

Enseñanza y aprendizaje de la Química a nivel universitario

Gabriel Pinto Cañón

*Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente,
E.T.S.I. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid,
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.
gpinto@iqi.etsii.upm.es*

RESUMEN

Se describen consideraciones generales sobre la Didáctica de la Química a nivel universitario, incidiendo tanto en el proceso, como en los métodos y técnicas de enseñanza-aprendizaje, con objeto de favorecer la reflexión y la motivación hacia estos temas por parte del profesorado. Se destaca la tendencia actual de promoción de la didáctica constructivista frente a modelos conductistas. Se incluye bibliografía para facilitar la profundización en estas cuestiones.

INTRODUCCIÓN

La función del profesor universitario está dentro de lo que los sociólogos denominan semiprofesionales¹, al no disponer de un *corpus* delimitado de conocimientos básicos que legitimen una actuación profesional determinada, y existiendo metodologías posibles muy diferentes. Entre otras características, las semiprofesionales se definen por apoyarse en una amalgama de conocimientos, muchos de ellos transmitidos como sabiduría artesanal entre profesionales, más que a través de conocimientos formalizados. Existen, no obstante, corrientes técnico-pedagógicas que procuran el tránsito desde una semiprofesión a una profesión^{2,3}.

El sistema universitario suele primar, para la selección y promoción del profesorado, la actividad investi-

gadora frente a la docente⁴. En este sentido, parece que se sobreentiende que un buen investigador es a su vez un buen docente. Sin embargo, la experiencia indica que no siempre es así, habiendo excelentes investigadores que no son capaces de motivar y favorecer el aprendizaje de los alumnos.

En España (como en casi todos los países), para ejercer la docencia en los niveles previos a la Universidad, como son la Enseñanza Secundaria Obligatoria, la Formación Profesional Específica y el Bachillerato, se exige al profesorado, aparte de una titulación universitaria, estar en posesión de un título de especialización didáctica⁵. Este título, regulado recientemente^{6,7}, sustituye al Certificado de aptitud pedagógica, por el que se garantizaba también una formación pedagógica para el profesorado preuniversitario. Sin embargo, en la docencia universitaria no se exige ninguna titulación que implique una mínima formación pedagógica.

El autor de este texto defiende la tesis de que una titulación de ese tipo, que implica para su consecución en los docentes de niveles preuniversitarios del orden de un año académico, debería ser de carácter obligatorio también para el profesorado universi-



Gabriel Pinto Cañón

tario. De esta manera, no solamente se adquirirían una serie de conocimientos útiles para la vida profesional, sino que algunos recién titulados se darían cuenta a tiempo de que carecen de vocación docente, pudiendo enfocar su actividad hacia la empresa, la investigación u otros campos.

Es cierto que todo profesor universitario ha vivido, previamente como alumno, experiencias de

un buen número de profesores, con lo que dispone de variados ejemplos para actuar por mimetismo. También es cierto que la facilidad en la transmisión de ideas y la capacidad de motivar tiene un cierto carácter innato. No obstante, este tipo de argumentos no debe ocultar que los docentes universitarios, si bien disponen de conocimientos científicos suficientes, carecen en general de los conocimientos pedagógicos fundamentales⁸. Sería conveniente, sin embargo, que los docentes universitarios en las diversas áreas de la Química dispusieran de ciertos conocimientos de didáctica de esta materia, desde la perspectiva de la epistemología de la Ciencia, la psicología del aprendizaje, la didáctica general y la didáctica de las Ciencias.

Además, cuando existe buen número de investigadores universitarios dedicados precisamente al estudio e

investigación de Didáctica de las Ciencias Experimentales, sería conveniente aprovechar sus trabajos y conclusiones.

En este sentido, este artículo pretende ser esencialmente una llamada de atención sobre la Didáctica de la Química, planteando cuestiones generales, a veces únicamente a modo de sugerencias. Sin pretender resumir un tratado de Pedagogía, sí se intenta transmitir la idea de que existen técnicas educativas bien definidas para hacer la enseñanza de la Química a nivel universitario más eficaz. Estas técnicas no requieren a menudo un gasto grande ni en esfuerzo ni en coste, y han sido validadas por investigación documentada. En otras palabras, su eficacia no es simplemente cuestión de opinión.

Se ofrece una selección de bibliografía y de direcciones de Internet para que el lector interesado pueda profundizar en el tema. Para facilitar la comprensión de ciertos términos ajenos al mundo de la Química, incluidos en el texto, se incluye al final un glosario.

