

“Madrid a Ciencia Cierta”: diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM

¹Gabriel Pinto, ²Victoria Alcázar, ³María Martín Conde, ⁴Ángel Agüero, ⁵Marina P. Arrieta, ⁶Freddys R. Beltrán, ⁷Patricia García Muñoz, ⁸Javiera A. Sepúlveda
¹gabriel.pinto@upm.es; ²mariavictoria.alcazar@upm.es; ³maria.mconde@upm.es; ⁴anagrod@upv.es; ⁵m.arrieta@upm.es; ⁶f.beltran@upm.es; ⁷patricia.gmunoz@upm.es; ⁸javiera.sepulveda@upm.es

Resumen— Se recoge información sobre el desarrollo del proyecto de Aprendizaje-Servicio “Madrid a Ciencia Cierta: diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM”, realizado en la Universidad Politécnica de Madrid durante 2023. Alumnos y profesores colaboraron en el diseño e implementación de dos rutas divulgativas en Madrid: “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”. Se introducen, brevemente, la metodología educativa de Aprendizaje-Servicio y la relevancia de la divulgación de temáticas STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). Seguidamente, se describen los objetivos, la metodología empleada y los resultados alcanzados, muy satisfactorios para todos los colectivos implicados. Finalmente, se exponen las conclusiones y perspectivas de futuro.

Palabras Clave— Aprendizaje-Servicio (ApS), Divulgación de áreas STEAM, Ocio y cultura, Rutas divulgativas

Abstract— Information is gathered on the development of the Service-Learning project named “Madrid a Ciencia Cierta: Design and implementation of guided strolls with STEAM topics”. It was carried out at the Universidad Politécnica de Madrid during 2023. Students and professors collaborated on the design and implementation of two informative routes in the city of Madrid: “Enlightenment in Spain and the discovery of three chemical elements” and “The ‘Altos del Hipódromo’: an emblematic area of the ‘Silver Age’ of Spanish culture”. After introducing the Service-Learning methodology and the relevance of outreach STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) topics, the objectives, the employed methodology, and the results are described.

Keywords— Service-Learning, STEAM topics outreach, Leisure and culture, Outreach strolls

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 se conoce como educación STEM, del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, o STEAM, donde se incluyen las *Arts* (Pinto, 2022).

En las últimas dos décadas, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) ha sido pionera en el desarrollo de múltiples esfuerzos en innovación educativa (Vera *et al.*, 2006). Entre otras iniciativas, en 2019 se creó la Oficina de Aprendizaje Servicio, cuyo objetivo fundamental es fomentar el aprendizaje a través de la experiencia práctica que proporciona el voluntariado. Desde dicha Oficina, aparte de introducir la temática (normalmente abreviada como ApS), destacar el papel de los colectivos implicados (estudiantes, docentes y entidades), promover proyectos, y ofrecer recursos y noticias, se ha elaborado una guía sobre esta metodología educativa (Servicio de Innovación Educativa de la UPM, 2020). En la guía, se resalta que el ApS necesita la relación de dos vertientes fundamentales, “que exista aprendizaje y que exista un servicio que dé respuesta a una necesidad real”, y que es un aspecto clave para cultivar los talentos individuales

fomentando el compromiso social. El ApS es una estrategia bien consolidada (Felten y Clayton, 2011), aplicada con éxito en la universidad (Rodríguez Gallego, 2014). Salam *et al.* (2019) estudiaron su aplicación en educación superior, exponiendo el marco teórico, metodologías, integración en diversas disciplinas, problemas en su implementación, resultados pedagógicos y beneficios asociados, entre otros temas.

Por otra parte, Madrid es la capital de una nación que ha participado en el desarrollo científico de los últimos siglos, algo no suficientemente conocido por gran parte de la ciudadanía.

