

**INTEGRACIÓN DE HISTORIA Y CIENCIA A TRAVÉS DE PASEOS DIVULGATIVOS:  
UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE-SERVICIO EN LA UNIVERSIDAD**

**INTEGRATION OF HISTORY AND SCIENCE THROUGH EDUCATIONAL TOURS:  
A SERVICE-LEARNING EXPERIENCE AT THE UNIVERSITY**

**GABRIEL PINTO, MARÍA MARTÍN CONDE, VICTORIA ALCÁZAR, MARINA ARRIETA,  
ESTEFANÍA AVILÉS, PATRICIA GARCÍA MUÑOZ, ISABEL LÓPEZ HERNÁNDEZ,  
FREDDYS BELTRÁN, DOLORES ROBUSTILLO, ÁNGEL AGÜERO, MIGUEL SOLÍS,  
JAVIERA SEPÚLVEDA, NILOOFAR ARABBASERI, CARLOS GARCÍA CASTELLANO**

*E.T.S. de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid*

**Resumen:**

Se recoge información sobre una actividad realizada en la Universidad Politécnica de Madrid con la colaboración de otras instituciones. Alumnos y profesores participaron en el diseño e implementación de dos rutas divulgativas: “La Ilustración española y el descubrimiento de tres elementos químicos” y “Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española”. Tras introducir la relevancia de la divulgación de temas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) y del Aprendizaje-Servicio, se presentan los objetivos, metodología y resultados alcanzados (muy satisfactorios para los colectivos implicados).

**Palabras clave:**

Aprendizaje-Servicio (ApS); divulgación STEAM; ocio y cultura; paseos divulgativos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Está ampliamente admitida la necesidad de que la sociedad en general, y los jóvenes de forma especial, conozcan y valoren las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Estas relaciones forman parte de lo que actualmente se conoce como educación STEM, de *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, o

STEAM, donde se incluyen las *Arts* (Prolongo y Pinto, 2019; Pinto, 2022a). Este tipo de educación se inscribe en un espectro amplio de metodologías didácticas que persiguen una mayor implicación del alumno, el fomento de su motivación y el aprendizaje significativo, en todas las etapas educativas. Entre esas metodologías, se encuentra el Aprendizaje-Servicio (ApS), enfocado hacia el aprendizaje del alumno, a la vez que genera un impacto positivo en su entorno social (Medina Romero, 2021).

La LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020), que rige actualmente el sistema educativo español en sustitución de la LOMCE de 2013, destaca el ApS como una estrategia pedagógica que fomenta la competencia social y ciudadana, la aplicación de conocimientos y destrezas a situaciones reales, y los lazos entre centros educativos y comunidad. Se promueve que el alumno no solo adquiera conocimientos, sino que desarrolle habilidades sociales y emocionales, comprendiendo la relevancia de lo que está aprendiendo y cómo puede utilizarlo. También la Ley Orgánica del Sistema Universitario (LOSU), aprobada en 2023, cita el ApS (Ley Orgánica 2/2023) como uno de los mecanismos de las universidades para reforzar la colaboración con las administraciones locales y con los actores sociales de su entorno.

El ApS es una estrategia consolidada, aplicada con éxito en la universidad (Rodríguez Gallego, 2014; Salam *et al.*, 2019). Para promover su práctica, se creó, en 2019, la Oficina de Aprendizaje-Servicio (2022) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Desde dicha Oficina, se introduce la temática ApS, se destaca el papel de los colectivos implicados (estudiantes, docentes y entidades), se promueven proyectos, y se ha elaborado una interesante guía sobre esta metodología (Servicio de Innovación Educativa de la UPM, 2020).

Por otra parte, Madrid es la capital de una nación que ha participado en el desarrollo científico de los últimos siglos. Al no ser suficientemente conocido por la ciudadanía, se hace necesario difundir los logros al respecto.

