

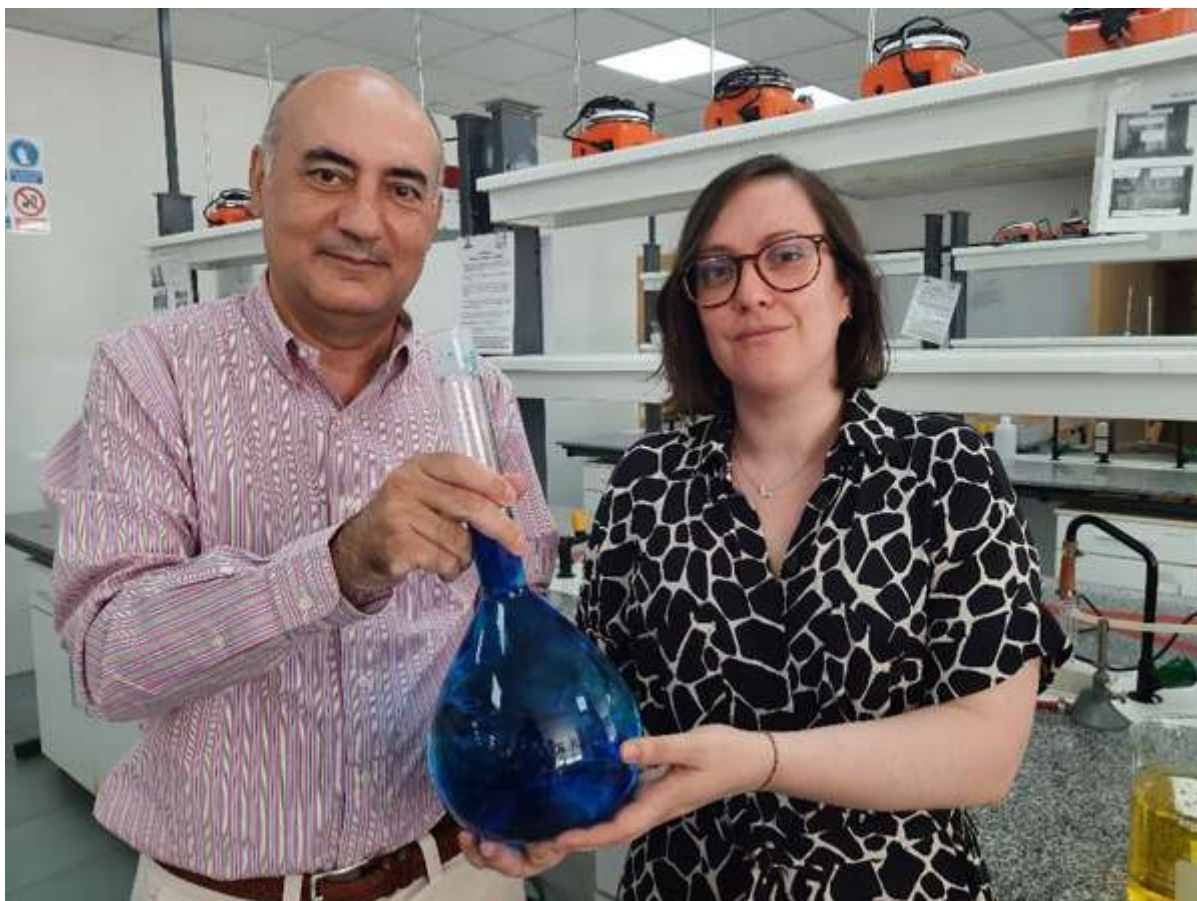
Fomento del aprendizaje STEAM basado en la indagación

Gabriel Pinto, uno de los coordinadores de este Proyecto de Innovación Educativa, explica en la siguiente entrevista sus objetivos y resultados.

15.10.21

En el Proyecto de Innovación Educativa “Fomento del aprendizaje STEAM basado en la indagación” participan veintidós profesores y personal de administración y servicios de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales, de Ingeniería y Diseño Industrial, y del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) que además pertenecen al [Grupo de Innovación Educativa \(GIE\) de ‘Didáctica de la Química’](#) de la [Universidad Politécnica de Madrid](#).

Gabriel Pinto y María Martín son los coordinadores de este Grupo de Innovación Educativa. En la siguiente entrevista, Gabriel Pinto explica los objetivos y los resultados de este proyecto.



¿Qué objetivos tiene este proyecto de innovación educativa?