En este trabajo, se presentan los objetivos, procedimiento seguido y resultados de un proyecto educativo, que pretende aprovechar la metodología ApS para desarrollar dos rutas científicas divulgativas. En ellas, alumnos voluntarios de la UPM, aparte de colaborar en el diseño de estos paseos con la guía de un grupo de profesores, muestran al público general, 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. El proyecto, titulado “Madrid a Ciencia Cierta: diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM” fue financiado por la UPM, dentro de la convocatoria de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» de 2022, y se realizó a lo largo del siguiente año (Pinto *et al.*, 2023). Las rutas fueron: “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”.

2. OBJETIVOS

Las necesidades a las que pretendía dar respuesta el proyecto, son: 1. Una formación más holística del alumnado de ingenierías, con herramientas para relacionar ciencia y tecnología con cuestiones de arte, historia y arquitectura; se consideró que la enseñanza convencional, con una visión compartimentada de materias, debe completarse con perspectivas amplias y contextualizadas. 2. Desarrollo de competencias como búsqueda de datos, trabajo en equipo, exposición oral, creatividad, etc., en alumnado universitario (Grado, Máster y Doctorado) e investigadores postdoctorales. 3. Conocimiento de nuevas vías de divulgación de actividades para el Ayuntamiento de Madrid, como: el diseño de paseos en los que se ofrecen contenidos del patrimonio científico histórico madrileño, no tan conocido como el histórico y artístico. 4. Conocimiento de temas de ciencia, arte e historia por parte de un público diverso: alumnos y profesores de todas las etapas educativas, ciudadanos con interés por la cultura, visitantes en Madrid por diversas causas (ocio, congresos científicos, etc.); para un público cada vez con más acceso a la información, es fundamental la elaboración, desde el ámbito universitario, de explicaciones rigurosas que combinen entretenimiento y formación. 5. Incremento del conocimiento de las actividades que realiza una universidad pública, como la UPM, en otros entornos sociales. 6. Mejora del conocimiento del patrimonio arquitectónico y cultural que acompaña a una ciudad histórica como Madrid; la primera ruta forma parte del recientemente proclamado por la UNESCO como "Paisaje de la Luz", al que complementa desde una perspectiva muy poco conocida, la implicación destacada de España en el descubrimiento de tres elementos químicos; la segunda ruta pone en valor logros científicos de la “Edad de Plata” de la cultura española (finales del siglo XIX y principios del siglo XX).

Para abordar estas necesidades, se plantearon estos objetivos: 1. Fomentar el conocimiento de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (C-T-S); la mayor parte de los alumnos desconocía los contenidos que, al cabo de un tiempo, explicaban a otras personas. 2. Desarrollar e indagar sobre temas específicos de historia de la ciencia y de la técnica. 3. Resaltar el fundamento e importancia de la tabla periódica, como paradigma de logro científico. 4. Divulgar la riqueza de las relaciones históricas, culturales y sociales, entre España y América, abordando los contextos que abarcan los siglos XVIII, XIX y primer tercio del siglo XX. 5. Abordar temas concretos de geodesia y otras áreas de la ciencia y la tecnología. 6. Colaborar en la proyección de Madrid como destino turístico de interés científico. 7. Involucrar al

alumnado universitario en la consecución de estos objetivos. A su vez, se pretendía desarrollar entre los alumnos ciertas competencias personales y sociales, como: capacidad de empatía, facilidad para hablar en público, habilidad para explicar temas científicos, tanto a personas expertas como a inexpertas y la satisfacción por el trabajo bien hecho, así como también aprender al mismo tiempo que se hace un servicio a la comunidad.

3. METODOLOGÍA

3.1. Participantes, fases del proyecto y procedimiento seguido

Se contó con un equipo de diez profesores y tres alumnos (dos de doctorado y otro de postdoctorado). Cabe destacar la interdisciplinariedad del grupo, al haber expertos en química, tecnología de materiales, historia de la ciencia, didáctica, diseño, lingüística e inglés. Se pone también en valor la multiculturalidad del equipo donde, además de españoles, había personas de Argentina, Venezuela, Chile, Italia e Irán. A lo largo del proyecto se incorporaron al equipo otra profesora y más alumnos (seis de Grado y tres del Máster de Formación del Profesorado que realizaron el trabajo final de Máster sobre temáticas del proyecto) y otra profesora. Las fases seguidas para cubrir las necesidades y objetivos descritos, se llevaron a cabo a través de los pasos recogidos en la Tabla 1.

