

FOMENTO DEL APRENDIZAJE EXPERIENCIAL DE LA QUÍMICA: ESTUDIO DEL CASO DE UN PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

Pinto, Gabriel^{1,2}; Prolongo, María Luisa³; Alonso, José Vicente¹;
Díaz, Ismael¹; Ortiz-Domínguez, Carla¹; Díaz-Muñoz, Francisco¹

¹E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España

²International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC)

³Centro de Ciencia Principia, Málaga, España

gabriel.pinto@upm.es

Resumen

Se introducen las bases del modelo de aprendizaje experiencial, definido por David A. Kolb hace casi medio siglo, así como los estilos de aprendizaje (convergente, divergente, asimilador y acomodador) que definió. Seguidamente, se presentan las líneas generales del proyecto de innovación educativa titulado “*Fomento del aprendizaje experiencial de la Química*”, realizado durante 2017 en la Universidad Politécnica de Madrid, y que comprendió cinco acciones principales: Preparación, realización y análisis de resultados de experiencias prácticas en la propia aula; Preparación de una asignatura de Máster para la formación en competencias transversales, sobre comunicación y divulgación de la ciencia y la tecnología; Realización y análisis de actividades de divulgación científica; Realización de actividades que relacionan arte y ciencia; y Formación de profesorado en el aprendizaje experiencial.

Abstract

The foundations of the experiential learning model, defined by David A. Kolb five decades ago, are introduced as well as the learning styles (convergent, divergent, assimilator and usher) that he defined. Then, general lines of an educational innovation project entitled "*Fostering Experiential Learning of Chemistry*", carried out during 2017 at the *Universidad Politécnica de Madrid*, are presented. It comprised five main actions: Implementation and analysis of results of practical experiences developed in the classroom; Preparation of a Master's subject on "Communication and outreach of science and technology"; Carrying out and analysis of science and technology outreach activities; Performing of activities that relate art and science; and Teachers training in experiential learning.

Introducción al aprendizaje experiencial

Se conoce como aprendizaje experiencial (en inglés *experiential learning* o *experience-based education*) al conjunto de metodologías didácticas que pretenden desarrollar la capacidad de las personas para aprender a través de su propia experiencia. Forma parte de lo que se suele considerar “aprendizaje activo”. Fue introducido en los años setenta del pasado siglo por David A. Kolb, a través del Modelo de Aprendizaje Experiencial que estaba compuesto de cuatro elementos (Kolb *et al.*, 1971):

1. Experiencias concretas que sirven de base para la observación.
2. Reflexión sobre esas experiencias y observaciones, comenzando a construir una teoría general de lo que puede significar esa información.
3. Formación de conceptos abstractos y generalizaciones de las observaciones en teorías lógicas sólidas, basados en la reflexión y en las hipótesis previas.
4. Prueba de los nuevos conceptos y sus implicaciones en situaciones nuevas, para ser capaces de utilizar esas teorías en toma de decisiones y solución de problemas.

Estos elementos (ver Fig. 1) se tendrían que repetir, formando una espiral de aprendizaje que suele iniciarse con la experiencia concreta, pero también puede hacerse en cualquiera de ellos. Kolb identificó la percepción (a través de experiencias concretas) y el procesamiento (a través de la

conceptualización abstracta y generalizaciones) como las dos principales dimensiones del aprendizaje, sugiriendo que éste es el resultado de la forma con la que se percibe y se procesa lo percibido. Lo complementó con la constatación de cuatro estilos de aprendizaje (convergente, divergente, asimilador y acomodador) conocido como “modelo de cuatro cuadrantes” (ver Fig. 2), al yuxtaponer dos formas opuestas de percepción (a través de experiencias concretas y por generalizaciones o conceptualización abstracta) y dos extremos de procesamiento (por experimentación activa en situaciones nuevas o a través de observación reflexiva).