Promover entre el profesorado la cultura de creación de nuevas propuestas de aprendizaje basado en la indagación (conocido por las siglas IBSE, inquiry-based Science education, o IGL, inquiry-guided learning, cuando tiene un carácter más guiado), para promover el aprendizaje activo; crear herramientas para el aprendizaje basadas en esa metodología, mediante problemas contextualizados en la realidad cotidiana, experiencias de laboratorio o para realizar en casa, retos..., mediante trabajo cooperativo, para alumnos de distintas titulaciones de Grado y Máster de la UPM; promover en la medida de lo posible una perspectiva interdisciplinar tipo STEAM (siglas en inglés que se refieren a interacciones de: ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas).

Además, se pretende fomentar la creación de entornos educativos C-T-S (ciencia, tecnología y sociedad) y la aplicación de lo aprendido a la vida cotidiana de los alumnos, incluyendo la sostenibilidad; analizar los resultados de algunas actividades educativas que se realizaron en proyectos anteriores, basadas también en la indagación, como dos casos concretos de gamificación a través de escape room, y compartir y difundir los resultados, una vez aplicados y validados en la experiencia docente, entre profesores de distintos entornos y etapas educativas.

En esencia, se diseñaron nuevas herramientas educativas que se validaron y pusieron a punto con la práctica docente.

¿Cómo surgió la idea y cómo se ha desarrollado?

En el GIE llevamos desde nuestra constitución, en 2006, promoviendo estrategias para fomentar la implicación y motivación, tanto del alumnado como del profesorado. Para ello, hemos participado en varias decenas de proyectos de innovación educativa financiados principalmente desde la UPM, y también por otros organismos, como la Real Sociedad Española de Química, la Fundación “la Caixa” y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). En el proyecto que nos ocupa, la idea fundamental de partida fue intentar que los alumnos desarrollen sus conocimientos a través de la indagación (en diversas vertientes). Otra cuestión que buscamos es que se motiven al estudio, al apreciar que su aprendizaje se enfoca hacia la resolución de problemas y experiencias concretas contextualizadas en su vida cotidiana y de interés aplicado.

Los estudiantes a los que han ido enfocadas las actividades poseen perfiles muy diferentes, por las titulaciones implicadas; esencialmente se trata de: materias de química de primer curso de diferentes Grados de ingeniería, asignaturas de “Recursos para la didáctica de las ciencias”, “Complementos a la didáctica en química” e “Innovación e investigación educativa” del Máster Universitario en Formación del Profesorado que se imparte desde el ICE, así como otra asignatura de los Másteres Universitarios en Ingeniería Industrial y Química, para la formación en ciertas competencias, denominada “Comunicación y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología”.

El proyecto se inició a principios de 2020 y estaba previsto un año de duración. Las circunstancias especiales debido al confinamiento causado por la pandemia, hicieron que desde la UPM se permitiera una prórroga de un año más, lo que ha facilitado el enriquecimiento del proyecto. Así, aparte del desarrollo de las herramientas didácticas generadas en la actividad educativa convencional (aula y laboratorio), se pudo implementar de forma telemática y se facilitó el contacto con otros docentes, incluso de diferentes países.

Cada grupo de profesores implicados en las distintas asignaturas han aplicado la metodología a su propia aula, generando distintas propuestas que van desde mejora de prácticas de laboratorio a la resolución de problemas y casos contextualizados, de forma colaborativa.

¿Qué resultados se han obtenido?

Se han actualizado y mejorado propuestas educativas planteadas en años anteriores y se han diseñado otras nuevas. Algunos ejemplos son:

- Desarrollo de estudios experimentales que pueden hacer los alumnos en casa y que implican aspectos como: la variación con la temperatura de la cinética de hidratación de legumbres en remojo (implica conceptos de física, química y matemáticas) y de la disolución de comprimidos efervescentes, termodinámica de las bebidas 'autocalentables' comerciales, y experimentos (con vistosos cambios de colores por reacciones redox, ácido-base y de formación de complejos) con distintos tipos de té y sustancias fácilmente accesibles en una cocina. Otra experiencia desarrollada, sencilla, pero de alto interés didáctico, que requiere solo de hielo, agua líquida, sal común y colorante alimentario, permite introducir a los alumnos en el método científico y que comprendan el fundamento de las corrientes termohalinas de los océanos y algunas de sus implicaciones, como el transporte de los microplásticos hacia los fondos marinos.