La relación *intra*-institución (alumnos, docentes e investigadores) fue fluida, y sirvió para estrechar lazos de colaboración. Incluso sirvió para favorecer las interacciones docentes-alumnos, pues en muchos casos solo se conocían de la impartición de clases. Las entidades que colaboraron en el proyecto fueron la Oficina ApS de la UPM, el Ayuntamiento de Madrid y las Reales Sociedades Españolas de Física y Química. La forma de desarrollo y consecución de los objetivos planteados se recoge en los siguientes párrafos.

Tabla 1. Fases desarrolladas a lo largo del proyecto, que se realizó en el año 2023.

Paso	Fechas	Actividades
1	Enero a junio	Estudio de las etapas (búsqueda de información, revisión bibliográfica, asistencia a visitas ofertadas por otras entidades, visitas a museos...) asociadas a las dos rutas y consolidación del equipo participante en sus distintas tareas.
2	Mayo a junio	Propuestas de rutas concretas (paradas, explicaciones...), una vez generado material en el paso anterior, y puesto en común en una plataforma virtual.
3	Mayo a septiembre	Desarrollo de material (cartelería, fichas...) sobre las rutas, para favorecer las explicaciones.
4	Septiembre	Realización de rutas piloto, dirigidas por profesores y alumnos, con público experto (recepción y discusión de sugerencias de mejoras).
5	Septiembre a octubre	Búsqueda y formación de alumnos voluntarios para hacer de guías. Se contó con un número suficiente y que mostró gran entusiasmo (https://short.upm.es/pwoyd).
6	Octubre a noviembre	Preparación (horarios, participantes...) y realización (paseos físicos, conferencias y modalidades online) de las rutas, guiadas por alumnos y con público diverso.
7	Octubre a noviembre	Balance del proyecto, mediante reuniones y realización y análisis de una encuesta de satisfacción. Planteamiento de sugerencias de futuro. Difusión en congresos, jornadas educativas y redes sociales.

- En relación a los contenidos (competencias académicas), se incluyeron multitud de conceptos:

- Relaciones C-T-S: se visitaron museos y se consultaron libros, artículos, archivos, etc.

- Desarrollo e indagación sobre temas específicos de historia de la ciencia y de la técnica, como el descubrimiento de platino, wolframio y vanadio, en el contexto de la Ilustración Española por parte 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 importantes datos sobre

la realización de la emblemática *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 ingenierías.

- Fundamento e importancia de la tabla periódica, un tópico muy popular en la ciudadanía con ciertos estudios elementales, pero poco conocido. Aprovechando la ruta 1, en la que se resaltan los tres elementos descubiertos por españoles (platino, wolframio y vanadio), 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.

- Reflexiones sobre la sociedad y la 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.

• En cuanto a competencias personales y sociales, se favorecieron aspectos como: (a) Fomentar de la empatía; tanto entre el profesorado como en el alumnado participante en el proyecto, ha sido fundamental preparar las actividades, considerando el público al que va destinado, no siempre experto en los temas abordados. (b) Mejorar la facilidad para hablar en público. (c) Desarrollar explicaciones de temas científicos para personas de formación variada. (d) Promover y poner en valor la vocación de servicio.