FORMACIÓN DOCENTE DEL PROFESORADO

Las funciones propias del profesorado universitario son esencialmente la docencia, la investigación, y el desarrollo de tareas administrativas y de gestión. Un dilema que se suele plantear es la determinación del tiempo que se debe dedicar a cada una de ellas, teniendo en cuenta que, como se indicó en la Introducción, suele ser la tarea investigadora la que repercute de una forma más directa en la selección y promoción del profesorado. En todo caso, la distribución de tareas dependerá un gran medida de la época del curso, situación del Departamento o del Centro, y características de cada profesor (categoría profesional, experiencia, y otras)⁹. Afortunadamente, dentro del mundo de la Química podemos explicar la situación acudiendo al concepto de resonancia (ver figura 1), considerando que la contribución de cada forma re-

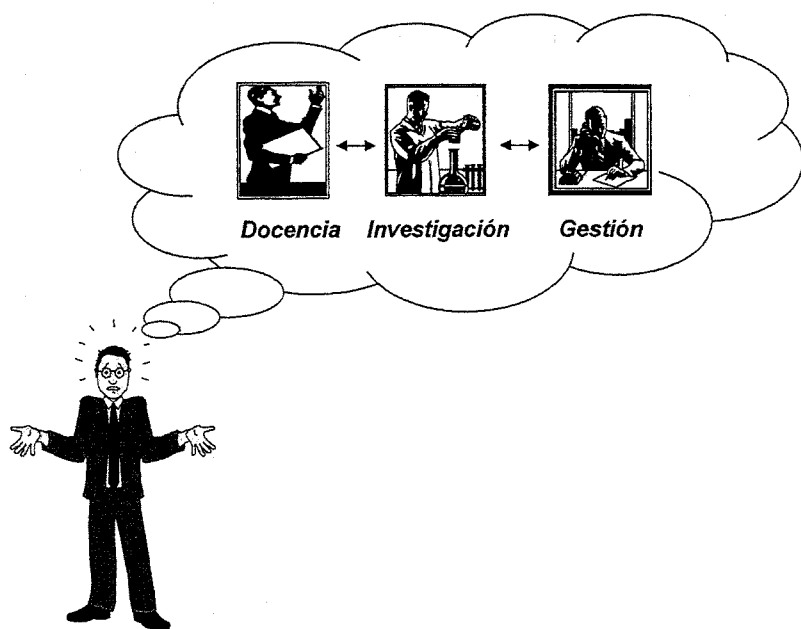


Figura 1. Reflexión sobre la tarea propia del profesor universitario, por analogía con el concepto de resonancia: es un híbrido de todas las funciones señaladas y no puede representarse satisfactoriamente por ninguna de ellas.

sonante de dicha figura en la función global del profesor (híbrido de resonancia), dependerá de los factores señalados.

En cuanto a la preparación pedagógica específica, dentro de las funciones docentes, hay que considerar que debería estar en algún punto intermedio entre no dedicarla ningún esfuerzo y dedicar todo el tiempo a estudios que, en realidad, son objeto de investigación por otros profesionales de la docencia universitaria. Con peculiaridades evidentes, consideraciones sobre la enseñanza de la Química a nivel elemental, como las recogidas recientemente por las profesoras Martín Sánchez¹⁰, son similares en gran medida para los niveles universitarios.

Como ejemplo de profesores universitarios relacionados con áreas de la Química e implicados simultáneamente en el estudio e investigación de métodos y técnicas de enseñanza de este área del saber, destacan Richard M. Felder y Phillip Wankat, que ofrecen amplia información sobre estas cuestiones en diversas fuentes^{11,12}. La primera idea que transmite Felder en sus páginas personales de Inter-

net¹¹ es precisamente que *"la enseñanza universitaria es la única profesión cualificada para la que no se requiere ni se proporciona ninguna preparación"*. Si bien ambos autores hacen referencia en sus textos a la enseñanza de la Ingeniería, ha de considerarse que los dos son titulados y profesores de Ingeniería Química, por lo que sus conclusiones son adecuadas también a otros campos de la Química.

ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA

El tipo de alumno que cursa asignaturas de Química a nivel universitario es variado en cuanto al curso realizado: es muy diferente la motivación de los alumnos en los primeros cursos que en los últimos. Por otra parte, no será igual, en cuanto a interés por las materias, un alumno de Facultad de Química que un alumno que cursa alguna asignatura de Química en estudios de Ingeniería, Biosanitarios, u otros. En todo caso, es conveniente tener en cuenta la imagen no especialmente positiva de esta Ciencia, y

su carácter de área central de la interdisciplinariedad, como recogió Mammino¹³ recientemente en esta revista.

