

Aportaciones sobre el aprendizaje activo de la química

Gabriel Pinto Cañón,^a Pilar Escudero González^b y Manuela Martín Sánchez^c

Resumen: Se aportan una serie de ideas y consideraciones sobre el aprendizaje activo de la Química, cuestión ampliamente debatida desde hace décadas para la enseñanza de niveles previos al universitario y que, en este último, está siendo objeto de discusión recientemente, principalmente debido al conocido como "Proceso de Bolonia". Las ideas tratadas en este artículo son, en buena medida, fruto del trabajo asociado a la preparación de una Jornada y de un libro (escrito por cerca de 150 autores de distintos niveles educativos), ambos con el título de "Aprendizaje Activo de la Física y la Química".

Palabras clave: Didáctica de la Química, aprendizaje activo, proceso de Bolonia.

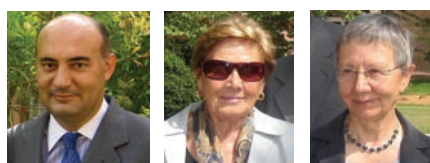
Abstract: This paper summarizes ideas about the active learning of Chemistry. This concept, which has been the object of debate for many decades at pre-university levels, has been extensively discussed since the beginning of this century for the university level in European countries, promoted by the renowned "Bologna Process". This paper summarizes the presentations that were the focus of an international conference of physical and chemical education specialists, held in Madrid in July 2007, on "Active learning in physics and chemistry". A product of this conference was the edition of a book of proceedings, including 58 works by 146 authors.

Keywords: Chemical education, active learning, Bologna process.

Introducción

El concepto de "aprendizaje activo" es ampliamente destacado como una herramienta esencial para la innovación educativa, en las diversas etapas de la enseñanza, e incluye distintas metodologías docentes, como son: aprendizaje basado en problemas, proyectos, trabajo en el laboratorio, tutorías, aprendizaje cooperativo y discusión de casos prácticos, entre otras. Estos métodos se facilitan en muchas ocasiones con el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Un buen número de ejemplos al respecto, que incluyen desde prácticas de laboratorio no limitadas a "seguir una receta", a exposiciones en el aula de experimentos químicos con la ayuda del retroproyector, así como los resultados de nuevos métodos docentes, se han publicado recientemente en esta revista.^[1-7]

A nivel universitario, el nuevo enfoque metodológico, asociado al proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior, mediante el conocido como "Proceso de Bolonia",^[8,9] implica que el sistema educativo español actual, como otros del entorno europeo, apoyado en la "enseñanza", debe transformarse en otro fundado en el "aprendizaje", lo que supone una mayor implicación y autonomía del estudiante y un nuevo papel del profesorado como agente creador de entornos de aprendizaje que estimule a los alumnos.



G. Pinto

P. Escudero

M. Martín

^a Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química, E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

^b Grupo de Didáctica e Historia de la Física y de la Química de las RR. SS. EE. de Física y de Química, Facultad de Química, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid.

^c Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

C-e: gabriel.pinto@upm.es; rsequim@rect.ucm.es; mmartins@edu.ucm.es

Recibido: 17/09/2007. Aceptado: 13/02/2008.

Para los lectores interesados en consultar y analizar las implicaciones docentes del nuevo marco educativo en la universidad española, se recomienda la consulta del documento sobre "Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad", elaborado por la Secretaría General del Consejo de Coordinación Universitaria.^[10]

Por otra parte, en los últimos años, diversos estudios han resaltado una disminución alarmante en el interés de alumnos preuniversitarios por cursar estudios de Ciencias Experimentales y Matemáticas. A pesar de los numerosos proyectos y acciones concretas que están siendo aplicadas para acabar con esta tendencia, entre los que se puede destacar la celebración del Año de la Ciencia en España,^[11] los signos de mejora son todavía poco optimistas. Además, entre la población en general, la adquisición de conocimientos científicos, en una sociedad cada vez más dependiente del uso del conocimiento, es un proceso que se encuentra también con importantes lagunas. Recientemente, en este sentido, la Comisión Europea encargó a un grupo de expertos, bajo la dirección de Michel Rocard, ex Primer Ministro de Francia, el estudio, desarrollo y gestión de iniciativas que puedan ponerse en práctica así como la elaboración de proyectos con el fin de provocar un cambio radical en el interés de los jóvenes hacia los estudios de Ciencias. Un primer documento,^[12] cuya portada se muestra en la Figura 1, recoge las conclusiones y recomendaciones de este grupo de expertos, recogidas bajo el título de: "*Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*". En resumen, el documento recomienda que los pro-