3.2. Desarrollo y aplicación de metodologías y actividades de aprendizaje

Las metodologías docentes que se llevaron a la práctica para desarrollar el proyecto, fueron: (a) *Learning By Doing*; las actividades se desarrollaron con marcado carácter práctico (estudio, realización de carteles y presentaciones, reuniones, diseño y desarrollo de vistas, realización de vídeos, etc.), que sirvieron para "aprender" y superar problemáticas mientras se realizaban. (b) Aprendizaje Basado en Retos; el principal reto de partida fue desarrollar dos rutas divulgativas (temática, control de tiempos, diseño, etc.) pero, a medida que se desarrollaba el proyecto, aparecían otros nuevos (¿Dónde estaba la fábrica de platina en el Madrid del siglo XVIII?, ¿Dónde vivió y trabajó Fausto Elhuyar cuando regresó a Madrid tras décadas en México?, ¿Cómo era Madrid en aquellas épocas?, etc.). (c) Aprendizaje Basado en la Investigación; los estudiantes construyeron su propio conocimiento a través de un proceso activo de indagación e interacción con otros estudiantes, investigadores y profesores. (d) Aprendizaje cooperativo; ha sido una de las estrategias de aprendizaje más empleadas, dado que la base del proyecto fue el trabajo cooperativo entre alumnos y profesores. Por ejemplo, se interaccionó con alumnos de otros países que cursan estudios en la UPM y que aún no conocían suficientemente el español, organizándose visitas específicas en las que aprendían sobre el entorno de su centro y sobre aspectos culturales de España, guiados por alumnos españoles de la propia Escuela, que perfeccionaban el uso del inglés como idioma de comunicación.

3.3. Diseño de las rutas divulgativas

Las rutas generadas, sujetas a leves cambios según la naturaleza del público y disponibilidades horarias (el tiempo estándar de cada una es de unos 90 minutos), se ilustran en la Figura 1 y se resumen en los siguientes epígrafes. La idea es intentar que sean paseos dinámicos, lo más distendidos posible.

3.3.1. Ruta 1: La Ilustración Española y el descubrimiento de tres elementos químicos

España ocupó un papel destacado en las investigaciones que concluyeron en el descubrimiento de los tres elementos químicos ya señalados. Se trata del resultado de un esfuerzo colectivo: son consecuencia del impulso de regeneración llevado a cabo durante el siglo XVIII, en el contexto de la *Ilustración Española* y las *Reformas Borbónicas*. La Ilustración fue un movimiento filosófico y cultural que acentuó

el predominio de la razón y supuso una globalización cultural. Entre otras características de la Ilustración Española, cabe citarse: un interés general por reformar aspectos de agricultura, obras públicas, administración, comunicaciones, industria (con mejoras económicas y técnicas en sectores como la minería y metalurgia en la América Española), y enseñanza; gobiernos de “despotismo ilustrado”, para lo que los monarcas confiaron en personas bien formadas; 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 que facilitara un mejor aprovechamiento de recursos; creación de instituciones científicas y educativas, como la Academia de Guardiamarinas de Cádiz en 1717 y el Seminario Patriótico de Bergara (Guipúzcoa) en 1777; y la financiación de expediciones científicas. Durante este periodo, se fomentó el intercambio científico con el exterior, especialmente con países centroeuropeos, a través de acciones como: la financiación de ‘pensionados’ para que jóvenes con talento ampliaran estudios en los principales centros educativos europeos; la organización de programas de “espionaje industrial” o “comisiones de observadores; y la contratación de profesionales extranjeros en centros de nueva creación o que se pretendían renovar.



Figura 1. Recorridos de los paseos divulgativos (A, B y C: ruta 1; D: ruta 2) explicados en el texto.

Todo lo señalado se relaciona con el desarrollo de la química y, en concreto, el descubrimiento de los elementos citados. Se pretende: (i) Profundizar en el conocimiento de la gesta de los cuatro españoles (Antonio de Ulloa, hermanos Elhuyar –Juan José y Fausto– y Andrés Manuel del Río) que los descubrieron. (ii) Reflejar sus huellas en la ciudad de Madrid. (iii) Intensificar esa labor en la figura de del Río, destacando que es el único científico madrileño que ha descubierto un elemento químico. (iv) Resaltar relaciones ‘ciencia, tecnología, sociedad, historia y arte’. Por ejemplo, del Río estudió en el actual Instituto de San Isidro, lo que debe ser destacado para las nuevas generaciones; también fue diputado y, además, desarrolló su labor principalmente en México, entonces Virreinato de Nueva España, lo que puede servir para profundizar en el conocimiento de la historia de este país. (v) Promover el conocimiento de la tabla periódica como hito de la ciencia: sin ser conscientes de ello, estos personajes contribuyeron a su génesis.