Con este contexto, entre 2022 y 2024, se llevaron a cabo dos proyectos educativos, cuyos nombres se incluyen en los agradecimientos, con los que se ha pretendido aprovechar la metodología ApS para desarrollar dos rutas científicas divulgativas. En ellas, alumnos voluntarios de la UPM, aparte de colaborar en su diseño, con la guía de un grupo de profesores, ilustran al público en general, sobre hechos, edificios y eventos históricos significativos para el avance científico y tecnológico. Así, mientras prestan un servicio a la comunidad, aprenden conceptos de ciencia, tecnología, arte e historia. En el primer proyecto se diseñaron las rutas: “La Ilustración española y el descubrimiento de tres elementos químicos” (Ruta 1) y “Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española” (Ruta 2). El otro proyecto pretendía profundizar en estos paseos, favorecer su difusión y enfocarlos a públicos de perfiles específicos.

## 2. OBJETIVOS

Las necesidades educativas y culturales que se apreciaron para plantear los proyectos educativos citados fueron:

- Proporcionar una formación más holística para el alumnado universitario, con nuevas herramientas para relacionar ciencia y tecnología con aspectos de arte, historia, urbanismo y arquitectura. La enseñanza convencional, compartimentada de materias, debe completarse con perspectivas más amplias y contextualizadas.
- Desarrollar ciertas competencias, como búsqueda de datos, trabajo en equipo, exposición oral, creatividad, etc., en alumnado universitario de Grado, Máster y Doctorado, y en investigadores postdoctorales.
- Incrementar el conocimiento del patrimonio de la UPM.
- Facilitar nuevos canales de divulgación de actividades y de difusión de información para el Ayuntamiento de Madrid, como son paseos con contenidos del patrimonio científico de la ciudad, no tan conocido como el histórico y artístico.
- Favorecer el conocimiento de temas de ciencia, arte e historia –combinando entretenimiento y formación–, para públicos diversos: alumnos y profesores de todas las etapas educativas, ciudadanos con interés por la cultura, visitantes en Madrid por distintas causas (ocio, congresos, eventos, etc.).
- Mejorar el conocimiento del acervo que acompaña a una ciudad histórica como Madrid. La primera ruta forma parte del “Paisaje de la Luz” (Patrimonio Mundial de la UNESCO), que complementa con la implicación de España en el descubrimiento de elementos químicos. La segunda, destaca logros y personajes de la “Edad de Plata” de la cultura española (finales del siglo XIX y principio del XX).

Para abordar estas necesidades, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Fomentar el conocimiento de relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Por ejemplo, la mayor parte de los alumnos involucrados como guías, desconocía inicialmente unos contenidos que, al cabo de un tiempo, explicaban a otras personas.
2. Desarrollar e indagar sobre temas de historia de la ciencia y de la técnica.
3. Profundizar en el conocimiento de la gesta de cuatro españoles (Antonio de Ulloa, hermanos Elhuyar –Juan José y Fausto– y Andrés Manuel del Río) que descubrieron tres elementos químicos (platino, wolframio y vanadio, respectivamente), así como de científicos, ingenieros y arquitectos de las épocas implicadas.
4. Reflejar las huellas de estos científicos en Madrid, intensificando esa labor

- en la figura de del Río, único madrileño que ha descubierto un elemento químico.
5. Resaltar el fundamento e importancia de la tabla periódica (hito de la ciencia). Sin ser conscientes de ello, algunos personajes citados contribuyeron a su génesis.
  6. Divulgar la riqueza de las relaciones históricas y culturales entre España y en la América Española, desde el siglo XVIII hasta principios del XX.
  7. Abordar temas concretos de geodesia y otras áreas de ciencia y tecnología.
  8. Colaborar en la proyección de Madrid como destino de interés científico.
  9. Involucrar a alumnado universitario en la consecución de estos objetivos.
  10. Colaborar en la adquisición de competencias personales y sociales, como (aparte de las citadas): empatía, facilidad para hablar en público y explicar temas científicos, a personas expertas o no, y la satisfacción del trabajo bien hecho.