Figura 1. Esquemas de la espiral de aprendizaje de Kolb (Vergara, 2015; Dávila Martínez, 2017).



Figura 2. Estilos de aprendizaje según Kolb (Lozano, 2000).

De una forma amplia, se puede considerar que el aprendizaje experiencial es cualquier tipo de aprendizaje que apoya a los estudiantes aplicando su conocimiento y comprensión conceptual hacia problemas y situaciones del mundo real donde el profesor dirige y facilita dicho aprendizaje. En este sentido, la clase, el laboratorio o el estudio pueden servir de marco para el aprendizaje experiencial a través de actividades integradas como enseñanza basada en problemas o casos, indagación dirigida, simulación, así como la realización de experimentos y proyectos (Wurdinger y Carlson, 2010). Está bastante admitido que cuando los alumnos se involucran en situaciones reales (trabajo de campo, práctica de laboratorio, caso clínico...) es cuando el aprendizaje es más significativo.

Entre otros textos que recogen aspectos teóricos y prácticos del aprendizaje experiencial, cabe citarse el libro de Jennifer A. Moon, donde aborda la relación entre el aprendizaje reflexivo y el experiencial para la educación superior, partiendo de ideas básicas sobre el proceso de aprendizaje (Moon, 2004). En el caso concreto de la química, Towns describió la teoría experiencial de Kolb para el aprendizaje de esta disciplina, destacando ejemplos en el campo de la química física (Towns, 2001).

Un proyecto de innovación educativa sobre aprendizaje experiencial de la química

En diciembre de 2016, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) publicó una convocatoria de "Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza" (Innovación Educativa de la UPM, 2016). El Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química de esta Universidad realizó una propuesta dentro de la línea de trabajo sobre "Aprendizaje experiencial" que fue aceptada. En dicha propuesta se involucraron 33 profesores de varios Centros Ingeniería de la UPM así como del Instituto de Ciencias de la Educación de la misma Universidad, las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, las Facultades de Educación de las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid, la Plataforma Europea *Scientix*, el Centro de Ciencia Principia de Málaga y el *International Center for Chemical University Education* (ICUC).

Como ya se ha indicado en este trabajo, y figuraba en los propios documentos de la citada convocatoria, el aprendizaje experiencial enfatiza la importancia de la acción, de la experimentación y de las vivencias de experiencias, en la construcción del aprendizaje. Se trata de un componente multidisciplinar que se lleva a cabo a través de diversas metodologías y formas de aprendizaje, como son el "aprender haciendo" el "aprendizaje contextualizado" y el "aprendizaje por descubrimiento". El análisis y búsqueda de nuevas herramientas educativas de este tipo ha sido, precisamente, una de las líneas de actuación principales que ha llevado a la práctica este Grupo de Innovación Educativa, desde su constitución, hace ya más de una década (Grupo de Didáctica de la Química, 2017).

Con el proyecto, titulado "Fomento del aprendizaje experiencial de la Química", se ha pretendido profundizar y aplicar este tipo de aprendizaje, a través de cinco acciones concretas, que se han venido desarrollando a lo largo del año 2017 y que son:

- Acción 1. Preparación, realización y análisis de resultados de experiencias prácticas en la propia aula.

Se llevaron a cabo en diversas asignaturas de Grado, como son Química I (Grados en Ingenierías en Tecnologías Industriales, Química y de Organización) y Química II (Grados en Ingenierías en Tecnologías Industriales y Química). En concreto, se trató de desarrollar experiencias que fueran enriquecedoras para la formación del alumno, de tipo experimental, y que ocuparan poco tiempo en clase.

