

GAMIFICACIÓN Y APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS PARA ÁREAS STEM: ESTUDIO DEL CASO DE UN PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

Pinto, Gabriel^{1,2}; Prolongo, María Luisa³; Martínez Urreaga, Joaquín¹,
Alcázar, Victoria¹; Calvo Pascual, M. Araceli⁴

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

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

³Instituto de Educación Secundaria Torre del Prado, Málaga, España

⁴Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid, España
gabriel.pinto@upm.es

Resumen

Se introducen ideas básicas sobre gamificación (utilización de mecánicas de juegos en entornos no lúdicos) y aprendizaje basado en juegos, para la didáctica de ciencia y tecnología. Seguidamente, se presentan las líneas generales y los resultados del proyecto de innovación educativa titulado “*Chem-innova*”, realizado durante 2018 en la *Universidad Politécnica de Madrid*, que comprendió ocho acciones principales: desarrollo de una metodología docente basada en “juegos” con objetos cotidianos (como monedas y velas) fácilmente contables y asequibles; profundización sobre el fundamento de algunos juguetes e ingenios científicos; utilización de juguetes científicos para el proceso educativo; realización de experiencias de gamificación en la práctica docente; uso de caramelos (como chupachups) para visualizar reacciones químicas redox; preparación de una herramienta virtual para estudiar el enfriamiento que se produce por evaporación de agua en recipientes cerámicos porosos; difusión de los resultados obtenidos con las anteriores acciones; y recapitulación de los logros del proyecto y elaboración del informe final.

Abstract

Basic ideas about gamification and game-based learning are shown in the field of didactics of science and technology. Next, the general strategies and the results of the innovative educational project entitled “*Chem-innova*” developed at the *Universidad Politécnica de Madrid* during 2018 are displayed. This project comprised eight main actions: development of a teaching methodology based on games and daily objects (as coins or candles), easy to count and to obtain; deepening the basis of some scientific toys and gadgets; the employment of scientific toys in the learning process; use of gamification experiments in the daily teaching practice; use of sweets (as lollipops) to illustrate chemical redox reactions; design and elaboration of a virtual tool to view the cooling due to evaporation in porous ceramic vessels; diffusion of the previous results; summary of the main achievements of the project and writing of a final report.

Introducción a la gamificación y al aprendizaje basado en juegos

En el ámbito universitario español, los cambios educativos asociados al conocido como Proceso de Bolonia, así como los avances tecnológicos y pedagógicos de los últimos años, mirados con cierta perspectiva, se pueden calificar de vertiginosos. Así, hoy en día hablamos de crédito ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*), evaluación de competencias, educación STEM (del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, en español CTIM) o STEAM (incluyendo *Arts* en la denominación anterior), ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), MOOC (*Massive Online Open Courses*) y múltiples acrónimos, metodologías y denominaciones más. Todo con una familiaridad que no lleva a pensar que hace poco tiempo eran términos desconocidos.

Eso mismo ocurre con buena parte de la innovación educativa actual. Por ejemplo, uno de los "sueños" de todo profesor de ciencias ha sido (y es) que sus alumnos se preparen previamente la parte más teórica y descriptiva, mediante las herramientas didácticas y sugerencias del docente, para emplear la mayor parte del tiempo de trabajo en el aula para realizar problemas, discutir interpretaciones erróneas, razonar sobre aplicaciones, etc. Ahora, ese "sueño" o anhelo, que se está llevando a la práctica en muchos entornos educativos, facilitado por las tecnologías educativas (por ejemplo mediante la realización de vídeos y otras herramientas para la exposición de los fundamentos), se denomina *flipped classroom* o aula invertida. Algo similar sucede con la introducción del "juego" o mejor dicho "la metodología de juegos" en la enseñanza. Estos términos, conocidos también genéricamente como gamificación, generan cierta simpatía en profesores que, de alguna manera, sienten que pueden ser un foco de atención y de mejora de la motivación para sus alumnos. Por otra parte, hay muchos docentes que, por el contrario, piensan que estas metodologías, de emplearse, deberían serlo solo en las primeras etapas educativas y no, por ejemplo, en la Universidad. Como tantos aspectos de didáctica (y la propia vida), quizá no existan planteamientos rotundos sobre el éxito de este tipo de metodología educativa, habida cuenta, además, que su implementación depende del tipo de profesor, de las características de los alumnos y del contexto educativo. En todo caso, son necesarios intentos prácticos para evaluar su efectividad que, lógicamente, no será igual según los objetivos buscados.