Estos objetivos generales, se han ampliado para grupos con características especiales. Así, se han desarrollado programas de rutas (bien como guías, bien como receptores de la información y participantes) para colectivos concretos de alumnos y profesores de varios ámbitos (química, física, arquitectura y urbanismo, y didáctica de las ciencias) y entornos (diversas etapas educativas, público en general, colegios de entornos rurales, universitarios de Florida...). Por otra parte, ha sido de especial interés en el desarrollo de los proyectos ApS, la alineación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) concretos:

- ODS 4, Educación de Calidad (garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos). Especialmente con las metas 4.4 (“...aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias...”), 4.7 (“... valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible...”) y 4.c (“...aumentar considerablemente la oferta de docentes cualificados...”).
- ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles (lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles), esencialmente con la meta 11.4 (“...redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo...”).

### 3. METODOLOGÍA

Para desarrollar los proyectos, se contó inicialmente con una decena de profesores y cinco alumnos (de Máster, Doctorado y Postdoctorado de ingenierías). Cabe destacar su interdisciplinariedad, con expertos en química, tecnología de materiales,

historia de la ciencia, didáctica, diseño, e inglés. Se pone también en valor su multiculturalidad: además de españoles, hay participantes de Argentina, Venezuela, Chile, Italia e Irán. Se incorporaron al equipo, posteriormente, más alumnos (tres del Máster de Formación del Profesorado que, a su vez, realizaron su trabajo final de Máster sobre temáticas del proyecto, y seis de Grado).

La relación de los colectivos implicados (alumnos, docentes e investigadores) fue fluida, y sirvió para estrechar lazos de colaboración. Se contó con la colaboración de la Oficina de Aprendizaje-Servicio de la UPM, la Oficina de Proyectos del Ayuntamiento de Madrid y las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química. En relación a los contenidos, se indagaron y desarrollaron multitud de conceptos:

- Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S), para lo que se visitaron museos y otros centros, y se consultaron libros, artículos, archivos, páginas web, etc.
- Temas específicos de historia de la ciencia y la técnica, como el descubrimiento de los tres elementos químicos ya citados, en el contexto de la Ilustración Española (siglo XVIII) en el ámbito de la ruta 1; y la física, la química, la arquitectura y la ingeniería entre finales del siglo XIX y primer tercio del siglo XX en España, en la ruta 2. En el desarrollo de la primera ruta se encontraron datos muy interesantes sobre la Misión Geodésica, expedición científica emblemática del siglo XVIII. Otro aspecto que se ha indagado, a raíz de la búsqueda de información sobre el Palacio de la Industria y de las Artes, es el nacimiento y desarrollo de los estudios de ingenierías en España, por poner otro ejemplo.
- Fundamento e importancia de la tabla periódica, un tópico científico muy popular entre la ciudadanía, pero poco conocido. Aprovechando la ruta 1, en la que se resaltan los tres elementos descubiertos por españoles, se ha investigado sobre la génesis y significado de la tabla periódica, un paradigma del saber humano, y temas relacionados, como lo que significa e implica descubrir un elemento químico.
- Sociedad y cultura en la Europa de Entreguerras. La singularidad de la sociedad y evolución de la ciencia durante los años veinte y treinta del pasado siglo, fueron temas recurrentes, así como otros aspectos de la época.
- Jardines y edificios involucrados en los paseos (arquitectos implicados, estilos arquitectónicos, remodelaciones, urbanismo...).

En cuanto a competencias personales y sociales, para los alumnos involucrados en la actividad de ApS, se intentaron favorecer aspectos como:

- (a) Fomento de la empatía considerando, por ejemplo, el público al que van destinados los paseos, no siempre experto en los temas abordados.
- (b) Mejora de la facilidad para hablar en público.

(c) Desarrollo de explicaciones de temas científicos y técnicos para personas de formación heterogénea.

(d) Promoción y puesta en valor de la vocación de servicio.