La ruta se inicia en la zona del Parque de El Retiro (ruinas de la antigua Real Fábrica de Cerámica y el Observatorio Astronómico), continuando hacia la plaza de Atocha (donde se encuentra una estatua de Antonio de Ulloa), hasta el Instituto San Isidro, en el céntrico barrio de Latina. Se pasa por el Jardín Botánico, y por la casa natal de del Río. Durante el recorrido, se hace referencia también a los hermanos Elhuyar, descubridores del wolframio. Se abordan temas como: ¿qué son los elementos químicos?, la importancia de los metales, expediciones científicas (Ulloa descubre el platino en la *Expedición Geodésica*, organizada desde Francia para determinar la naturaleza del achatamiento de la Tierra), aventuras de “navegantes y piratas” (Ulloa fue apresado por corsarios ingleses en su tornaviaje), espionaje industrial, el desarrollo de la ciencia en el siglo XVIII, y la importancia de la minería de la América Española. Esto se trata de forma somera, buscando motivar a los participantes a que encuentren más información y visiten detalladamente lugares por los que solo se pasa.

3.3.2. Ruta 2. Los “altos del hipódromo”: una zona emblemática de la “Edad de Plata” de la cultura española (1868-1936).

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, entre el Renacimiento y el Barroco, se habla de una “Edad de Plata” de la cultura española, para el periodo entre 1875 (inicio de la Restauración borbónica) o 1898 (conocido como “el desastre del 98”) y 1936 (inicio de la Guerra Civil). Fue un periodo de modernización que abarcó múltiples facetas, en ámbitos como: literatura, música, cine, arquitectura, deporte, radio, prensa, ciencia y tecnología. Además, se produjo el surgimiento de nuevos conceptos para la mujer. Caben destacarse iniciativas como la creación del Palacio de las Artes y la Industria (1887), la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1907) y la Residencia de Estudiantes (1910). La época, y lo que supuso para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se muestra durante el desarrollo de una ruta que parte del monumento a la Constitución (introducción a la zona, detalles del antiguo hipódromo –hoy Nuevos Ministerios–, desde donde se divisa el edificio del antiguo ‘Colegio de Sordomudos’ y sede del ‘Museo Pedagógico Nacional’ (pionero en metodologías educativas en los años treinta), hoy sede del CESEDEN. Se hacen paradas en: (1) E.T.S. de Ingenieros de Minas y de la Energía, y el Museo Geominero. (2) Puerta del Museo Nacional de Ciencias Naturales, donde se habla de su historia, contenidos, etc.; (3) Puerta de la E.T.S. Industriales, donde se comenta sobre la historia de esta ingeniería, mujeres emblemáticas que se formaron (Pilar Careaga, primera ingeniera española) y trabajaron (María Moliner, bibliotecaria y lexicógrafa), algunos personajes que trabajaron en el *Palacio de las Artes* (el ingeniero Torres Quevedo, el físico Blas Cabrera...), estudios presentes impartidos, historia de la UPM, etc. Se visita brevemente el interior, con curiosidades como la emblemática cúpula y la máquina de vapor gigante; (4) Puerta de la Residencia de Estudiantes del CSIC, visitando una habitación-tipo de la época y con una descripción somera de cómo convivieron poetas (Lorca, Salinas, Guillén, Juan Ramón Jiménez...), pintores (Dalí), cineastas (Buñuel), científicos (Severo Ochoa, Juan Negrín, Antonio Madinaveitia, Ignacio Bolívar...), etc. Además, allí dieron conferencias, científicos como Marie Curie o Einstein y economistas como Keynes; (5) Institutos del CSIC, como el ubicado en el “Edificio Rockefeller” (inaugurado en 1932), donde trabajaron físicos y químicos de la talla de Blas Cabrera, Miguel Catalán y Enrique Moles.