Como elemento esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje, el alumnado requiere una atención especial. Máxime si se tiene en cuenta que la enseñanza de la Química implica algo más que enseñar a los alumnos a resolver problemas algorítmicos¹⁴: uno de los propósitos esenciales de la Química a nivel universitario debería ser enfatizar en el pensamiento crítico¹⁵.

PROCESO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

El método tradicional de enseñanza de la Química tiene su origen en el behaviorismo o conductismo. Uno de los primeros pensadores de esta teoría de la Psicología fue el fisiólogo ruso Ivan Pavlov (1849-1936), bien conocido por sus estudios de reflejos condicionados y la causa que los produce (el condicionamiento). La didáctica conductista se basa en la creencia de que una idea se puede transferir intacta del pensamiento del profesor al pensamiento del alumno o, en otras palabras, que "contar" algo en clase es lo mismo que "enseñar". Esta teoría, denominada también a veces objetivismo, otorga, entre otros aspectos, una importancia fundamental a la

enumeración de objetivos educativos para establecer los logros. Teorías conductistas impregnan por ejemplo muchas formas de publicidad.

Una metodología alternativa al enfoque conductista la constituye la del aprendizaje cognitivo o constructivismo¹⁶, que parte de la idea de que el alumno no es una "pizarra en blanco" donde escribir, sino que tiene una serie de conocimientos, correctos o erróneos, que activa en cada situación de aprendizaje y con los que trata de relacionar los nuevos conocimientos que se le proponen. Hace hincapié, pues, en los procesos del pensamiento de quien aprende y asume que, más que el propio conocimiento, es la motivación, la actitud y el estilo de aprendizaje lo que afecta al proceso de aprendizaje. El psicólogo suizo Jean Piaget (1896-1980) fue uno de los investigadores que iniciaron esta teoría. Su labor comenzó estudiando el comportamiento de sus propios hijos: anotando cada una de sus acciones demostró que los conceptos de un niño son diferentes en cada etapa del desarrollo, por lo que en buena medida son irrelevantes los conocimientos que se intenta inculcarles.

En la tabla 1 se resumen algunos aspectos comparativos del conductismo y del constructivismo.

En este punto, el lector podrá percibir por qué a lo largo del texto se suele indicar el término compuesto

enseñanza-aprendizaje y no sólo uno de ellos. Asimismo, se percibirá la importancia que la Pedagogía actual otorga a cuestiones como la motivación del alumno o la detección de asimilación de ideas erróneas por su parte.

A la hora de diseñar su programación el profesor debe reflexionar sobre la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje en la Didáctica de la Química, y su relación con las fuentes del currículo. Estas cuestiones se resumen en la tabla 2. Para una mayor profundización, se recomienda el texto de Arbizu Echávarri¹⁸ que, si bien está dedicado a la Formación Profesional de la LOGSE, tiene la ventaja de que está referido especialmente a estudios de Química, por lo que los abundantes ejemplos son de especial utilidad.

Las capacidades terminales son la expresión de un comportamiento adquirido, observable y medible, centrado en el proceso de aprendizaje del alumno. Son capacidades complejas, puesto que se adquieren al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los elementos de capacidad son capacidades más sencillas, con las que se pretenden alcanzar, mediante las actividades de enseñanza-aprendizaje, las capacidades terminales. En el entorno educativo, a estas capacidades también se las denomina intenciones u objetivos educativos. El tér-

TABLA 1. Comparación entre las didácticas conductista y constructivista basada en el trabajo de Sánchez y Valcárcel¹⁷.

Concepción	Conductismo	Constructivismo
Papel del profesor	Transmitir conocimientos	Facilitar situaciones que ayuden al alumno a construir significados, desarrollar destrezas y resolver problemas
Papel del alumno	Asimilar pasivamente la información	Construir activamente significados y resultados
Mente del alumno	Vacía o con ideas fácilmente reemplazables	Ideas fuertemente acomodadas basadas en su experiencia
Dependencia del Aprendizaje	Situaciones externas (profesor, clases, libros, experimentos, etc.)	Situaciones externas y experiencias e ideas previas de los alumnos
Aprendizaje	Rellenar un recipiente vacío	Modificar, sustituir o ampliar ideas (o conceptos existentes)
Conocimiento	Algo que existe "fuera", independiente de quien lo conoce	Algo que debe ser construido por cada individuo
Evaluación	El profesor controla el proceso	Profesor y alumno controlan el proceso
Recursos y Actividades	Exposiciones del profesor, audiovisuales, lecturas, experiencias de laboratorio, resolución de problemas, cuestiones, trabajo individual y en grupo, y otros	

mino "objetivo educativo", quizá algo en desuso en la Pedagogía moderna, suele ser la denominación más habitual en los ambientes universitarios, por lo que es el que se emplea en este texto.