Para todo esto, las metodologías didácticas y actividades de aprendizaje que se llevaron a la práctica para desarrollar los proyectos fueron:

- Aprender haciendo. Las actividades se desarrollaron con carácter práctico (estudio, realización de carteles, reuniones, diseño y desarrollo de visitas...), que sirvieron para “aprender” y superar problemáticas mientras se realizaban.
- Aprendizaje Basado en Retos. Aparte del reto de desarrollar dos rutas divulgativas (temática, control de tiempos, diseño...), a medida que avanzaba el proyecto, aparecían otros nuevos, como amoldar los paseos a públicos específicos.
- Aprendizaje cooperativo. La base de los proyectos fue la colaboración entre alumnos y profesores. Una muestra de la riqueza al respecto es que se interaccionó con alumnos de otros países que aún no conocían suficientemente el español, organizándose visitas específicas en las que aprendían sobre el entorno de su centro de estudio (E.T.S. Ingenieros Industriales de la UPM) y aspectos culturales de España, guiados por alumnos que, a su vez, perfeccionaban el uso del inglés.

#### 4. RESULTADOS

El resultado más evidente fue el diseño y puesta en práctica de las dos rutas divulgativas. En su implementación, están sujetas a cambios según la naturaleza del público y disponibilidades horarias (el tiempo estándar de cada ruta es de unas dos horas). El enfoque, dirigido a públicos específicos (ver Figura 1), contribuye al desarrollo de competencias transversales, como se ha mencionado.

Se intenta que sean paseos dinámicos, lo más distendidos posible, manteniendo el rigor. Para favorecer su carácter didáctico, se han preparado un conjunto de imágenes, para mostrar en público. En algún caso, las rutas no se realizan físicamente, sino que se explican en conferencias (congresos, Semana de la Ciencia...) o a través de folletos específicos (ver Figura 2) diseñados por alumnos involucrados en la actividad de ApS, algo también motivador. La descripción detallada de las rutas se ha publicado en otros medios (Pinto *et al.*, 2023; Pinto *et al.*, 2024) y será objeto de futuras publicaciones, por lo que aquí se describen de forma somera. En las tablas 1 y 2 se resumen los temas que se exponen en los dos paseos.

**ILUSTRACIÓN 1. FOTOGRAFÍAS DE DOS GRUPOS CON PÚBLICO ESPECÍFICO: PROFESORADO UNIVERSITARIO DE ARGENTINA Y DE ESPAÑA (IZDA.), EN LA RUTA 1, Y ALUMNOS DE 17-18 AÑOS DEL FLORIDA SOUTHERN COLLEGE (EEUU), EN LA RUTA 2, SIEMPRE GUIADOS POR ALUMNOS DE LA UPM INVOLUCRADOS EN EL APS**



#### **4.1. Ruta 1: La Ilustración Española y el descubrimiento de tres elementos químicos**

España ocupó un papel destacado en las investigaciones implicadas en el descubrimiento de elementos químicos metálicos, como se ha señalado (Pinto, 2020b; Pinto, 2023). Fue el resultado de un esfuerzo colectivo y una de las consecuencias del impulso de regeneración llevado a cabo durante el siglo XVIII, en el contexto de la Ilustración Española y las Reformas Borbónicas (Kuethe y Andrien, 2014).

La Ilustración fue un movimiento filosófico y cultural que acentuó el predominio de la razón y supuso una globalización cultural (Outram, 2019). Entre otras características de su desarrollo en España, cabe citar: un interés general por introducir reformas en obras públicas, administración, comunicaciones, enseñanza, agricultura, industria (incluyendo mejoras económicas y técnicas en sectores como la minería y la metalurgia en la América Española), y enseñanza; la generación de iniciativas para impulsar la formación científico-técnica de los ejércitos; un esfuerzo por desarrollar una “ciencia propia”, que permitiera la aplicación de una tecnología para un mejor aprovechamiento de los recursos; creación de instituciones científicas y educativas; y la financiación de expediciones científicas. Para estos planes reformistas, se fomentó el intercambio científico con el exterior, especialmente con países centroeuropeos, con acciones como: financiación de “pensionados” para que jóvenes con talento ampliaran estudios en centros educativos europeos; organización de programas de “comisiones de observadores” (hoy en día se podrían asimilar al espionaje industrial); y contratación de profesionales extranjeros para la enseñanza e investigación.

**ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLOS DE DOS FOLLETOS SOBRE LAS RUTAS DIVULGATIVAS, DISEÑADOS POR ALUMNOS INVOLUCRADOS EN EL ApS, PARA LA CELEBRACIÓN DE UN CONGRESO CIENTÍFICO EN MADRID**



**TABLA 1. ETAPAS Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PASEO DIVULGATIVO “LA ILUSTRACIÓN ESPAÑOLA Y EL DESCUBRIMIENTO DE TRES ELEMENTOS QUÍMICOS”**

Etapa	Visita	Temática
1. Zona sur del Parque de El Retiro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restos de la Real Fábrica de Porcelana (“La China”).</li> <li>Observatorio Astronómico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ilustración Española y Reformas Borbónicas.</li> <li>Elementos químicos y tabla periódica.</li> <li>Los siete “metales de la antigüedad”, relaciones entre alquimia y química, y nomenclatura científica.</li> <li><i>Paisaje de la Luz</i> (Patrimonio Mundial de la UNESCO).</li> </ul>
2. Palacio de Fomento (sede del Ministerio de Agricultura).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachada del edificio</li> <li>Estatua de Antonio de Ulloa por José Alcoverro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Información del edificio, relacionado por sus orígenes con el segundo paseo.</li> <li>A. de Ulloa: Biografía y papel científico (marino, descubrimiento del platino, “anillos de Ulloa”...).</li> <li>Referencia al cercano Museo Naval.</li> </ul>
3. Real Jardín Botánico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puerta del Paseo del Prado.</li> <li>Museo del Prado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Jardín Botánico y expediciones científicas.</li> <li>Información del edificio del Museo del Prado, proyectado para Gabinete de Historia Natural.</li> </ul>

Etapa	Visita	Temática
4. Palacio de las Cortes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Esquinas de las calles del Marqués de Cubas (antes Jardines y luego del Turco), y de Fernanflor (antes Florín), con el Paseo de los Jerónimos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La Casa de la Platina (ubicada, en tiempos, en la actual calle del Marqués de Cubas), dirigida por Chavaneau y Proust, e importancia del platino.</li> <li>– Hermanos Elhuyar: biografía y labor en América.</li> <li>– Descubrimiento del wolframio en Vergara.</li> <li>– Fausto Elhuyar en la Dirección General y la Escuela de Ingenieros de Minas (calle del Florín).</li> </ul>
5. Lugar donde estuvo la casa natal de A. del Río.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Iglesia de San Sebastián, donde se bautizó del Río.</li> <li>– Casa natal en la calle Ave María.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biografía de Andrés del Río destacando su actividad desarrollada en México.</li> <li>– Descubrimiento del vanadio (<i>eritronio</i> para del Río).</li> <li>– Referencia al Instituto de San Isidro, donde estudió y hay un museo de material docente histórico.</li> </ul>
Común a todas las etapas.	A lo largo de la ruta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Arquitectos implicados: Ventura Rodríguez, Francesco Sabatini, Juan A. de Villanueva...</li> <li>– Otros temas: cuadros de Goya, historia, etc.</li> </ul>

La ruta se inicia en el sur del Parque de El Retiro, continuando hacia la plaza de Atocha (donde hay una estatua de Antonio de Ulloa, en la fachada del Ministerio de Agricultura), y avanza, hasta la casa natal de Andrés del Río, en el barrio de Lavapiés. Se pasa por el Jardín Botánico (Añón, 1987) y las calles donde estuvo la Casa de la Platina y un edificio en el que trabajó Fausto Elhuyar. Se abordan temas como: ¿qué es un elemento químico y cómo se asigna su descubrimiento?, importancia de los metales, expediciones científicas, aventuras de navegación (Pinto, 2017), desarrollo de la ciencia en el siglo XVIII (Rodríguez, 2023), e importancia de la minería en la América Española, entre otros. Se busca motivar a los participantes a que encuentren más información y visiten detalladamente, en otro momento, lugares por los que solo se pasa o se indican.