3.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) abordados

Los ODS que se han trabajado con este proyecto han sido:

- Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida. En concreto con las metas, de aquí a 2030 de: (a) 4.4 Aumentar el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento (todo el proyecto es, en sí mismo, una búsqueda de aportes para mejorar la formación

en competencias); (b) 4.7 Asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, la promoción de una cultura de paz, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural; (c) 4.c Aumentar la oferta de docentes cualificados, incluso mediante la cooperación internacional para la formación de docentes en los países en desarrollo (muchos alumnos implicados en el proyecto son potenciales docentes y es de esperar que trasladen el conocimiento elaborado a sus futuros alumnos).

- Objetivo 11: lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. En especial con la meta 11.4 (redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural).

- Objetivo 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. En concreto para la meta 17.6 Mejorar la cooperación regional e internacional en materia de ciencia, tecnología e innovación y el acceso a estas, y aumentar el intercambio de conocimientos.

4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para los participantes en el proyecto, en cualquiera de los colectivos implicados, se desarrolló un cuestionario (<https://short.upm.es/63p6x>) para cuantificar de cierta manera la satisfacción con la actividad y plantear propuestas de mejora. Entre septiembre y octubre de 2023 se recogieron 50 opiniones. Algunas de las respuestas (en una escala entre 1-poco y 5-mucho), fueron: 1. “Con esta actividad he aprendido sobre aspectos de arte e historia”, 5 (65%), 4 (28%), 3 (6%), 2 (2%), 1 (0%); La gran mayoría (cerca del 85%) indica que aprendió mucho o bastante sobre esas áreas. 2. “Con esta actividad he aprendido sobre aspectos de ciencia y tecnología”, 5 (42%), 4 (34%), 3 (16%), 2 (8%), 1 (0%); algo más del 75% indica que aprendió mucho o bastante en relación a estos aspectos. 3. “Con esta actividad he mejorado algunas competencias transversales como la búsqueda bibliográfica, expresión oral, herramientas TIC, trabajo en equipo, etc.”, 5 (42%), 4 (18%), 3 (16%), 2 (8%), 1 (16%); es decir, la mayoría (el 70%) indica que mejoró mucho o bastante en sus competencias, si bien, a diferencia de las anteriores, un 16% señala que poco. La valoración general por parte de los monitores de las rutas, fue: excelente (50,0%), muy buena (36,4%), buena (9,1%) y mejorable (4,5%). Para el personal que participó como asistente, donde se incluyen también estudiantes, la valoración general de la actividad fue: excelente (56,4%), muy buena (30,8%), buena (10,3%) y mejorable (2,6%). Cuando se cubrió un papel distinto al de asistente o monitor, las respuestas de satisfacción fueron: excelente (47,8%), muy buena (30,4%), buena (17,4%) y mejorable (4,3%), en la tónica de resultados sumamente favorables. Se realizaron reuniones con representantes de las entidades colaboradoras, manifestando un alto grado de satisfacción por los frutos de la labor desarrollada.

A través de la encuesta, al sugerir que se señalara “cualquier observación que se deseara añadir para la mejora de la actividad” se aportaron algunas como: “Enhorabuena a los integrantes del proyecto; es una actividad original y enriquecedora para muchos perfiles de personas”; “Digno de ser realizado con muchas más personas”; “*Thanks for everything which makes me to be familiar with scientists and their discovers*”... Como sugerencias de mejora, se citaron aspectos como: “se debe promover más la actividad entre los alumnos de la UPM”; “*We're all students and I would have liked to get to know you better ^-^ otherwise everything was amazing! Good job!*”; “A veces no entiendo mucho porque se hablaba demasiado bajo”; “*Make it more interactive maybe. Add a kahoot maybe or something. Also, introduce yourselves!*” Algunas opiniones de los alumnos que actuaron de guías fueron: “no sólo estoy aprendiendo la historia de la Escuela en la que he estudiado tantos años, sino que estoy desarrollando mis habilidades de comunicación oral y haciendo cosas de las que no me veía capaz hace unos años”; “Hemos aprendido más sobre la Escuela en la que estudiamos y muchos datos interesantes”; “He mejorado mi expresión oral frente a un público y ha sido una experiencia muy enriquecedora. Felicidades”.