- Preparación y estudio de recipientes análogos a los conocidos como pot-in-pot de ciertas zonas de África, a partir de macetas de cerámica porosa de distinto tamaño, separadas por arena humedecida, que refrigeran el interior por evaporación del agua ("efecto botijo") y permiten una mejor conservación de alimentos. El tema permite profundizar en ciencia de materiales, termodinámica, cinética química, refrigeración de alimentos, climatología, y aspectos sociales. Este trabajo, en el que colaboraron conmigo el profesor Ismael Díaz y los estudiantes Carla Ortiz y Ander Martínez, se presentó, con el título de 'El frigorífico cerámico que permitió a niñas africanas ir a la escuela: una aplicación STEM basada en la sabiduría popular', al certamen internacional 'Ciencia en Acción 2020', donde fue premiado en la modalidad de Ciencia, Ingeniería y Valores.

- Uso de ingenios y juguetes científicos para el aprendizaje de ciencias, como la nieve artificial (con poliacrilato de sodio y agua), el "pez adivino" (película de celulosa que se mueve 'misteriosamente' en la palma de la mano), el "energy stick" (que se ha usado, por ejemplo, para mostrar la conductividad eléctrica de distintos elementos químicos), el radiómetro de Crookes (curioso molinillo que funciona con energía lumínica) y el 'pájaro bebedor' (máquina térmica cuyo fundamento, de cierta complejidad, se basa en el descenso térmico provocado por la evaporación de agua de una superficie y otras cuestiones relacionadas con equilibrios

líquido-vapor). Parte de este tema derivó en el Trabajo Fin de Grado 'Estudio de ingenios científicos con aplicaciones en educación y divulgación', del alumno Javier de la Vega, del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

- Desarrollo de problemas y casos cuantitativos relacionados con: el ahorro energético y disminución de emisiones de CO₂ por el uso de calderas domésticas de condensación en sustitución de las convencionales, la relación entre consumo de combustible y emisiones de CO₂ por automóviles (a partir de la información aportada por los fabricantes), así como el análisis de la información química ofrecida en etiquetas de productos comerciales y en direcciones de internet (a veces con explicaciones pseudocientíficas). Estos casos se caracterizan por la necesidad de buscar los datos, tener resultados abiertos y realizarse por aprendizaje cooperativo.

- Preparación de nuevas prácticas de laboratorio para implementación en asignaturas experimentales del Grado en Ingeniería Química que se imparte en las dos Escuelas implicadas y en la asignatura de "Complementos a la didáctica en química" citada anteriormente. En estos casos, se diseñaron también estrategias para desarrollar parte de ellas de forma telemática.

Además, se ha indagado sobre ciertos aspectos de historia de la ciencia y relaciones con el arte (esencialmente pintura y escultura), como son: origen, significado y herramientas para el aprendizaje de la tabla periódica; modelos atómicos y propiedades periódicas de los elementos químicos; uso de la filatelia como introducción a la historia de la ciencia; y aportaciones del único madrileño que ha descubierto un elemento químico (el eritronio, hoy vanadio) hasta la fecha. Un trabajo relacionado con este último tema recibió recientemente otra distinción en el certamen 'Ciencia en Acción 2021', en la modalidad de Trabajos de Divulgación Científica (Premio Fundació Ciutat de Viladecans), con el título de 'Andrés Manuel del Río: el polifacético madrileño (y mexicano de adopción) que descubrió un elemento químico en México.'

Aparte de implementarse en las asignaturas antes citadas, en distintos contextos, se hizo especial énfasis en su aplicación en las enseñanzas del Máster en Formación del Profesorado, buscando el efecto multiplicador que puede producirse cuando los alumnos que lo cursan ejerzan, como profesores, en centros de educación secundaria, bachillerato y FP. Además, se promueve así en estos profesionales de la educación en formación una 'seña de identidad' de nuestra Universidad, que es la formación práctica y el carácter aplicado de las ciencias básicas.

Algunos resultados de estas acciones se difundieron en distintos formatos (artículos, capítulos de libro, ponencias...), que se incluyen al final, como información adicional para los lectores más interesados en el tema. Entre los autores de los trabajos hay alumnos de nuestra Universidad (como Laura Tajuelo) y también profesores externos a la UPM (Manuela Martín, Marisa Prolongo y Luis Moreno) que colaboraron en algunas tareas y a los que se agradece la ayuda prestada.

¿Cómo lo han valorado los estudiantes? y ¿el equipo docente?