El Grupo de Innovación Educativa (GIE) de Didáctica de la Química al que pertenecemos los autores, lleva ya una docena de años implementando y evaluando nuevas metodologías docentes para la enseñanza de la química (Grupo de Didáctica de la Química, 2018). En el año 2018 llevó a cabo un proyecto de innovación educativa, financiado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), en el que abordó el estudio y puesta en práctica de actividades de gamificación para el aprendizaje de la ciencia en general y de la química en particular. El título del proyecto, *Chem-Innova*, evocaba un juego de la infancia de muchos integrantes del GIE, que se denominaba *Cheminova* y que, junto con el conocido como *Quimicefa*, fueron innovadores en su día, al acercar la práctica química a los niños, en el propio hogar. Como curiosidad, cabe indicar que la mayor parte de las sustancias incluidas en esos juegos, así como las experiencias que se proponían, dado que nos referimos a la década de los setenta del pasado siglo, hoy en día no estarían permitidas para hacer por niños en su casa, por cuestiones de seguridad y de prevención de riesgos. El título evoca, además, a la innovación y a la química (con su prefijo en inglés, *chem*) dos campos consustanciales a los objetivos del GIE.

Dentro de que es un término relativamente novedoso, se suele entender por gamificación la utilización de mecánicas de juego, en entornos no lúdicos, para promover la adquisición de competencias y el desarrollo de ciertas habilidades. En este contexto, se contempla una amplia gama de posibilidades, que incluyen el uso de diferentes mecánicas (normas de juegos, retos, cooperación, competición...) y medios (puntuaciones, avatares, premios, insignias, clasificaciones, niveles, etc.). Es importante destacar que, en la gamificación, salvo en casos específicos o tratándose de niños, los estudiantes no "juegan a un juego", sino que, como se ha señalado, "usan las dinámicas propias de los juegos".

Otra posibilidad, relacionada con la gamificación, es el "aprendizaje basado en juegos" (*game-based learning*, GBL), que consiste en la utilización de diferentes juegos como recursos didácticos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, se han utilizado por muchos profesores de distintas materias y etapas educativas juegos de rol y programas de concurso como *Cifras y Letras*, *Pasapalabra*, *La Oca*, etc. En este sentido, buena parte de los miembros del GIE colaboraron, ya hace un tiempo, en la generación de una herramienta educativa de este tipo, como iniciativa de la UPM, que se denomina *Quimi-Trivial* y que permanece activa (Trivial UPM, 2018). Se destaca en este punto, como muestra de originalidad y de actualidad (por celebrarse en 2019 el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos), el desarrollo, en los últimos años, de distintas versiones del juego clásico de "los barquitos" o

“hundir la flota”, sobre dibujos de la tabla periódica, facilitando su aprendizaje incluso en niños que aún no la han estudiado en clase.

Algunos de los miembros de este trabajo recordamos con nostalgia el concurso emblemático de Televisión Española, de finales de los años sesenta, que se denominaba *Cesta y Puntos*. La mecánica del programa consistía en enfrentar a equipos de dos colegios en una serie de pruebas en las que se combinaban rondas de preguntas culturales y pruebas deportivas, basadas en las reglas del baloncesto. Los ganadores conseguían premios personales y para sus centros, y los equipos que más puntos acumulaban en su programa se clasificaban para la final de cada temporada. Durante los cinco años que duró concursaron decenas de escuelas de toda España.

Las actividades lúdicas y basadas en juegos para el aprendizaje de las ciencias no son una innovación reciente. Sólo a título ilustrativo, se recogen en la Fig. 1 las portadas de dos libros representativos, editados a finales del siglo XIX y mediados del siglo XX, respectivamente. También se vienen desarrollando y vendiendo, desde hace más de cien años, diversos juegos científicos, para introducir a los niños en aspectos de química, física, biología, etc. Algunos de estos, actualmente en el mercado, se ilustran en la Fig. 2. Un análisis de este último tipo de juguetes nos hace apreciar que, cada vez, se enfocan a objetivos más interdisciplinarios (fuentes de energía, medio ambiente, tecnología...). Consideramos que pueden ser fuente de vocaciones y una forma simpática de aprender ciencia, pero siempre siguiendo las instrucciones ofrecidas y, en su caso, dirigido por un adulto. Como punto negativo, cabe destacar que, a veces, se puede fomentar la visión de la ciencia como algo mágico o misterioso.