Dentro de esta acción se han implementado algunas experiencias que se habían perfeccionado en los últimos años, como son: análisis crítico de la velocidad de fusión de hielo en distintos medios, como introducción al razonamiento y el método científico, y que es una base para la comprensión de fenómenos de cierta complejidad, como la transmisión de calor por convección o la formación de corrientes termohalinas en los océanos (con importancia en el clima) (Pinto y Lahuerta, 2015); estudio

termoquímico de bebidas autocalentables y autoenfriables (Prolongo y Pinto, 2010), donde los alumnos deben aplicar conocimientos de termoquímica y competencias básicas (como la búsqueda de datos científicos y resolución de problemas), para comparar datos teóricos y experimentales, así como realizar en equipo un análisis crítico de esos dispositivos; discusión sobre el funcionamiento e implicaciones ambientales y de sostenibilidad de las calderas domésticas de condensación frente a las convencionales (Pinto, 2013); y análisis de información comercial de productos (relación entre emisiones de CO₂ y consumo de combustible en automóviles, análisis de la factura del gas, productos de droguería, medicamentos...) (Pinto y Prolongo, 2013), entre otros.

Aparte de profundizar y mejorar algunas de las herramientas metodológicas ya elaboradas anteriormente, como las citadas en el párrafo anterior, otra que se ha abordado fue el estudio de los frigoríficos conocidos como *pot-in-pot* o *zeer*, con aplicaciones en ciertas zonas desfavorecidas de África y con implicaciones científicas y tecnológicas relevantes. En concreto, refrigeran los alimentos por evaporación del agua contenida entre dos recipientes de cerámica porosa, funcionando así sin necesidad de energía eléctrica. Se analizaron ventajas e inconvenientes de estos dispositivos, para lo que hizo falta implicar conocimientos de termodinámica, cinética de degradación de alimentos, propiedades y fabricación de productos cerámicos, climatología, etc. (Ortiz Domínguez, 2017; Pinto *et al.*, 2017).

Estas líneas de investigación educativa entroncan con los planteamientos generales que durante décadas, han propuesto los equipos dirigidos por los profesores José Miguel Abraham y, más recientemente, María Lidia Azar, englobados con las denominaciones de Cuidemos Nuestro Mundo (CNM) y Proyecto Integral de Educación Química (PIEQ) y que han expuesto en numerosos artículos en esta publicación (Abraham *et al.*, 2015-2016).

- Acción 2. Preparación de una asignatura para la formación en competencias transversales en estudios de Máster, sobre "Comunicación y divulgación de la ciencia y la tecnología".

En dicha asignatura se pretenden abordar con alumnos de postgrado, cuestiones relacionadas con la difusión y divulgación científico-tecnológica, como son: exposición de trabajos científicos (seminario, póster, artículo en revista especializada, trabajos de fin de estudio...); análisis detallado de "juguetes científicos" (a veces con apariencia sencilla, pero de explicación compleja, como son el "pájaro bebedor", el "pez adivino" o el "*energy stick*") y otras experiencias (bolas de hidrogel, tintes leucos, cristales líquidos, nieve artificial, el láser en estudios de la fluorescencia y fosforescencia para el efecto fotoeléctrico o activación de reacciones, microscopio digital...), así como empleo de otras herramientas educativas y divulgadoras (como el uso de programas de teléfonos móviles y otros dispositivos electrónicos que facilitan herramientas para medir parámetro de reacciones, laboratorios virtuales y visores moleculares). La asignatura, ya aprobada por la Universidad Politécnica de Madrid, se impartirá por primera vez durante el curso 2017/18.

- Acción 3. Realización y análisis de actividades de divulgación de la ciencia y la tecnología.

Aunque centrado en aspectos de química principalmente, se ha intentado acercar al público general, y alumnos preuniversitarios en particular, a las teorías y estudios propios de estos ámbitos del saber, conocidos últimamente por las siglas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Para ello, se han aprovechado distintas posibilidades de eventos. Además, algunas de estas acciones se realizaron también en el aula, con alumnos de la UPM, para evaluar su impacto en el proceso de aprendizaje. Todo ello se basó en actividades de tipo experiencial, buscando profundizar y animar al estudio, de forma que se intentaba huir del mero "efecto sorpresa o llamativo". A título de ejemplo, se recomienda un reciente artículo donde varios integrantes del proyecto recapitulaban sobre su experiencia en la impartición (en el aula, en ferias científicas y en actividades del Centro Principia de Málaga) de un taller sobre las implicaciones físicas y químicas en algunos efectos especiales de cinematografía (Pinto, Prolongo y Alonso, 2017).