Los estudiantes suelen valorar positivamente el interés del profesorado por introducir este tipo de actividades de carácter práctico y que promueve el aprendizaje activo, como se suele reflejar en sus valoraciones sobre preguntas específicas de las encuestas realizadas al final del cuatrimestre, y donde ensalzan el empleo de actividades prácticas. Pero también se observa que hay cierto porcentaje de alumnos que prefieren actividades y problemas “más cerrados”, donde se dan los datos de partida y hay un único resultado final. Algunos de estos alumnos no están acostumbrados a este tipo de actividades, y llegan a señalar en observaciones de sus encuestas de satisfacción comentarios como: “el profesor pide tareas sobre temas que no están en el temario, como las calderas de condensación”. Lamentablemente, ese comentario muestra que el alumno no llegó a entender que se trataba de una actividad concreta, relacionada con la ingeniería, basada en conceptos que se abordan en la asignatura de Química de primer curso, con lo que puede percibir la utilidad de lo aprendido, por ejemplo, para ahorrar combustible (como el gas natural) y emisiones de CO₂; es decir, aplicando la termoquímica que deben conocer, se justifica que una medida que puede tomarse desde cada hogar, redunde en la mejora de la sostenibilidad global. Este tipo de ejemplos redundan en la necesidad de mejorar la comunicación entre profesores y alumnos.

En cuanto al profesorado, ocurre algo similar; por una parte, suele ser atractivo para muchos profesores trabajar en nuevos temas y planteamientos didácticos, lo que les sirve de motivación, pero también hay cierta inercia hacia el empleo de prácticas y problemas bien conocidos y de efectividad ya contrastada por la experiencia de cursos anteriores. También hay profesores que prefieren planteamientos docentes de carácter más transmisivo. Lamentablemente, las múltiples actividades del día a día (docencia, investigación, gestión, trabajos con empresas...) impiden a algunos profesores afrontar temas de innovación educativa, y no dejan muchos huecos para discutir con otros colegas la implementación y los resultados de actividades didácticas como las que se han comentado. En todo caso, al ser un grupo tan numeroso de profesores, se han podido afrontar de forma adecuada los retos planteados. Además, hemos tenido en este proyecto, como en otros anteriores, la ayuda entusiasta de algunos alumnos y del personal de administración y servicios de los departamentos implicados.



¿Cuáles son las principales dificultades a las que te has enfrentado?

Aparte de lo citado en la respuesta anterior, en el caso concreto del proyecto, una dificultad notable, como en tantos ámbitos de la sociedad, fue la llegada de la pandemia causada por el COVID-19, que trastocó todos los planes en el ámbito de la docencia universitaria. Pero, como ya se ha señalado, esta 'amenaza' se transformó de alguna manera en una 'oportunidad' para ampliar el ámbito de acción y comunicación a vías telemáticas que, si bien ya existían, no se habían aplicado de forma habitual. Así, por ejemplo, hubo que hacer experiencias (como reacciones químicas concretas) que se retransmitían para que los alumnos las vieran en directo, y se facilitó la comunicación entre profesores, incluso de otros países.

Otro problema, típico también en todos los ámbitos, fue el límite marcado por el tiempo. A veces se plantean problemas y entornos educativos muy ambiciosos, que requieren de un tiempo no siempre disponible. Esto es especialmente relevante en los alumnos: tienen muchas asignaturas concentradas en cuatrimestres de 14-15 semanas efectivas, y es sumamente difícil que se impliquen el tiempo requerido para algunas tareas de materias concretas. También el profesorado, debe optimizar el tiempo, dada la ingente variedad de tareas, como se señaló antes.

¿Qué habría que mejorar? ¿Aspectos que se han cumplido?

En general, creo que se han cumplido de forma razonablemente positiva los planteamientos marcados. Cualquier herramienta educativa desarrollada es susceptible de mejora. De hecho, prácticamente todo lo realizado se puede aplicar en próximos cursos y en otros entornos educativos, con modificaciones a partir de la experiencia recabada y lo aprendido.

En todo caso, somos conscientes de lo indicado por Bent y Power en un trabajo publicado hace ya cerca de medio siglo (J. Chem. Educ., Vol. 52, 448-450, 1975). Con el título de You Can't Win (no puedes ganar), se referían a que al intentar mejorar ciertos aspectos, con modificaciones de las metodologías educativas, se pierde siempre en otros, aparte de que cada alumno es un mundo y no todos responden del mismo modo a las diferentes estrategias educativas. Pero nos anima su final: "siempre [como docente] puedes mejorar, e intentando mejorar, no puedes perder". Así que intentaremos, al menos "no perder".