Los objetivos educativos son formulaciones que determinan los resultados esperados en el aprendizaje del alumno y son la base del diseño curricular. Cada objetivo es una conducta observable que expresa lo que se espera del alumno, no las tareas del profesor. Los objetivos educativos se pueden clasificar en función de varios aspectos¹⁹:

- Por su amplitud: generales (el comportamiento final que se pretende obtener) y específicos (comportamientos intermedios). Son conceptos análogos a las capacidades terminales y elementos de capacidad, respectivamente, a los que se aludía anteriormente.
- Por su nivel de exigencia: mínimos obligatorios, optativos, y libres o de ampliación.
- Por su formulación: genéricos (identifican aspectos internos del sujeto) y operativos. Los últimos, expresados en términos de conducta observable y medible, con verbos de acción (aplicar, ordenar, diferenciar, etc.) sirven para concretar los generales (formulados con verbos de actitudes como comprender, valorar, etc.).

Si bien un tratamiento exhaustivo de la formulación de objetivos educativos está fuera de los fines de este texto, sí conviene resaltar que es uno

de los aspectos fundamentales de la docencia universitaria. En muchos casos, el alumno desconoce cómo tiene que abordar las distintas materias y, por otra parte, el profesor se refiere a alumnos bien o mal preparados, pero sin poder especificar de forma fehaciente los objetivos alcanzados y los que no, lo que sería de gran utilidad, por ejemplo, para la coordinación de asignaturas. Algunas características que debe cumplir cada objetivo es: estar escrito y dirigido al alumno (como sujeto que aprende), así como ser claro, preciso, alcanzable (no utópico), comprobable (y evaluable), temporalizado, y comunicado al alumno.

Los objetivos educativos bien formulados, aparte de suponer una ayuda al estudiante, son herramientas fundamentales en la preparación de la actividad en el aula y de los exámenes (20). Ayudan además a los profesores que imparten la materia por primera vez y a los de los cursos siguientes. Con ellos además, un Departamento detectaría fácilmente tanto duplicidades como ausencias de conceptos entre asignaturas.

Para favorecer una comunicación efectiva de lo que se espera, se debe ofrecer al alumno los objetivos de su aprendizaje, con una estructura general del tipo:

al final de este curso (capítulo, semana, clase, etc.) deberías ser capaz de ()*

o

para hacer bien el examen, deberías ser capaz de ()*

Donde (*) es una frase que empieza por un verbo de acción (calcular, enumerar, resolver, estimar, describir, explicar, predecir, modelizar, diseñar, optimizar, y otros).

Los resultados del aprendizaje pueden estar referidos al campo cognoscitivo (relacionado con el saber y el raciocinio), psicomotor (capacidad motora o de manipulación de instrumentos) o afectivo (elecciones del alumno sobre sus propias acciones personales). Aunque los dos últimos ámbitos son de importancia también en niveles universitarios (por cuestiones como constancia en el trabajo, ética profesional, disposición al trabajo en equipo, etc.), es el primero el más relacionado con el objeto de este trabajo.

Como ayuda en la determinación de los resultados cognoscitivos del aprendizaje se suelen utilizar distintas taxonomías, destacando por su aplicación en el mundo de la Química a nivel universitario la propuesta por Bloom²¹. Benjamin S. Bloom (psicólogo estadounidense nacido en 1913) publicó su primer trabajo al respecto (como coordinador de un grupo de especialistas en la materia) en 1956, y supuso una revolución en el área de la Educación. Según la taxonomía de Bloom, los resultados cognoscitivos del aprendizaje se clasifican en los siguientes campos:

- Conocimiento. De carácter memorístico, permite la enumeración e identificación. Se refiere a la capacidad para enunciar nombres, hechos y generalidades. Representa el nivel más bajo de los objetivos de

TABLA 2. Fuentes del currículo a tener en cuenta por el profesorado en el diseño de su programación.