Figura 1. Portada del documento *Science Education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*.^[12]

fesores de áreas científicas, promuevan una educación basada en la indagación (*inquiry-based science education, IBSE*) para estimular el interés de los alumnos, al ofrecer un mayor espacio para la observación y la experimentación. Este tipo de educación, equivalente a una "aproximación inductiva", se contraponen al método tradicional o deductivo, en el que el docente presenta los conceptos, sus implicaciones lógicas (deductivas) y ofrece ejemplos de aplicaciones. En el método "tradicional", los alumnos deben manejar nociones abstractas que hacen difícil empezar a enseñar Ciencia antes de la Educación Secundaria. No obstante, el propio documento aludido, señala que las aproximaciones tradicional e inductiva no son excluyentes, y se recomienda que se combinen en la práctica docente, de forma que se acomoden a los tipos de alumnos.

La eficacia del aprendizaje activo no se limita a aspectos motivacionales, sino que la Psicología del aprendizaje muestra, desde hace años, que con ese tipo de aprendizaje se retienen mejor los conocimientos.^[13,14] Así Dale,^[15] hace casi medio siglo, concluía que, después de dos semanas, se tiende a recordar el 10% de lo leído, el 20% de lo oído, el 30% de lo visto, el 50% de lo que se oye y ve, el 70% de lo que se discute y explica, y el 90% de lo que se explica y se hace. En resumen, la implicación activa promueve el recuerdo de conceptos, frente a una implicación pasiva. Y la sabiduría popular también lo avala (se atribuye a Confucio, o en general a la sabiduría oriental, el pensamiento: "me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí, lo hice y lo aprendí").

Entre los múltiples autores que han investigado sobre la práctica docente de la Química mediante métodos activos por parte del alumno, y de forma especial en cuanto a aprendizaje cooperativo, se señalan algunos trabajos de Oliver-Hoyo y Allen.^[16,17] Planteamientos no sólo referidos a la Química, sino también a otras Ciencias Experimentales, pueden analizarse en diversos textos.^[18,19]

En otras palabras, lo expuesto anteriormente se resume, desde la Didáctica de las Ciencias, en la dicotomía entre las corrientes conductivistas y constructivistas del aprendizaje, como se trató en un trabajo anterior.^[20] Los autores de este artículo consideramos, sin embargo, que la cuestión central de los docentes en general, en los distintos niveles educativos, no es seguir al pie de la letra los dictados de una teoría pedagógica u otra, sino conocer las bases y la práctica de cada una de ellas, para aplicarlas a la realidad docente de cada momento. Afortunadamente, los docentes de Física y de Química, conocemos y trabajamos con conceptos como equilibrio y resonancia, que nos pueden ayudar a entender estos planteamientos no excluyentes.

Con la perspectiva general que se ha resumido en los párrafos anteriores, auspiciada tanto por el "Grupo de Didáctica e Historia de la Física y de la Química" de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, como por el Grupo de Innovación Educativa de "Didáctica de la Química", de la Universidad Politécnica de Madrid,^[21] se organizó una Jornada monográfica sobre "Aprendizaje Activo de la Física y la Química". Su objeto principal fue compartir y discutir experiencias, metodologías y resultados alcanzados en distintos entornos educativos. El hecho de unir en un evento a docentes de estas dos áreas de conocimiento se debe, en primer lugar, a las fuertes implicaciones entre la Física y la Química pero, también, a que en España, el profesorado de ambas, en los niveles preuniversitarios, es común.

La Jornada se celebró en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el 10 de julio de 2007, lo que constituyó el *Tercer Foro Biental de Profesores de Física y Química* celebrado en este Centro.

Participaron, entre asistentes y autores, cerca de 300 profesores de treinta universidades, algo más de sesenta centros de educación secundaria y otras Instituciones de casi toda la geografía española, con aportaciones también de docentes de otros países, como Argentina, Chile, Estados Unidos, México, Perú, Portugal y República Sudafricana.

La Jornada citada forma parte de una acción global sobre "Didáctica de la Química y Vida Cotidiana" que incluye también la edición y mantenimiento de páginas en Internet sobre el tema.^[22] Uno de los objetivos de esta acción general es promover la colaboración entre docentes de diversos niveles educativos y entornos, desarrollando herramientas para su empleo en las tareas de formación, al objeto de que las nuevas generaciones aprecien cómo la Química ayuda a la mejora de las condiciones de vida y a aspectos como el desarrollo sostenible.