#### 4.2. Ruta 2. Los ‘altos del hipódromo’: Una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española

Por analogía con el “Siglo de Oro”, que tuvo lugar entre el inicio del siglo XVI y finales del siglo XVII, y que supuso el apogeo de la cultura española, se habla de una “Edad de Plata” de la cultura española, para el periodo comprendido entre 1875 (inicio de la Restauración borbónica) o 1898 (conocido como “el desastre del 98”) y 1936 (inicio de la Guerra Civil) (Ibáñez, 2010). Fue otro periodo de modernización que abarcó múltiples facetas en: literatura, música, cine, arquitectura, deporte, radio, prensa, ciencia y tecnología. Además, se produjo el surgimiento de nuevos conceptos para

la mujer, sirviendo como muestra la creación de la Residencia de Señoritas y el Lyceum Club Femenino. Entre otras iniciativas del periodo, destacan la fundación de la Institución Libre de Enseñanza, ILE, en 1876 –que permanecería vigente hasta 1939–, del Palacio de las Artes y la Industria en 1887, la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, JAE, en 1907 (Berrio, 2000) –en el marco de la ILE– y la Residencia de Estudiantes en 1910 (Tovar, 1990). La época, y lo que supuso para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se muestra durante el desarrollo de una ruta que transcurre en zonas aledañas a un hipódromo –inaugurado en 1887, y que permanecería hasta 1933–, en el espacio ocupado actualmente por el complejo arquitectónico conocido como Nuevos Ministerios y parte del Paseo de la Castellana.

### 4.3. Valoración de las actividades por los agentes implicados

Hasta la fecha (noviembre de 2024), han participado en las actividades, aparte de los profesores y alumnos directamente implicados en los proyectos (un par de decenas), una docena de alumnos más que ejercieron de “guías” y unas 400 personas (de todas las edades) que se involucraron en las rutas, –bien en forma física como paseo, bien como asistentes a conferencias–.

Para conocer el grado de satisfacción, se preparó un cuestionario *on line* para responder tras terminar la actividad. Aparte de comentarios de felicitación por la actividad, se incluyeron recomendaciones puntuales de mejora, pero destaca el hecho (ver Figura 3) de que bastante más de tres cuartos de los participantes en el cuestionario (78 respuestas) indican que han aprendido mucho o bastante de arte, historia, ciencia y tecnología, que han mejorado en competencias, y que valoran la actividad como excelente o muy buena.

**TABLA 2. ETAPAS Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PASEO DIVULGATIVO “LOS ‘ALTOS DEL HIPÓDROMO’: UNA ZONA EMBLEMÁTICA DE LA EDAD DE PLATA DE LA CULTURA ESPAÑOLA”**

Etapa	Visita	Temática
1. Escuela de Ingenieros de Minas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Escuela de Ing. de Minas.</li> <li>– Instituto Geológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Introducción al siglo XIX en España y a la Edad de Plata.</li> <li>– Información (se incluyen interiores en la visita) de los edificios.</li> <li>– Historia de las entidades implicadas.</li> <li>– Información del edificio.</li> </ul>
2. Antiguo “Colegio de Sordomudos”, actual CESEDEN.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fachada del edificio.</li> <li>– Panorámica del Palacio de la Industria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Historia y usos del “Hipódromo de la Castellana”.</li> <li>– Institución Libre de Enseñanza. Junta de Ampliación de Estudios.</li> <li>– Antiguos Colegio de Sordomudos y Ciegos, Museo Pedagógico Nacional y Misiones Pedagógicas.</li> </ul>