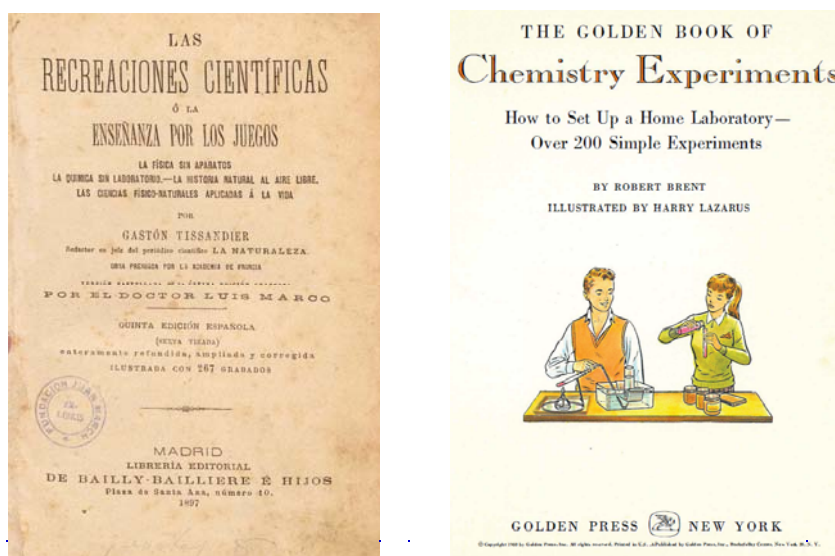


Figura 1. Portadas de dos libros emblemáticos para la enseñanza científica a través de juegos y de la realización de experimentos en el propio hogar.

En palabras de Häusermann, cuando aborda la enseñanza de la física a través de los juguetes: “los juegos son objetos del mundo real que estimulan el interés y la emotividad” (Häusermann, 2011). Hay otros muchos autores que aportan ideas y referencias sobre el uso de juguetes para la divulgación de la ciencia (Varela Nieto y Martínez Montalbán, 2005) y para su enseñanza (Montejo, 2017).

Un proyecto de innovación educativa sobre gamificación y aspectos asociados

En diciembre de 2017, 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, 2017). El GIE de Didáctica de la Química de esta Universidad realizó una propuesta dentro de la línea de trabajo sobre “Actividades de Gamificación” que fue aceptada. En dicha propuesta se involucraron 32 profesores de varios centros de ingeniería de la UPM así como del Instituto de Ciencias de la Educación de la misma Universidad, de las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, de las Facultades de Educación de las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid, de la Plataforma Europea *Scientix*, del Instituto de Educación Secundaria Torre del Prado (Málaga) y del *International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC)*.



Figura 2. Algunos juguetes científicos disponibles en el mercado.

El análisis y búsqueda de nuevas herramientas educativas de este tipo ha sido, precisamente y entre otras, una de las líneas de actuación principales que ha llevado a la práctica este GIE (Grupo de Didáctica de la Química, 2018). Con el proyecto, titulado "*Chem-Innova*", introducido en el anterior epígrafe, se ha pretendido profundizar y aplicar este tipo de aprendizaje, para materias y entornos educativos relacionados con áreas STEM en general, y química en particular, a través de ocho acciones concretas, que se han venido desarrollando a lo largo del año 2018 y que son:

- Acción 1. Desarrollo de metodologías basadas en “juegos” con objetos cotidianos fácilmente contables y asequibles, como monedas y velas, y análisis de sus resultados en la práctica docente.
- Acción 2. Profundización sobre el fundamento de algunos juguetes científicos.
- Acción 3. Utilización de juguetes científicos en el proceso educativo de las ciencias.
- Acción 4. Desarrollo de experiencias de gamificación (utilización de mecánica de juegos) en la práctica docente.
- Acción 5. Uso de caramelos, como el chupachup para visualizar ciertas reacciones químicas.
- Acción 6. Preparación de una herramienta virtual para que se visualice el enfriamiento que se produce por la evaporación de agua en recipientes cerámicos porosos.
- Acción 7. Difusión de los resultados obtenidos con las anteriores acciones.
- Acción 8. Recapitulación de los logros del proyecto y elaboración del informe final.