El foro de discusión, centrado en la aludida Jornada, dirigido esencialmente a docentes de Física y de Química que realizan su labor en los diferentes niveles educativos, cubrió un amplio espectro de perspectivas y se organizó en forma de exposiciones orales, carteles y discusiones.

Para la celebración de la Jornada, aparte de las entidades ya citadas como organizadoras, se contó con el patrocinio de la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química, la Universidad Politécnica de Madrid, el Instituto Superior de Formación del Profesorado, el Foro Permanente Química y Sociedad, el Foro de la Industria Nuclear Española, el *International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education* (ICUC) y el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid.

Temas abordados en la jornada específica sobre el tema

Fruto de la citada Jornada fue la elaboración de un libro,^[23] en el que se recogen 58 trabajos elaborados por un total de 146 autores. Este texto está disponible de forma gratuita, junto con otros análogos ("Didáctica de la Química y Vida Cotidiana" y "Didáctica de la Física y la Química en los Distintos Niveles Educativos") que se publicaron a raíz de los dos Foros similares celebrados en 2003 y 2005, respectivamente.^[22]

Durante la Jornada se presentaron y discutieron aspectos relacionados con el aprendizaje activo de Física y de Química, agrupados en los siguientes apartados: recursos didácticos para el aprendizaje de la Física y la Química, nuevo enfoque metodológico universitario (modelo de crédito ECTS, *European Credit Transfer and Accumulation System*), metodologías educativas basadas en las tecnologías de la información y la comunicación, y trabajos experimentales. Finalmente, tuvieron cabida otros aspectos, como son las soluciones aportadas desde otros países y los proyectos educativos integrales, entre otros.

En vez de detallar todo lo tratado en la Jornada, para lo que se sugiere la lectura del libro correspondiente, se esbozan aquí, en los siguientes párrafos, algunas de las ideas o sugerencias que se consideran más relevantes, de entre lo tratado.

Metodología educativa

- El reto de la pregunta del profesor al alumno en el aula, tanto en clases experimentales como de teoría, es un aspecto destacado. Por otra parte, el profesor debe conseguir que los alumnos sean capaces de plantearse preguntas con relación a un tema concreto.
- Es necesaria la conexión entre aspectos de Física y de Química, así como de otras áreas.
- Desde una edad temprana, los alumnos deben implicarse en el conocimiento científico, pero sin confundirlo con aspectos mágicos o confusos.
- Al fragmentar temas o tópicos, se plantea el problema de la pérdida de perspectiva del conjunto del tema o de la asignatura.
- El análisis histórico de los avances de la Física y de la Química es una fuente importante para el aprendizaje de estas Ciencias. En este sentido, y como herramienta que puede promover la implicación activa de los alumnos, se propusieron durante la Jornada varios ejemplos de reconstrucción de experimentos históricos.

Nuevo enfoque metodológico universitario

- La innovación docente se debe hacer de forma paulatina. No se debe imponer, sino que se debe sugerir, de forma que el profesor considere que la idea es buena y sea interesante seguir ese nuevo camino.
- La coordinación de profesores es esencial para la metodología docente que aportan aspectos como el modelo de crédito ECTS.
- Cuando se plantea a los alumnos, en proyectos docentes piloto o experimentales, la elección entre enseñanza "tradicional" o con el "modelo ECTS", suelen elegir el segundo, pero con frecuencia se ven abrumados por una gran cantidad de trabajo.
- Cuestiones como aprendizaje basado en problemas o en casos, aprendizaje cooperativo, realización de mapas conceptuales (y otros organizadores gráficos) por parte de los alumnos, etc., se consideran, de forma genérica, como positivas, pero deben ser objeto de una preparación y planificación adecuada de los profesores, así como de una formación conveniente para los alumnos. De hecho, buena parte del fracaso observado en planes piloto y ensayos de estos métodos, provienen de una falta de preparación.
- Es difícil enfocar el modelo ECTS con alumnos que no quieren participar activamente en el proceso educativo o que se alejan del modelo una vez iniciado el curso.
- Los cursos cero o propedéuticos, a nivel universitario, tienen ventajas, pero también inconvenientes, que deben valorarse con cuidado en cada caso.