Etapa	Visita	Temática
3. Palacio de la Industria y de las Artes (incluye visita por el interior).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recorrido por toda la fachada.</li> <li>- Escuela de Ingenieros Industriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Historia, características y transformación del edificio.</li> <li>- Usos: exposiciones de Bellas Artes, Museo de Ciencias Naturales, Escuela de Ing. Industriales, Laboratorios de Mecánica Aplicada (Torres Quevedo) y de Investigaciones Físicas (Blas Cabrera), etc.</li> <li>- Historia del Museo de Ciencias Naturales.</li> <li>- Estudios de ingeniería y UPM.</li> <li>- Historia de los edificios.</li> <li>- Funciones de la Residencia de Estudiantes, como diálogo permanente entre ciencias y artes.</li> </ul>
4. Residencia de Estudiantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edificios de la Residencia.</li> <li>- Visita de una habitación histórica tipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residentes emblemáticos: Lorca, Buñuel, Dalí, Severo Ochoa...</li> <li>- Conferenciantes y visitantes: Einstein, M. Curie, Paul Valéry, Stravinsky, Keynes, Le Corbusier, Unamuno, Juan Ramón Jiménez, Alberti, Ortega y Gasset...</li> <li>- Historia del "Edificio Rockefeller", sede del actual Instituto de Química Física Blas Cabrera.</li> </ul>
5. Edificios del CSIC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instituto de Física y Química</li> <li>- Campus del CSIC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personajes emblemáticos de física y química: Blas Cabrera, Miguel Antonio Catalán, Enrique Moles.</li> <li>- Ciencia en España en el primer tercio del siglo XX.</li> <li>- Incorporación de la mujer a la investigación científica.</li> </ul>
Común a todas las etapas.	A lo largo de la ruta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectos implicados: R. Velázquez, F. J. de Luque, F. de la Torre, E. Boix, A. Flórez, M. Sánchez Arcas, L. Lacasa...</li> <li>- Joaquín Sorolla: pintor de personajes emblemáticos de la época.</li> </ul>

## 6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La experiencia ha sido enriquecedora y muy bien apreciada por los colectivos implicados (profesores y alumnos participantes en su desarrollo, público participante en las actividades, representantes de las entidades colaboradoras, etc.), como se ha manifestado en reuniones, en encuentros y en las encuestas de satisfacción comentadas anteriormente.

Las dos rutas se han podido desarrollar de forma adecuada, en modalidad presencial y también de forma "virtual" (a través de conferencias en distintos foros). La aceptación por parte del público participante ha sido muy positiva, de forma que muchas personas han dejado sus datos para que se les anuncien actividades análogas.

Los alumnos directamente implicados, según han valorado, han adquirido competencias específicas y genéricas, considerándose que es un buen ejemplo de ApS. Los profesores involucrados también han aprendido muchos conceptos y han visto recompensada su labor, por la apreciación de los temas, tanto por parte de los alumnos como del público participante. Otro ejemplo del éxito fue la concesión del primer premio a los mejores proyectos de ApS realizados en la UPM en 2023.

### ILUSTRACIÓN 3. ALGUNOS RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS DE SATISFACCIÓN CON LA ACTIVIDAD, POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES (79 RESPUESTAS RECIBIDAS)



Con la consecución del proyecto, las rutas quedaron establecidas y se realizan bajo demanda. Así, se han realizado visitas y conferencias sobre ellas, durante la celebración de la Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid para público en general, para alumnos de EEUU en viaje de estudios, y para asistentes a la *18th International Conference on Industrial Engineering*, por poner algunos ejemplos.

La actividad, en alguna de sus partes, se ha introducido en varias asignaturas de la UPM, como son Química I impartida en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y en el Grado en Ingeniería Química, Recursos para la Didáctica de las Ciencias del Máster en Formación del Profesorado, y Comunicación y Divulgación de la Ciencia y de la Tecnología de los Másteres de Ingeniería Industrial y Química. Además, ha sido el tema central de tres trabajos fin de Máster derivados, como se ha señalado, lo que constituye un ejemplo de relación con experiencias innovadoras de aprendizaje.

La idea, en cuanto a perspectivas de futuro, es completar detalles, enfocándolo a distintos perfiles. Se han iniciado ya, y se pretende mejorar, iniciativas de teatralización con vestimenta de época, en ambos casos. Aunque ya se han hecho visitas en inglés, se plantea realizarlas de forma más metódica. También se pretende desarrollar las visitas en plataformas web para que sean más conocidas. Además, otra idea

de futuro es integrarlo como actividades de la UPM y del Ayuntamiento de Madrid. En esencia, se considera que se han cumplido adecuadamente los objetivos marcados (y recogidos al inicio de este texto), y con buenas perspectivas de futuro.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda prestada por la Universidad Politécnica de Madrid, a través de los proyectos “Madrid a Ciencia Cierta: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM” y “Madrid con Ciencia: Paseos para descubrir nuestro pasado científico”, en las convocatorias de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» de 2022 y 2023, respectivamente, así como por la concesión del premio al mejor proyecto de ApS de 2023. También se agradecen las colaboraciones de la Oficina de Proyectos (Ayuntamiento de Madrid), y del Grupo Especializado en Didáctica e Historia (GEDH), común a las Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ).