Resultados y conclusiones

Inicialmente, se llevó a cabo la recopilación de información sobre actividades de gamificación y análogas en el proceso de enseñanza y aprendizaje a nivel universitario, y de forma específica en áreas de química. De forma breve, los objetivos principales que se plantearon con este proyecto y sus logros principales, relacionados con las acciones citadas anteriormente, fueron:

- Objetivo 1: Desarrollar metodologías basadas en “juegos” con objetos cotidianos fácilmente contables y asequibles (como monedas y velas) en distintas asignaturas de Grado, y analizar sus resultados.

Entre otros, se desarrollaron experiencias con lanzamiento de monedas o dados o extracción de naipes, y otra basada en el estudio de la evolución de velas encendidas. El objetivo fue desarrollar actividades para ayudar en el aprendizaje de cuestiones fundamentales de la cinética química como naturaleza de la reacción química, mecanismos de reacción y medida experimental de parámetros cinéticos. Dichas actividades tienen un componente lúdico y emplean objetos cotidianos para fomentar la participación activa de los alumnos. En uno de los casos, se estudia la velocidad con la que un número de monedas, por ejemplo 160, en estado “cara” se transforman en “cruces” al lanzarlas al aire (se van retirando las “cruces” que aparecen en cada tirada “ t ”, a lo largo de, por ejemplo, 6 o 7 tiradas). Un ejemplo de medidas se recoge en la Fig. 3. Los alumnos determinan el orden cinético y la constante de velocidad. Además, se aprovecha su conocimiento de la mecánica del juego para discutir cuestiones esenciales como la naturaleza de la reacción química, los errores aleatorios en las medidas o la relación entre la teoría y las medidas experimentales.

En el otro caso, se trata también de un experimento conocido, en el que los alumnos estudian la cinética de combustión de varias velas, midiendo altura o masa en función del tiempo, y deben determinar el orden y constantes cinéticas, así como explicar los resultados. En la Fig. 3 se muestra un detalle de la mesa de laboratorio durante el desarrollo de la actividad. Muchos alumnos no entienden por qué se pierde masa, ya que siguen viendo la cera (aunque derretida) y, en general, les cuesta entender que el orden de reacción sea 0 (velocidad constante, que no depende de la altura ni de la masa de la vela). A partir de estas observaciones de los alumnos, se utilizó esta actividad para discutir y aprender cuestiones sobre los mecanismos de las reacciones.

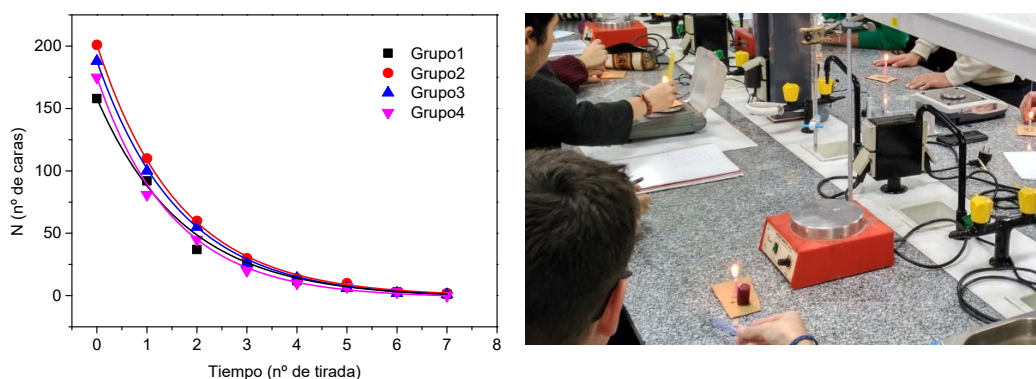


Figura 3. Izda.: Resultados de la experiencia de lanzar monedas al aire para 7 tiradas, por cuatro grupos de alumnos (se obtiene orden 1 en todos los casos y una constante cinética de entre 0,65 y 0,75). Der.: Alumnos midiendo en el laboratorio la variación de masa (o altura) de velas encendidas.