- Acción 4. Realización de actividades sobre "el arte de la ciencia y la ciencia del arte".

Dentro de estas actividades, cabe destacar la realización de una exposición abierta al público, en un lugar emblemático de Madrid (el Palacio de Correos en la Plaza de Cibeles), en la que se incluyeron aspectos de arte relacionados con la ciencia, como son la creación de esculturas con cristales gigantes y la realización de grabados por ataque químico con ácidos sobre metales. El objetivo fue aproximar la ciencia a la ciudadanía en general y alumnos de distintas etapas educativas y de la UPM, en particular, a través de experiencias científicas con implicaciones artísticas (Díaz-Muñoz, 2017).

- Acción 5. Formación de profesorado en el aprendizaje experiencial.

Aparte de reuniones de profesores y de la edición del material generado, para uso de docentes de las diversas etapas educativas, se realizaron contactos con la plataforma europea *Scientix*, que promueve desde hace unos años el aprendizaje activo de temas STEM. En este sentido, se han realizado acciones de formación del propio profesorado participante y para docentes de otros entornos y etapas educativas. De esta forma, se ha extendido entre un buen número de profesores los resultados obtenidos en el proyecto, mediante publicaciones, cursos, seminarios, y ponencias (Grupo de Didáctica de la Química, 2017).

Resultados y conclusiones

Aunque la experiencia de los participantes, y de la innovación educativa en general, nos muestra que no hay "recetas mágicas" ni formas uniformes de aprendizaje (como señalaba el propio Kolb en su modelo), es cierto que, siempre, un mayor esfuerzo culmina en mejoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, entendemos, de acuerdo al análisis y reflexión sobre las acciones realizadas, que con este proyecto se ha incidido positivamente en los siguientes aspectos:

- Mayor comprensión de los alumnos de Grado de lo que constituye la química y el método científico. Al tener que discutir los ejemplos de experiencias realizadas en el aula o en su propia casa, trabajando en equipo, los alumnos amplían los enfoques abordados mediante otras metodologías más transmisivas y convencionales.

- Profundización en las implicaciones de las ciencias básicas, como la química y la física, en la tecnología y en las ingenierías. De forma análoga a lo anterior, se seleccionaron para ello ejemplos adecuados de relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad.

- Se resolvieron algunas deficiencias en cuanto a la apreciación del público general, y estudiantes de educación secundaria y bachillerato en particular, respecto de los estudios STEM. Con las demostraciones, exposiciones y talleres que se realizaron, se pretendió dar una imagen de este tipo de estudios, alejada de visiones casi mágicas o de mera sorpresa, para resaltar cómo influyen en la mejora de la vida cotidiana. También se pretendió resaltar que estos estudios no conllevan una dificultad mental intrínseca, sino que se basan en el razonamiento y en la indagación.

- Se ha facilitado el intercambio de experiencias y resultados entre profesores de distintos ámbitos y etapas educativas.

En resumen, los resultados, altamente positivos, que se derivan de los trabajos que se han descrito en este artículo, permiten animar a otros colegas a afrontar proyectos de innovación educativa en el sentido de lo aquí expuesto. Para una mayor profundización y subsanación de dudas, se remite a la lectura de la bibliografía, y se sugiere también la comunicación directa con los autores.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo recibido de la Universidad Politécnica de Madrid a través del proyecto de innovación educativa IE1617.0506 (*Fomento del Aprendizaje Experiencial de la Química*) y de la Fundación LaCaixa (proyecto *Ciencia y Tecnología para Todo y para Todos*).