Fuente	Cuestiones	Tipo de respuestas
Productiva	¿para qué enseñar?	Objetivos o intenciones: preparación para ciertas capacidades, desarrollo de habilidades, preparación para otros estudios, adquisición de competencia profesional, y otras
Epistemológica	¿qué enseñar?	Conceptos, procedimientos, habilidades y actitudes
Psicológica	¿a quién enseñar?	Características del alumno
Pedagógica	¿en qué orden y cuándo enseñar? ¿cómo enseñar? ¿cómo y cuándo evaluar?	Organización y secuenciación Métodos y técnicas de enseñanza-aprendizaje Métodos, criterios y actividades de evaluación

TABLA 3. Ejemplos de objetivos educativos para la Química a nivel universitario, siguiendo la taxonomía de Bloom de resultados cognoscitivos.

Ámbito del pensamiento	Capacidad (verbos)	Ejemplo de formulación a alumnos
1. Conocimiento	Enumerar, expresar, identificar, citar, completar, localizar,...	Enumerar los oxoaniones y oxoácidos del cloro
2. Comprensión	Predecir, resumir, extrapolar, diferenciar, explicar, convertir,...	Explicar con tus propias palabras el concepto de presión de vapor
3. Aplicación	Aplicar, clasificar, demostrar, operar, resolver, escoger,...	Calcular la f.e.m. de una pila en función de las concentraciones
4. Análisis	Analizar, categorizar, comparar, distinguir, elegir, esquematizar,...	Analizar la desalinización del agua de mar por ósmosis inversa
5. Síntesis	Combinar, componer, construir, integrar, modificar, planificar,...	Resolver un problema con conceptos de varios temas
6. Evaluación	Apreciar, contrastar, criticar, decidir, argumentar, justificar,...	Decidir el intercambiador de calor más adecuado para un caso

aprendizaje, pero permite el razonamiento.

- Comprensión. Consiste en demostrar el entendimiento de términos y conceptos, permitiendo la interpretación y asimilación de conocimientos.
- Aplicación. La información aprendida se utiliza para la resolución de un problema.
- Análisis. Se separan los conceptos en elementos, formulando explicaciones lógicas para fenómenos observados y comprendiendo la interrelación y jerarquización u ordenación de ideas.
- Síntesis. Se realiza una nueva estructura mental, lo que supone creatividad.
- Evaluación. Se elige entre alternativas, justificando la elección usando criterios específicos. Se produce un juicio crítico.

Estos tres últimos ámbitos se consideran las habilidades o destrezas de pensamiento de alto orden. A diferencia de lo que a veces entiende cierto número de profesores, este tipo de consideraciones y de análisis no indica que la memorización es mala *per se*; lo que viene a señalar es que tiene una gran importancia, pero no es el único resultado cognoscitivo al que se debe aspirar, sino la base de otros. Algunos ejemplos de formulación de objetivos educativos, de acuerdo a los seis niveles de pensamiento de la ta-

xonomía de Bloom, referidos a cuestiones de Química, se muestran en la tabla 3.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE QUÍMICA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO

La elaboración y selección del método didáctico a seguir debería tener justificación psicológica, lógica y educativa. Los métodos didácticos son muy variados. Una vez más, se saldría fuera de los objetivos de este texto un estudio pormenorizado pero, a título orientativo, se citan algunos de los métodos de enseñanza más significativos⁹:

- Por la forma de razonamiento: deductivo, inductivo y analógico (comparativo).
- Por la coordinación de la materia: lógico (orden antecedente y consecuente) y psicológico (orden más cercano a los intereses del educando).
- Por la concretización de la enseñanza: simbólico (o verbalístico; mediante lenguaje oral y escrito) e intuitivo (experiencia directa o recursos análogos).
- Por la sistematización de la materia: rígido (no se permite flexibilidad en el aula), semirígido y ocasional (se aprovecha la motivación del momento).

- Por las actividades de los alumnos: pasivo y activo.
- Por la globalización de conocimientos: globalización y especialización.
- Por la relación entre alumno y profesor: individual, recíproco (o lancasteriano; el profesor orienta a algunos alumnos para que enseñen a sus condiscípulos) y colectivo.
- Por el trabajo del alumno: individual, colectivo y mixto.
- Por la aceptación de lo enseñado: dogmático y heurístico (se incita al alumno a comprender antes que a fijar conocimientos).

Las diversas técnicas de enseñanza-aprendizaje concretan y llevan a la práctica los métodos de enseñanza. Enseñanza programada, estudio dirigido, proyecto, múltiples técnicas grupales, etc., son sólo ejemplos de que, aparte de la lección magistral, basada en la técnica expositiva, existen otras muchas maneras de proceder.