¿Cómo se plantea la continuidad en el futuro?

La idea es mantener la continuidad de los planteamientos generales, diseñando nuevas herramientas educativas que promuevan el pensamiento crítico de los alumnos y el aprendizaje por indagación sobre temas de actualidad y de relevancia social, con relación con los contenidos de las materias implicadas.

Además, a finales de este año está previsto que, después de llevar 15 años como coordinador del GIE, me sustituya la profesora María Martín Conde, que tiene ya experiencia en la dirección de varios proyectos de innovación educativa, como el que hemos comentado en esta entrevista.

Por otra parte, la ONU ha proclamado 2022 como 'Año Internacional de las Ciencias Básicas para el Desarrollo Sostenible', lo que, sin duda, será un catalizador para muchos profesores de la UPM de matemáticas, física, química, biología, geología y otras ciencias básicas, para desarrollar multitud de actividades de divulgación e innovación educativa. Así se podrá poner más en evidencia cómo estas áreas están vinculadas en varios de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) adoptados en 2015 también por la ONU.

Mas información

Trabajos publicados con algunos de los resultados del proyecto

- "Química y Vida Cotidiana", G. Pinto, *Boletín de Divulgación Científica y Cultural. Editado por el Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias*, 291, 14-18 (2020).
- "El Laboratorio en Casa: Ideas para Realizar Trabajos Experimentales con Objetos Cotidianos", G. Pinto, *Educación en la Química, Edenlaq*, 26(2), 177-192 (2020).
- "Del Río, Descubridor del Eritronio, Hoy Vanadio", G. Pinto, *Revista Con Ciencias Digital*, 26, 4-25 (2021).
- "El Año Internacional de la Tabla Periódica desde la Filatelia: Implicaciones Didácticas y Divulgativas", G. Pinto, M. Martín y M. Prolongo, *Anales de Química*, 116(3), 164-172 (2020).
- "Experiencias Prácticas para la Enseñanza y el Aprendizaje de las Reacciones Químicas", G. Pinto, M. Prolongo, *Educación Química*, 27, 49-55 (2020).
- "Iniciativas del Ayuntamiento de Madrid para Resaltar la Labor de Andrés Manuel del Río, el Madrileño que Descubrió el Vanadio", G. Pinto, *Anales de Química*, 116(1), 38-42 (2020).
- "Retos para formar en primaria", G. Pinto, *El País*, pp. 26-27, 9 diciembre 2020. <https://bit.ly/3m8Cve5>
- "Modelos Atómicos y Propiedades Periódicas de los Elementos Químicos", G. Pinto, Págs. 277-282 del libro *"Enseñar química: De las sustancias a la reacción química"*, Aureli Caamaño (coord.), Ed. Graó, Barcelona (2020).

- “Actividades de Identificación y Comprensión de la Estructura y el Tipo de Enlace”, G. Pinto, Págs. 331–336 del libro “*Enseñar química: De las sustancias a la reacción química*”, Aureli Caamaño (coord.), Ed. Graó, Barcelona (2020).
- “Tea-Time Chemistry”. M. Prolongo, G. Pinto. *Science in School*, 52 (2021). <https://short.upm.es/azsnq>
- “Un Ejemplo de Actividad de Escape Room sobre Física y Química en Educación Secundaria”, L. Tajuelo, G. Pinto, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2205 (2021).
- “Innovación educativa en Física y Química en tiempos de pandemia: Una iniciativa para destacar la labor del profesorado en una etapa histórica singular”, G. Pinto Cañón, L. Moreno Martínez, *Anales de Química*, en prensa.
- “Cazando exoplanetas”, H. Sánchez Losada, G. Pinto, Traducción al español del artículo “*Hunting for exoplanets*”, *Science in School*, Vol. 49 (2020). <https://short.upm.es/9r26x>
- “Astro-agricultura: cómo cultivar plantas en el espacio”, C. Jiménez Prieto, G. Pinto, Traducción al español del artículo “*Astrofarmer: how to grow plants in space*”, *Science in School*, Vol. 49 (2020). <https://short.upm.es/9hgr0>
- “Encontrar la receta para la vida en la Tierra”, F. J. Gil, G. Pinto, Traducción al español del artículo “*Finding the recipe for life on Earth*”, *Science in School*, Vol. 49 (2020). <https://short.upm.es/6qij5>
- “Química a la hora del té”, M. Prolongo, G. Pinto, Traducción al español del artículo “*Tea-time Chemistry*”, *Science in School*, Vol. 52 (2021). <https://bit.ly/3bFb55k>

Presentaciones en congresos, cursos y conferencias de algunos resultados del proyecto, para docentes y para el público en general.