En resumen, se concluyó que estas actividades resultan muy útiles para abordar cuestiones esenciales de cinética química, así como otros aspectos importantes como errores en las medidas o relación entre predicción teórica y resultados experimentales; además, el empleo de objetos cotidianos, en lugar de reactivos químicos de laboratorio, y el empleo de dinámicas de juego, permite más confianza de los alumnos, fomentando así su creatividad y participación activa, esto es, favoreciendo el aprendizaje incluso en cuestiones de gran calado científico.

- Objetivo 2: Profundizar sobre el fundamento de algunos juguetes científicos.

Entre las muchas posibilidades existentes, se seleccionaron los juguetes conocidos como el “pájaro bebedor”, el “pez adivino”, el “*energy stick*”, y la preparación de nieve artificial. Con idea de extenderse a otras asignaturas y entornos educativos en un futuro, se abordaron con alumnos de dos asignaturas de Másteres de la UPM: “*Comunicación y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología*” (asignatura optativa para la formación en competencias de los estudios de Máster de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química), y “*Recursos Metodológicos para la Didáctica de la Ciencia*” (asignatura obligatoria del Máster de Formación del Profesorado). Para facilitar su adquisición (son económicos) y la consulta de información sobre ellos, se recogen en la Fig. 4 los logotipos y direcciones web de algunas empresas que se dedican a la distribución de este tipo de dispositivos y que, incluso, permiten la compra a distancia. Algunos de estos juguetes fueron analizados en anteriores trabajos, y existe además mucha bibliografía al respecto (Pinto, Prolongo y Alonso, 2017; Pinto, Martín y Martín, 2017). Dentro de este apartado de juguetes, más como ingenios científicos, se pueden incluir objetos cotidianos, como la olla a presión o la cafetera italiana, cuyo análisis también es muy formativo para discutir aspectos prácticos relacionados con el concepto de presión de vapor (Pinto y Prolongo, 2019). En la Fig. 5 se incluyen algunos de los ingenios citados. Cuando se discutieron estos aspectos en las asignaturas indicadas, fueron fuente de especial atención e interés por parte de los alumnos.



Figura 4. Logotipos y direcciones web de empresas que distribuyen juguetes didácticos.

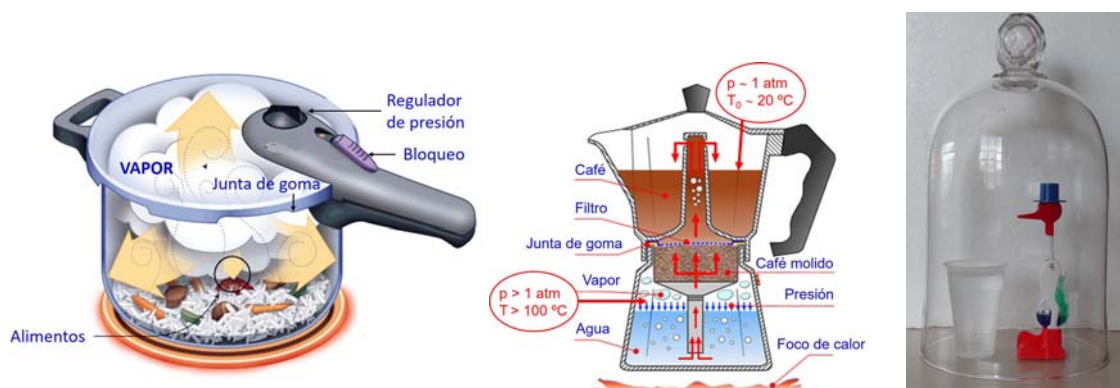


Figura 5. Esquemas de dos utensilios de cocina (ingenios científicos) habituales y fotografía del juguete conocido como “pájaro bebedor” encerrado en un fanal de laboratorio.

- Objetivo 3: Utilizar juguetes científicos como los descritos en el objetivo anterior.

En concreto, se usaron en las asignaturas de Química I y II, impartidas en primer curso universitario de Grado, así como en actividades de divulgación científica. En la práctica docente en el aula este aspecto fue especialmente motivador para una minoría de alumnos mientras que, una mayoría, lo tomaba como mera curiosidad a la que no merecía la pena atender porque “no es objeto de preguntas en el examen” (según comentarios recibidos por los representantes del alumnado). En actividades divulgadoras, fue muy apreciado por el público en general, que entiende así cómo la ciencia explica e interpreta aspectos cotidianos.