Empleo de trabajos experimentales

- La posibilidad de realizar experimentos en el aula de teoría, con participación de alumnos, facilita el aprendizaje. A modo de ejemplo, la distinta atracción de un pequeño chorro de agua o de tetracloruro de carbono, hacia una varilla de vidrio cargada eléctricamente, es un experimento sencillo, que sirve para observar el carácter polar o apolar de las moléculas implicadas. La observación mediante la proyección con retroproyector del efecto de un trozo de sodio en agua, o la observación en el aula del calentamiento de una

bebida "autocalentable" (por disolución de una sal en agua), pueden servir para proponer completos y variados ejercicios a resolver por los alumnos. Este tipo de experimentos, que en ocasiones también se pueden proponer para que los lleven a cabo en casa, son estimulantes para los alumnos y pueden ser eficaces como aproximación al aprendizaje basado en problemas (ABP).

- Con medios simples, como plastilina o papel (ver Figura 2), se pueden elaborar, de forma cooperativa, modelos moleculares incluso de cierta complejidad.
- Los experimentos que se realizan o se proponen deberían estar adecuados al nivel de los alumnos.
- Se necesitan integrar los aspectos experimentales y teóricos.

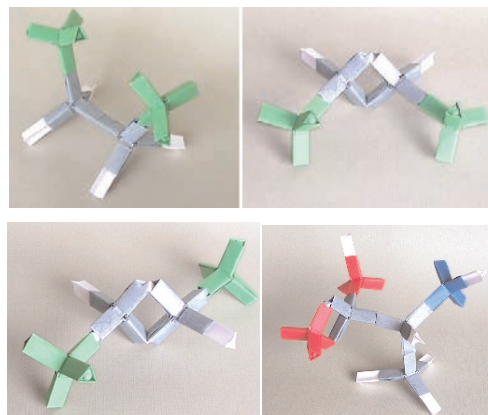


Figura 2. Ejemplos de geometrías moleculares diseñadas por los alumnos con papel, en el aula, presentados por la profesora Garrido.^[23]

Metodologías educativas basadas en las TIC

- Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y, especialmente, los programas informáticos adecuados y la comunicación mediante Internet, son herramientas que facilitan la labor educativa. De forma especial, se señala la importancia de las simulaciones, como herramienta complementaria en el aprendizaje de conceptos físicos y químicos.

Relaciones y clima en el aula

- En clases universitarias, con 300 alumnos en el aula, puede haber una implicación más activa que en otra de 40 alumnos, pero depende mucho del profesor.
- Temas que aparentemente son "áridos" en el aprendizaje, como la tabla periódica de los elementos, pueden facilitarse mediante juegos y preguntas. En la Figura 3, por ejemplo, se ilustra una actividad de aprendizaje cooperativo de la cinética de desintegración nuclear, mediante cálculos con caramelos en el aula.



Figura 3. Aspecto de trabajo cooperativo en un aula, para el aprendizaje de conceptos de cinética nuclear mediante el empleo de caramelos, propuesto por los profesores Ochando y Pou.^[23]

- El contacto directo con el estudiante estimula su protagonismo.
- A veces es complicado aplicar enseñanza cooperativa en grupos con alumnos que cursan diversas materias o que son repetidores.

Evaluación

- La evaluación de los alumnos en aprendizaje cooperativo es en la actualidad objeto de amplia discusión.
- La evaluación continua favorece el trabajo del alumno.

Recursos necesarios

- Los nuevos planteamientos educativos exigen mayor dedicación del profesor. Esta dedicación puede disminuirse con el transcurso del tiempo, al tener preparados ejercicios, prácticas, evaluaciones, etc., pero siempre será mayor que con la enseñanza "tradicional". En cualquier metodología conseguir que trabajen más y mejor los alumnos también supone un mayor trabajo por parte del profesor.
- La capacidad de trabajo de los alumnos es importante. La nueva metodología educativa se centra en los alumnos, y este protagonismo no es siempre bien asumido por éstos que, en ocasiones, encuentran más seguridad en los planteamientos docentes centrados en la actividad del profesor.
- El trabajo en equipo de profesores es importante.

Aparte de estas ideas, también se señaló, a lo largo de la Jornada, que una complejidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física y de la Química, como en otras áreas, es la distinta formación, preparación e interés de los alumnos, lo que hace que los métodos educativos no deban ser uniformes. Se observó, de igual modo, que el planteamiento y los problemas que surgen en la realidad educativa española no son una excepción, y que son comunes también a otros países y entornos.