Con todo esto, no se intenta indicar que la clase magistral es una técnica obsoleta o fuera de lugar. Muy al contrario, probablemente sea una de las técnicas más eficaces en el estudio universitario. Pero lo que sí hay que entender es que no es la única existente, ni sirve para todo tipo de conocimiento. Además, se puede enriquecer con complementos adecuados. Por ejemplo, y según Edgar²², la retención de información para diferen-

TABLA 4. Ejemplos de aplicaciones de casos y analogías de la vida cotidiana para la enseñanza - aprendizaje de Química.

Concepto	Referencia
Tratamiento cuantitativo del enfriamiento del agua en un botijo	(23)
Preparación de material conductor eléctrico con cera de una vela y cobre	(24)
Simulación de la variación de radios atómicos e iónicos mediante pelotas y balones de distintos deportes	(25)
Efecto de la temperatura en la velocidad de disolución de comprimidos efervescentes comerciales	(26)
Estequiometría aplicada a un medicamento con hierro a partir de la información suministrada en el prospecto	(27)

tes estrategias de aprendizaje es de: 90% enseñando a otros, 75% practicando, 50% discutiendo en grupo, 30% con demostraciones, 20% usando técnicas audiovisuales, 10% leyendo y (¡sólo!) un 5% oyendo una conferencia. Existen multitud de trabajos donde se abordan técnicas para la mejora de la clase magistral^{11,12}, que incluyen cuestiones del tipo: expresión oral, cuidado de la voz, organización de la pizarra (precisamente hay que evitar la conocida como "pizarra del científico"), preparación de transparencias, etc..

A veces, una serie de consideraciones sencillas como que no se puede mantener la atención hacia un tema más de unos cuarenta minutos, que no se debe dar la espalda (mirando al encerado por ejemplo) mientras se habla, que las transparencias no son una "chuleta" para el profesor y que deben verse adecuadamente en todo el aula, que (y desde la época de la Tragedia griega) la argumentación se estructura en introducción - nudo - desenlace, y otras, suponen una ayuda considerable.

En este sentido, supone un buen recurso en Química, para motivar a

los alumnos, proponer casos y analogías de la vida cotidiana¹⁰. A modo de ejemplo, en la tabla 4 se muestran algunos de los desarrollados por el autor. En estos casos, hay que intentar evitar que el alumno se quede sólo con el ejemplo y no con el contenido. Como curiosidad, el autor de este artículo, tras resaltar que no se trata de una situación de equilibrio, utiliza en sus clases la analogía ya clásica de Roberts²⁸ para explicar el concepto de resonancia: *un viajero medieval europeo, para indicar a sus vecinos cómo era un rinoceronte (animal real pero incomprendible para ellos) que había visto en la India, lo describía como un híbrido de dragón y unicornio (dos animales totalmente imaginarios pero que eran bien asimilados por ellos). En un examen en el que se preguntaba por este concepto, un alumno contestó: "la resonancia es algo así como describir al unicornio como un equilibrio entre hipopótamo y rinoceronte"*.

Como se ha indicado frecuentemente¹⁰ ningún método o técnica de enseñanza es la panacea, por lo que debe buscarse el más adecuado en cada situación, intentando llegar a un equilibrio en la utilización de las di-

versas posibilidades, considerando que lo que es favorable para un alumno puede no serlo para otro.

La introducción de tecnologías digitales y de telecomunicación facilitan el tránsito de un modelo de enseñanza-aprendizaje pasivo a otro más individualizado y activo, como se resume en la tabla 5.

En concreto, el uso de Internet facilita todo el tipo de tareas que se han venido señalando. Existen miles de direcciones con recursos educativos de Química, que a su vez remiten a otras mediante enlaces. Así, la propia Red se transforma a menudo en una "maraña". En este punto, el profesor tiene mucho que hacer de cara al alumno, como orientador y guía. A título informativo, en la tabla 6 se recogen varias direcciones que se consideran de especial interés como fuentes de recursos didácticos en Química a nivel universitario, aparte de las que se han ido señalando anteriormente.

Para una mayor profundización en el tema de Didáctica de la Química se sugiere la lectura de los trabajos publicados recientemente por Lagowski²⁹ y Herron y Nurrenbern³⁰.

TABLA 5. Cambio de paradigmas educativos según Lagowski²⁹.