- Objetivo 4: Desarrollar y analizar experiencias de gamificación en la práctica docente de diversas asignaturas de Grado y de Máster.

Para ello, se utilizó la herramienta *Kahoot* tanto en las asignaturas de Química I y II ya citadas, como en las asignaturas de Máster de Procesos de Polimerización, y Materiales Poliméricos. Se partió de otros trabajos publicados sobre el tema (de la Fuente y Ordieres, 2017). La plataforma de aprendizaje *Kahoot* permite a docentes y estudiantes integrar, crear, colaborar y compartir conocimientos, y necesita únicamente de un proyector y dispositivos electrónicos fácilmente accesibles (móvil, tableta u ordenador) en la actualidad (Kahoot, 2018). *Kahoot* y otras herramientas análogas, permiten realizar tests interactivos en el aula, en tiempo real y descargar los resultados de forma inmediata, con un diseño divertido que facilita la motivación de los alumnos. Entre sus utilidades está la posibilidad de explorar conocimientos iniciales, comprobar si han adquirido los conocimientos, alterar los ritmos de clase y, sobre todo, fomentar la participación. Se observa, en la práctica docente seguida, que es bien apreciado por los alumnos, como herramienta de refuerzo y repaso, pero no como sistema para la evaluación.

- Objetivo 5: Utilizar caramelos, como el conocido chupachup, para visualizar reacciones redox.

Se puso a punto una práctica, en la que alumnos de distintos niveles educativos y asistentes a eventos de divulgación, visualizan los llamativos cambios de color que se producen en una serie de procesos redox, al reaccionar la glucosa del caramelo con el permanganato de potasio en disolución básica. La reacción es compleja e implica que, al oxidarse la glucosa, el manganeso va reduciéndose desde número de oxidación +7 a +2, pasando por distintas formas que presentan diferentes colores. Para apreciar la variación que se produce, se remite a un artículo reciente donde, además, se proporciona el enlace a un vídeo sobre esta práctica (Prolongo y Pinto, 2018).

- Objetivo 6: Preparar una herramienta virtual, accesible en abierto, para que se visualice el enfriamiento que se produce por la evaporación de agua en recipientes cerámicos porosos.

Se seleccionó este tipo de dispositivos por considerar que constituyen un excelente ejemplo de educación STEM y de enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, por su interés práctico para la conservación de alimentos en ciertas zonas desfavorecidas de África. Aparte del desarrollo de la citada herramienta educativa, que implica el uso de conceptos de cierta complejidad de termodinámica, transferencia de calor y de materia, y psicrometría, se realizaron estudios y medidas del fenómeno en diversos dispositivos cerámicos. La aplicación, que entronca con las líneas de aprendizaje contextualizado en la realidad defendidas por el equipo del Prof. José Miguel Abraham desde hace años (Abraham y col. 2015-2016), fue objeto de una amplia divulgación, en verano de 2018, al ser referida por una prestigiosa agencia de noticias científica que, además, elaboró un vídeo muy cuidado (Muñoz, 2018).

- Objetivo 7: Divulgar y difundir la ciencia y la tecnología (temas STEM) en diferentes segmentos de la sociedad, con énfasis especial en potenciales futuros alumnos de la UPM, incluidos alumnos actuales (de Grado y Máster) de la UPM.

En este sentido, se ha considerado relevante la exposición de lo realizado, a través de artículos (como el presente y otros incluidos en la bibliografía), páginas web, congresos y otros medios (como jornadas de puertas abiertas para futuros alumnos). Por ejemplo, se realizaron unas jornadas donde se expusieron estos temas, para conocimiento tanto de otros participantes del proyecto como de otros profesores de la UPM y de otros centros y etapas educativas. Celebradas el 4 y 5 de julio de 2018 en Madrid, contaron con la asistencia de un centenar de profesores y las ponencias se dejaron en libre acceso para su conocimiento general (Jornadas de Retos en Didáctica de la Física y la Química, 2018). La imagen del cartel e información sobre la entidad organizadora principal se muestra en la Fig. 6.

