo del examen tradicional. Este 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. 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 final tradicional.

Todas estas dificultades se ven compensadas por la generación de un entorno más creativo y participativo. Aunque los resultados de las encuestas solicitadas a los alumnos para evaluar las actividades será objeto de un trabajo posterior, tanto su análisis como la percepción del desarrollo del curso hacen ver que los alumnos consideran que estas metodologías, si bien les supone más carga de trabajo (como manifiesta el 66% de ellos), les sirven para aprender más sobre la asignatura (como indica un 81 % de ellos). Al preguntar a los alumnos si piensan que con la nueva metodología se aprueba más fácilmente, un 47% opina que sí y el 53 % restante opina que no.

5. CONCLUSIONES

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.

Los cambios señalados, y otros adicionales, deberían desarrollarse paulatinamente y por grupos de profesores (de una asignatura y de varias). El proceso de Bolonia que implica, para países como España, cambios sustanciales 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.

Por último, cabe señalar que, como se indicó en el apartado anterior, la innovación metodológica implica esfuerzo y una serie de problemática que hay que superar. Pero lo mismo ocurre con las reacciones químicas: hasta las más exotérmicas necesitan una energía de activación; y esta energía se puede reducir mediante catalizadores.

REFERENCIAS

1. N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias Experimentales en la educación secundaria obligatoria*, Ed. Síntesis Educación, Madrid (2002).

2. J.M. Campanario, *La enseñanza de las Ciencias en preguntas y respuestas*, en formato CD Rom, Ed. Universidad de Alcalá (2002). Disponible en la dirección de Internet <http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html>
3. Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre de 2003, B.O.E. número 224, 34355-34356.
4. L. Yunqi, *The China Papers*, **2003**, July, 20-24.
5. J. Xu, *The China Papers*, **2003**, July, 15-19.
6. P. Ram, *J. Chem. Ed.*, **1999**, Vol. 76, 1122.
7. I. Demaría, M. Trapé, S. Bellú, M. Rizzotto, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2003-2004**, Vol. 17, 1-6.
8. J.A. Molina Ortiz, A. García González, A. Pedraz Marcos, M.V. Antón Nardiz, *Rev. Red Estatal Docencia Universitaria*, **2003**, Vol. 3 (2), 79-85.
9. G. Pinto, *Problemas estequiométricos de la realidad cotidiana*, en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, Ed. Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
10. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Ed. Martínez Roca, Barcelona (1988).
11. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*, Ed. Trillas, México (1983).
12. J.W.A. Lanzing, (1997), *The concept mapping homepage*. Disponible en la dirección de Internet http://users.edte.utwente.nl/lanzing/cm_home.htm
13. L. Anderson-Inman, L. Zeitz, *The Computing Teacher*, **1994**, Vol. 21 (8), 21-25.
14. P.R. Challen, L.C. Brazdil, *The Chemical Educator*, **1996**, Vol. 1 (5), 1-13.
15. G. Pinto, *Preparación y mantenimiento de contenidos educativos de Química a través de Internet*, en *Nuevas tecnologías en la innovación educativa*, Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2003).
16. G. Pinto, *Anales Real Soc. Esp. Quím.*, **2003**, Vol. 99 (1), 44-52.