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Añón, C. (1987). *Real Jardín Botánico de Madrid: Sus orígenes*. CSIC Press.
- Berrio, J. R. (2000). La Junta de Ampliación de Estudios, una agencia de modernización pedagógica en España. *Revista de Educación*, (nº extraordinario), 229–248.
- Ibáñez, E. C. (2010). La Edad de Plata española. En *Zenobia Camprubí y la Edad de Plata de la cultura Española* (pp. 11–42). Universidad Internacional de Andalucía.
- Kuethe, A. J., & Andrien, K. J. (2014). *The Spanish Atlantic world in the eighteenth century: War and the Bourbon Reforms*. Cambridge University Press.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modificó la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado* (BOE), nº 340, de 30 de diciembre de 2020.
- Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario. *Boletín Oficial del Estado* (BOE), nº 70, de 23 de marzo de 2023.
- Medina Romero, J. (Coord.). (2021). *Aprendizaje-servicio (ApS): Una mirada social del aprendizaje*. Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo. <https://short.upm.es/fyvtm>
- Oficina de Aprendizaje-Servicio, Universidad Politécnica de Madrid. (2022). <https://aprendizajeservicio.upm.es/>
- Outram, D. (2019). *The enlightenment*. Cambridge University Press.
- Pinto, G. (2017). Antonio de Ulloa and the discovery of platinum. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 970–975.
- Pinto, G. (2022a). Educación STEAM: Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 109(número extra), 114–121.

- Pinto, G. (2022b). La Tabla Periódica como recurso para la educación STEAM. En González Montero de Espinosa, M., Baratas Díaz, A., & Herráez Sánchez, Á. (Eds.), *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)* (pp. 170–180). Grupo SM.
- Pinto, G. (2023). Elementos químicos descubiertos por españoles: Fuente de inspiración y de recursos para una docencia interdisciplinar. En González Montero de Espinosa, M., & Herráez Sánchez, Á. (Eds.), *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)* (pp. 155–163). Grupo SM.
- Pinto, G., Alcázar, V., Martín Conde, M., Agüero, A., Arrieta, M. P., Beltrán, F. R., García Muñoz, P., & Sepúlveda, J. A. (2024). “Madrid a Ciencia Cierta”: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM. En *Experiencias de Aprendizaje-Servicio en la UPM*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Pinto, G., et al. (2023). *Diseño e implementación de rutas divulgativas STEAM en Madrid: Un proyecto de Aprendizaje-Servicio (No. COMPON-2023-CINAIC-0009)*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza.
- Prolongo, M., & Pinto, G. (2019). La educación STEM: Ejemplos prácticos e introducción al proyecto europeo Scientix. En González Montero de Espinosa, M., Baratas Díaz, A., & Brandi Fernández, A. (Eds.), *Experiencias didácticas en el ámbito STEM: Investigación y didáctica en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas* (pp. 114–121). Santillana.
- Rodríguez, A. (2023). *Expediciones científicas españolas del siglo XVIII*. Edaf.
- Rodríguez Gallego, M. R. (2014). El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la universidad. *Revista Complutense de Educación*, 25(1), 95–113.
- Salam, M., Iskandar, D. N. A., Ibrahim, D. H. A., & Farooq, M. S. (2019). Service learning in higher education: A systematic literature review. *Asia Pacific Education Review*, 20, 573–593.
- Servicio de Innovación Educativa, Universidad Politécnica de Madrid. (2020). *Guías para el PDI*. <https://innovacioneducativa.upm.es/guias-pdi>.
- Tovar, I. P. V. (1990). *La Residencia de Estudiantes: Grupos universitario y de señoritas, Madrid, 1910–1936*. Ministerio de Educación.