Modelo antiguo	Modelo nuevo	Implicaciones tecnológicas
Clases en el aula	Explicación individual	Ordenadores interconectados con acceso a la información
Absorción pasiva	Aprendizaje	Habilidades en el desarrollo de simulación
Trabajo individual	Trabajo en equipo	Herramientas para colaboración y correo electrónico
Profesor omnisciente	Profesor como guía	Acceso a expertos a través de redes informáticas
Contenido estable	Contenido cambiante	Acceso a publicaciones y a redes informáticas
Homogeneidad	Diversidad	Variedad de herramientas y métodos de acceso

TABLA 6. Selección de recursos en Internet con información sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química a nivel universitario.

Entidad	Dirección de Internet	Contenido y comentarios
Journal of Chemical Education	http://jchemed.chem.wisc.edu	Resúmenes de los artículos de esta publicación, probablemente la de mayor prestigio en Enseñanza de la Química, con enlaces a otros recursos. Si el Centro docente está suscrito, se tiene acceso vía Internet a la edición completa y a información adicional
University Chemistry Education	http://www.rsc.org/uchemed/uchemed.htm	Publicación de difusión gratuita editada por la Royal Society of Chemistry.
CERAPE (Chemistry Education: Research and Practice in Europe)	http://www.uoi.gr/conf_sem/cerapie/about.html	Publicación reciente de difusión gratuita. Incluye ponencias seleccionadas de la European Conference on Research in Chemical Education
Departamento de Química de la State University of New York	http://www.chem.sunysb.edu/cheedres.html	Enlaces a recursos variados de enseñanza de la Química
Quiminet	http://personal5.iddeo.es/pefeco/index.html	Desarrollado por el Prof. Pedro Fernández Cortés en español e inglés, recoge multitud de recursos y fuentes de software educativo.

CONCLUSIONES

Existen técnicas educativas bien definidas y contrastadas que permiten la enseñanza de la Química a nivel universitario de forma más eficaz. Estas técnicas, que en muchos casos no requieren grandes esfuerzos ni en tiempo ni en coste, están validadas por investigación documentada. Sin pretender que el profesorado universitario de las diferentes áreas de la Química desvíe toda su atención investigadora hacia la Didáctica de la Química, sí se sugiere una cierta implicación, interés y responsabilidad hacia este área del conocimiento, con objeto de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Se indica el significado de una serie de términos del campo de la Pedagogía. En el caso de varias acepciones posibles se ha incluido aquí la más adecuada al contexto en el que se han empleado.

Capacidad terminal: resultado que debe ser alcanzado por los alumnos.

Currículo: conjunto de estudios y prácticas destinadas a que el alumno desarrolle plenamente sus posibilidades. Plan de estudios.

Didáctica: área de la Pedagogía que se ocupa de los métodos y técnicas de enseñanza.

Elementos de capacidad: aptitudes o capacidades con las que se pretenden alcanzar las capacidades terminales.

Epistemología: doctrina que trata de los fundamentos y métodos del conocimiento científico.

Heurística: arte de inventar o descubrir.

Método de enseñanza-aprendizaje: conjunto lógico de procedimientos didácticos que tienden a dirigir el aprendizaje. Es el camino a través del cual se pueden lograr los objetivos didácticos.

Paradigma de una Ciencia: en el sentido ampliamente aceptado desde los trabajos del físico y filósofo de la Ciencia Thomas Kuhn (1922-1996)³¹, es el conjunto de proposiciones lógico-lingüísticas y teórico-experimentales que son comunes a los miembros de un grupo científico. Según Kuhn, los paradigmas no se ponen en discusión, sino que se aplican, profundizan y amplían en las fases de "ciencia normal", hasta que continuas "anomalías" de tipo empírico hacen que se revisen,

dando lugar a fases de ruptura o "revoluciones científicas" en las que se elaboran otros nuevos.

Pedagogía: Ciencia que se ocupa de la educación y de la enseñanza.

Programación: conjunto de unidades de trabajo ordenadas y secuenciadas. Compone una ordenación operativa de todo un sistema de actividades de aprendizaje y de evaluación.

Taxonomía: Ciencia que se ocupa de los principios, métodos y fines de la clasificación. Por extensión, clasificación.

Técnica de enseñanza-aprendizaje: Procedimiento o recurso con el que se concreta y se lleva a la práctica un método de enseñanza-aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis profesores (y especialmente en este caso a los de asignaturas de Química) de B.U.P. (Colegio Begoña de la Fundación Hogar del Empleado de Madrid), C.O.U. (I.N.B. San Isidro de Madrid) y Universidad (Facultad de Química de la Universidad Complutense), por su dedicación y ejemplo.