Bibliografía

- Abraham, J. M.; Azar, M. L.; Castro Acuña, C. M.; Kelter, P. “La Investigación en Ciencia y Tecnología en los Países en Desarrollo. Una Visión Alternativa desde los Proyectos Educativos Integrales (PEI) para Ciencia y Tecnología”, *Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ)*, Vol. 31, 165-168 (2015-2016).
- Dávila Martínez, A. A. “Ciclo de Aprendizaje por la Experiencia de David Kolb” (2017). Accesible en: <http://bit.ly/2uQki6p>
- Díaz-Muñoz, F. “Espacios de Agua y Sal...” (2017). Accesible en: <http://bit.ly/2l3h5rf>
- Grupo de Didáctica de la Química. “Información sobre el Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química de la UPM” (2017). Accesible en: <http://bit.ly/2uRADHY>
- Innovación Educativa de la UPM, “Ayudas a la Innovación Educativa y a la Mejora de la Calidad de la Enseñanza” (2016). Accesible en: <http://bit.ly/2uQFcT7>
- Kolb, D. A.; Rubin, I. M.; McIntyre, J. M. “*Organizational Psychology: A Book of Reading*”, Prentice-Hall (1971).
- Lozano, A. “Estilos de Aprendizaje y Enseñanza. Un Panorama de la Estilística Educativa. Ed. Trillas, México (2000).
- Moon, J. A. “*A Handbook of Reflective and Experiential Learning: Theory and Practice*”, Ed. Psychology Press (2004).
- Ortiz Domínguez, C. “Enfriamiento por Evaporación de Agua en Recipientes Cerámicos Porosos para Conservación de Alimentos: Estudio Teórico y Experimental del Dispositivo *Pot-in-pot*”, trabajo Fin de Grado, ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (2017).
- Pinto, G. “Termoquímica de las Calderas Domésticas de Condensación: Un Caso de Aprendizaje Contextualizado por Indagación Dirigida”, *Educación Química*, Vol. 14, 29-38 (2013).
- Pinto, G.; Lahuerta, P. “Velocidad de Fusión del Hielo en Distintas Disoluciones: Un Ejemplo de Aprendizaje Activo de la Ciencia”, *Educación Química*, Vol. 21, 54-62 (2015).
- Pinto, G.; Martín, M.; Martín, M. T. “Enfriamiento del Agua en Recipientes Cerámicos Porosos: Un Recurso para la Formación en Competencias”, En González Montero de Espinosa, M.; Baratas Díaz, A.; Brandi Fernández, A. (editores), *Actas del IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza: Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*, Ed. Santillana, Madrid, pp. 413-422 (2017).
- Pinto, G.; Prolongo, M. L. “*Stoichiometry in Context: Inquiry-Guided Problems of Chemistry for Encouraging Critical Thinking in Engineering Students*”, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3, 24-28 (2013).
- Pinto, G.; Prolongo, M. L.; Alonso, J. V. “Química y Física de Algunos Efectos Especiales en Cinematografía: Una Propuesta Educativa y para la Divulgación”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 427-441 (2017).
- Prolongo, M. L.; Pinto, G. “Las Bebidas Autocalentables y Autoenfriables como recursos para un Aprendizaje Activo”, *Educación Química*, Vol. 7, 4-14 (2010).
- Towns, M. H. “*Kolb for Chemists: David A. Kolb and Experiential Learning Theory*”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 78, 1107 (2001).
- Vergara, C. “La Teoría de los Estilos de Aprendizaje de Kolb”. Portal Web de Actualidad en Psicología (2015). Accesible en: <http://bit.ly/2rivk1L>
- Wurdinger, D. D.; Carlson, J. A. “*Teaching for Experiential Learning: Five Approaches that Work*”. Lanham, MD: Rowman & Littlefield Education (2010).