Aparte de los resultados referidos de forma breve en cada epígrafe, entendemos que con este proyecto se ha incidido positivamente en los siguientes aspectos:

- Se han puesto a punto nuevas iniciativas y herramientas educativas para la enseñanza de conceptos de áreas STEM, y de la química en particular, con posibilidad de utilización en distintas etapas educativas y en actividades de divulgación científica.



Figura 6. Cartel de las Jornadas en las que se analizaron algunos de los temas aquí tratados.

- Se ha conseguido en un buen número de alumnos una mayor implicación en el proceso de aprendizaje y una mayor motivación hacia el estudio.

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

- Se han iniciado vías para la incorporación paulatina de herramientas educativas de gamificación y del empleo de juegos e ingenios científicos en el aula.

En resumen, los resultados, sin ser exultantes, sí son alentadores y, como en otras ocasiones con diferentes propuestas educativas, permiten animar a otros colegas a afrontar proyectos de innovación educativa en direcciones similares a las aquí expuestas. Para una mayor profundización, se remite a la consulta de la bibliografía, y se sugiere también la comunicación directa con los autores.

Agradecimientos

Se agradece la ayuda recibida de la *Universidad Politécnica de Madrid* (proyecto de innovación educativa *Chem-Innova*), la *Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química* (proyecto *Química, una ciencia muy aplicada*), y la *Fundación Obra Social La Caixa* (proyecto *Ciencia y Tecnología al Alcance de 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).
- De la Fuente, M. M.; Ordieres, J. “Kahoot: ¿Resolviendo Pequeños Problemas?”. En “Jornadas de Innovación Educativa en la Universidad Politécnica de Madrid” (2017). Accesible en: <https://bit.ly/2IOb51I>
- Grupo de Didáctica de la Química. “Información sobre el Grupo de Innovación Educativa de Didáctica de la Química de la UPM” (2018). Accesible en: <http://bit.ly/2uRADHY>
- Häusermann, G. “La Enseñanza de la Física a Través de los Juguetes”, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Vol. 67, 79-87 (2011).
- Innovación Educativa de la UPM. “Ayudas a la Innovación Educativa y a la Mejora de la Calidad de la Enseñanza” (2017). Accesible en: <https://bit.ly/2KqbVqP>
- Jornadsa de Retos en Didáctica de la Física y la Química (2018). Accesible en: <https://bit.ly/2jUzkBd>
- Kahoot. “Make Learning Awesome!” (2018). Accesible en: <https://getkahoot.com/>
- Montejo, J. M. “Juguetes Científicos para Enseñar Física y Química. Ejemplos de Uso en Educación Primaria”. En “Propuestas de Innovación Educativa en la Sociedad de la Información”, S. Pérez-Aldeguer, G. Castellano-Pérez y A. Pina-Calafi (Coordinadores), pp. 106-121. Ed. Adaya Press, Eindhoven, Holanda (2017).
- Muñoz, A. “La Vasija Africana Permite Conservar Alimentos Frescos: Un Botijo Frigorífico para que las Niñas de Nigeria Puedan ir a la Escuela”, *Agencia SINC*, 25 de junio (2018). Accesible en: <https://bit.ly/2K5p0Wp>
- Pinto, G.; Martín, M.; Martín, M. T. “Enfriamiento del Agua en Recipientes Cerámicos Porosos: Un Recurso para la Formación en Competencias”, en “*IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza: Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*”, M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), pp. 413-422. Ed. Santillana, Madrid (2017).
- Pinto, G.; Prolongo, M.; 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*, Vol. 14 (2), 427-441 (2017).
- Pinto, G.; Prolongo, M. “De la Dificultad en la Comprensión del Concepto de Presión de Vapor al Fundamento de la Olla Exprés: Una Aproximación Práctica a la Educación STEM”, en “*V Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza: Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato*”, M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), Ed. Santillana, Madrid (2019).
- Prolongo, M.; Pinto, G. “Colourful Chemistry: Redox Reactions with Lollipops. Use a Lollipop to Activate Colour-changing Redox Reactions in this Simple but Eye-catching Activity”, *Science in School*, Vol. 43, 41-45 (2018).
- Trivial UPM. “Juegos de Trivial de la Universidad Politécnica de Madrid” (2018). Accesible en <https://bit.ly/2z3N7jg>
- Varela Nieto, M. P.; Martínez Montalbán, J. L. “Jugando a Divulgar Física con Juguetes”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2 (2), 234-240 (2005).