- “¡Vive la tabla periódica!”. Lecciones de química: Ciclo de conferencias. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. 23 enero 2020.
- “La historia de la tabla periódica a través de libros históricos”. Biblioteca del Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 30 enero 2020.
- “Andrés Manuel del Río, descubridor del vanadio”. Jornada sobre la aportación española a la tabla periódica de los elementos. E.T.S. de Minas y Energía de la UPM y Escuela de Guerra Naval de la Armada, Madrid. 20 febrero 2020. <https://short.upm.es/yd0f6>
- “Guided Inquiry-based Activities to Encourage the Active Learning and Science Literacy in the Chemistry Classroom”. 15 European Conference on Research in Chemical Education, ECRICE 2020. European Chemical Society, EuChemS, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel (vía telemática). 6 julio 2020.
- “El laboratorio en casa: ideas para realizar trabajos experimentales con objetos cotidianos”. Ciclo de Seminarios Internacionales del CIAEC 2020: Enseñar ciencias experimentales en tiempos de pandemia. Nuevas realidades y mediaciones. Universidad de Buenos Aires y Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Buenos Aires (vía telemática). 24 julio 2020. <https://short.upm.es/ampg1>
- “Fomento del Aprendizaje Activo de las Ciencias por Indagación: Estudio de Casos”. Congreso Científico de Ciencias Básicas, IV Convención Científica Internacional, modalidad virtual. Portoviejo (Manabí, Ecuador). 21-23 octubre 2020.
- Presentación del taller “*Réfrigerateurs en argile: Science et technologie populaire*” con traducción en flamenco “*Koelkast van klei: Populaire wetenschap en technologie*”. Certamen *Playful Science 14; Science on Stage Belgium* e *Institut de la Formation en Cours de Carrière de Bélgica*, para profesorado y divulgadores científicos. Modalidad telemática desde Bruselas. 24 octubre 2020. <https://short.upm.es/rlyl1> y <https://short.upm.es/blesm>

- “Andrés Manuel del Río: el único madrileño que ha descubierto un elemento químico.” Semana de la Ciencia y la Innovación de la Comunidad de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (vía telemática). 10 noviembre 2020. <https://short.upm.es/r5vmv>
- “De la termodinámica del botijo a la popularización de la tabla periódica: algunos ejemplos de divulgación de la ciencia”. III Edición del concurso de divulgación científica "*Brain Wars: The future is in your hands*". Universidad Complutense de Madrid y Real Sociedad Española de Química, Madrid (vía telemática). 27 noviembre 2020.
- “Ciencia al alcance de todos”. Sesión de entrega del premio COSCE a la difusión de la ciencia. Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) y Fundación Ramón Areces. Madrid. 2 diciembre 2020. <https://short.upm.es/k6824>
- “¿Por qué estudiar titulaciones STEM?”. Sesión de entrega de premios del “I Concurso de Fanzines ¿Cómo sería el mundo sin el trabajo de los científicos?” Universidad de Alcalá y Real Sociedad Española de Química. Alcalá de Henares (Madrid) (vía telemática). 17 diciembre 2020.
- Sesión sobre “Recursos y casos prácticos para la educación en Química y materias STEM”. Curso de innovación educativa en la enseñanza de química para secundaria. Centro Territorial de Innovación y Formación (CTIF) de Madrid Capital, vía telemática. 2 febrero 2021.
- “*Emotional and Social Aspects of Distance Learning*”. Round Table. International Conference “*Teaching Challenges and Evaluation of Knowledge*”. EDUchallenge. Liubliana, Eslovenia, vía telemática. 10 febrero 2021. <https://bit.ly/3rxMXHk>
- “La tabla periódica como recurso para la educación STEAM”. VI Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología. Colegio Profesional de Educación y Editorial Santillana. Madrid, vía telemática. 13-16 abril 2021.
- “Actividades de escape room para la enseñanza y la divulgación de las ciencias”. Seminario docente: Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias en escenarios diversos. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), vía telemática, 17 junio 2021. <https://short.upm.es/f0smg>
- “*Context and inquiry-based chemistry teaching and learning for engineering students*”, 9th European Variety in university Chemistry Education Conference: Eurovariety 2021. European Chemical Society. Liubliana (Eslovenia), vía telemática. 7-9 julio 2021.