Conclusiones

Desde diversos entornos, y desde hace unos años, se promueve un cambio metodológico en la Didáctica de la Física y de la Química, en el sentido de incrementar la participación activa de los alumnos en su proceso de aprendizaje. Este cambio, que fue objeto de debate desde hace décadas en niveles preuniversitarios, lleva siendo discutido ampliamente, para los niveles universitarios de países europeos, desde principios de este siglo, auspiciado por el conocido como "proceso de Bolonia". Al objeto de buscar "catalizadores adecuados" para ello, se siguen diversas actividades, entre las que se ha destacado aquí la celebración de una Jornada y la elaboración de un texto específico, sobre el aprendizaje activo de la Física y la Química. Aparte de las ideas ya destacadas en este trabajo, se incide también en la necesidad de realizar eventos, foros, y otras actividades, que promuevan el intercambio de impresiones entre los docentes de los diversos niveles educativos y entornos.

Agradecimientos

Se agradece la financiación recibida para la celebración de la Jornada aludida en el texto por parte de: Real Sociedad Española de Química, Universidad Politécnica de Madrid (*Proyectos IE060535052 e IE070535020*), Instituto Superior de Formación del Profesorado, Foro Permanente Química y Sociedad, Foro de la Industria Nuclear Española, *Internatio-*

nal Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC), e Instituto de Ciencias de la Educación de la U.P.M. Asimismo, se agradece la colaboración en la citada Jornada de los miembros de los Comités de Honor, Científico y Organizador, y Local y, de forma especial, la de los moderadores de las sesiones, que fueron los profesores: Julio Casado, José María Hernández, José Luis Mier, Raimundo Pascual y Ángel Valea. También se agradecen las valiosas sugerencias de los tres evaluadores de este artículo.

Bibliografía

- [1] G. Pinto, *An. Quím.*, **2003**, *99(1)*, 44–52.
- [2] M. Martín Sánchez, M. T. Martín Sánchez, *An. Quím.*, **2003**, *99(1)*, 62.
- [3] C. Cambón, M. Martín Sánchez, E. Rodríguez, *An. Quím.*, **2005**, *101(3)*, 29–35.
- [4] G. Pinto, A. Chavez, L. Yunqi, J. Xu, *An. Quím.*, **2005**, *101(3)*, 37–43.
- [5] M. Martín Sánchez, J. G. Morcillo, M. T. Martín Sánchez, *An. Quím.*, **2005**, *101(3)*, 44–46.
- [6] F. D. Torossi, *An. Quím.*, **2006**, *102(3)*, 43–49.
- [7] J. M. Merino de la Fuente, F. Herreros Mateos, *An. Quím.*, **2007**, *103(2)*, 41–46.
- [8] R. Pagani, *An. Quím.*, **2004**, *100(2)*, 5–11.
- [9] G. Pinto, *Chem. Educator*, **2005**, *10*, 317–319.
- [10] Secretaría General del Consejo de Coordinación Universitaria, "Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la Universidad": http://www.mec.es/educacion/universitaria/html/metodologias/docu/PROPUESTA_RENOVACION.pdf.
- [11] Año de la Ciencia en España: <http://www.ciencia2007.es/WebAC2007>
- [12] European Commission, Community Research, *Science Education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- [13] R. Felder, G. Felder, E. J. Dietz, *J. Eng. Educ.*, **1998**, *87(4)*, 469–480.
- [14] J. Kovac, *J. Chem. Educ.*, **1999**, *76*, 120–124.
- [15] E. Dale, *Audio-visual methods in teaching* (3^a ed.), Ed. Holt, Renhart and Winston, New York, **1969**.
- [16] M. T. Oliver-Hoyo, D. D. Allen, *J. Chem. Educ.*, **2004**, *81*, 441–448.
- [17] M. T. Oliver-Hoyo, D. D. Allen, *J. Chem. Educ.*, **2005**, *82*, 944–949.
- [18] N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, Ed. Síntesis Educación, Madrid, **2002**.
- [19] M. Martín Sánchez, J.G. Morcillo Ortega (Eds.), *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Artext, Madrid, **2000**.
- [20] G. Pinto, *An. Quím.*, **2001**, *97(4)*, 29–36.
- [21] Grupo de Innovación Educativa de "Didáctica de la Química", de la Universidad Politécnica de Madrid: <http://quim.iqui.etsii.upm.es/didacticaquimica/inicio.htm>.
- [22] Didáctica de la Química y Vida Cotidiana: <http://quim.iqui.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm>.
- [23] G. Pinto Cañón (Ed.), *Aprendizaje Activo de la Física y la Química*, Ed. Equipo Sirius, Madrid, **2007**.