REFERENCIAS

- Gimeno Sacristán, J. (1992) Profesionalización docente y cambio educativo, Ed. Miño y Dávila, Buenos Aires.
- Ezcurra, A.M., De Lella, C. y Krotsch, P. (1994), Formación docente e innovación educativa, Ed. Rei Argentina, Buenos Aires.
- Manuilov, V.F., Melezinek, A. and Prikhodko, V.M. (1998) Professional and pedagogical aspects of engineering education, Ed. Rus-sanov Publishing House, Moscow.
- Lichter, R.L. (1999), A modest question: what does it mean to be a professor?, *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, pp.1610-1611.
- Ley orgánica de ordenación general del sistema educativo - LOGSE (1990) *Boletín Oficial del Estado de 4 de octubre*.
- Real Decreto 1692/1995 por el que se regula el título profesional de especialización didáctica (1995) *Boletín Oficial del Estado de 9 de noviembre*.
- Real Decreto 321/2000 por el que se modifica el RD 1692/1995 (2000) *Boletín Oficial del Estado de 4 de marzo*.
- Spencer, J. (1999) New directions in teaching chemistry: a philosophical and pedagogical basis, *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, pp. 566-574.
- Pinto, G. (1995), Curso de estrategia didáctica del nivel superior, *Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)*.
- Martín Sánchez, M. y Martín Sánchez, M.T. (2000), Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Química a nivel elemental, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 96 (4), pp. 40-44.
- Recursos educativos en Ingeniería Química que incluyen más de un centenar de artículos sobre el tema, por el Prof. Richard M. Felder, en la dirección de Internet: <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/RMF.html>
- Wankat, P.C. and Oreovicz, F.S. (1993), Teaching engineering, Ed. McGraw-Hill, New York. Accesible de forma gratuita en la dirección de Internet: <http://unitflops.ecn.purdue.edu/ChE/News/Book>
- Mammino, L. (2001), Algunas reflexiones sobre la imagen de la Química, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 97 (2), pp. 48-52.
- Phelps, A.J. (1996) Teaching to enhance problem solving: it's more than the numbers, *Journal of Chemical Education*, Vol. 73, pp. 301-303.
- Kogut, L.S. (1996) Critical thinking in General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. 73, pp. 218-220.
- Porlan, R., García, J.E. y Cañal, P. (1990) Constructivismo y enseñanza de las Ciencias, Ed. Diada, Barcelona.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel Pérez, M.V. (1993), Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales, *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 11 (1), pp.33-34.
- Arbizu Echávarri, F. (1998), La formación profesional específica: claves para el desarrollo curricular, Ed. Santillana, Madrid.
- Sánchez Núñez, J.A. (1992) Los objetivos educativos, *Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid*.
- Felder, R.M. and Brent, R. (1997) Objectively speaking, *Chemical Engineering Education*, Vol. 31, pp.178-179.
- Bloom, B.S. (1984), Taxonomy of educational objectives: part I, Cognitive domain, Ed. Longman, New York.
- Edgar, T.F. (2000) Information technology and chemical engineering education: evolution or revolution?, *Chemical Engineering Education*, Vol. 34, pp.290-295.
- Zubizarreta, J.I. and Pinto, G. (1995), An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer, *Chemical Engineering Education*, Vol. 29, pp. 96-99.
- Pinto, G. (1996) Testing the electrical resistivity of wax and copper composites, *Journal of Chemical Education*, Vol. 73, pp. 683-685.
- Pinto, G. (1998) Using balls from different sports to model the variation of atomic sizes, *Journal of Chemical Education*, Vol. 75, pp.725-726.
- Pinto, G. (2000) Experimenting with a Fizzy Tablet, *Education in Chemistry*, Vol. 37, pp.71,81.
- Pinto G. (2001) Stoichiometry applied to an iron medicine, *Education in Chemistry*, Vol. 38, en prensa.
- Citado en Morrison, R.T. y Boyd, R.N. (1976) Química Orgánica, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México, p. 217.
- Lagowski, J.J. (1998) Chemical education: past, present, and future, *Journal of Chemical Education*, Vol. 75, pp. 425-436.
- Herron, J.D. and Nurrenbern, S.C. (1999), Chemical education research: improving chemistry learning, *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, pp.1353- 1361.
- Kuhn, T. (1995), La estructura de las revoluciones científicas, Ed. Fondo de Cultura Económica, México.