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE MEJORA

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 y encuentros y en las encuestas de satisfacción. Se han podido desarrollar de forma adecuada, en modalidad presencial y virtual (a través de conferencias en distintos foros y otras vías) las dos rutas que se plantearon en un principio. La práctica desarrollada permitió dimensionar el tiempo, para que no duraran más de una hora y media cuando se realizan andando. Además, se desarrolló difusión de actividades a través de las redes sociales de la UPM (X, LinkedIn y Facebook).

La aceptación por parte del público que ha participado ha sido inmensa, de forma que muchas personas han dejado sus datos para que se les anuncien nuevas actividades análogas. Los alumnos directamente implicados han adquirido competencias específicas y genéricas. Los profesores implicados 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 del proyecto fue la concesión del primer premio a proyectos ApS realizados en la UPM en 2023, como se recoge, con un vídeo resumen del proyecto en <https://short.upm.es/plw37>.

Con la consecución del proyecto, las rutas quedaron establecidas y continúan en marcha, de forma que se pueden realizar, bajo demanda, las dos rutas generadas. Incluso, está prevista ya la realización de alguna visita y la organización de conferencias específicas sobre cada una de las rutas, durante la celebración de eventos como la Semana de la Ciencia y la Innovación en la Comunidad de Madrid, y para alumnos universitarios de Estados Unidos en viaje de estudios.

La idea, en cuanto a perspectivas de futuro, es completar detalles, incluso bajo demanda, ajustados a distintos perfiles. Por ejemplo, se han iniciado ya, y se pretende mejorar, unas iniciativas de teatralización con alguna vestimenta de época en ambos casos, lo que es especialmente apreciado por público muy joven. Además, aunque ya se han realizado un par de visitas en inglés, se pretende realizar de forma más metódica. También se pretende desarrollar las visitas en plataformas web para que puedan ser más conocidas. Todas estas perspectivas han sido refrendadas por la UPM, al aprobar la petición (diciembre de 2023) de un segundo proyecto titulado “Madrid con Ciencia: Paseos para descubrir nuestro pasado científico.

6. 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*”, correspondientes a las convocatorias de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» de los años 2022 y 2023, respectivamente. También se agradece la colaboración del Ayuntamiento de Madrid, a través de su Oficina de Proyectos, y del Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física a la Química, que es común a las Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ).

7. REFERENCIAS

- FELTEN, P. & CLAYTON, P. H. (2011). Service-learning. *New Directions for Teaching & Learning*, 128, 75.
- PINTO, G. (2022). Educación STEAM: Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 109 (número extra), 114.

- PINTO, G.; MARTÍN CONDE, M.; AGÜERO, A.; ALCÁZAR, V.; ARABBASERI, N.; ARRIETA DILLON, M. P.; BELTRÁN, F. R.; GARCÍA MUÑOZ, P.; ISAR, M.; LÓPEZ HERNÁNDEZ, I.; MARTÍN GARCÍA, F.; MATÍAS, C.; OLIET, J.; PEONI, L.; RAMÍREZ, J.; ROBUSTILLO, D.; SEPÚLVEDA, J. A. & SOLÍS, M. (2023). Diseño e implementación de rutas divulgativas STEAM en Madrid: Un proyecto de Aprendizaje-Servicio, en: *Actas del VII Congreso internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación (CINAIC)*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, p. 48.
- RODRÍGUEZ GALLEGU, M. R. (2014). El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad. *Revista Complutense de Educación*, 25(1), 95.
- SALAM, M.; AWANG ISKANDAR, D. N.; IBRAHIM, D. H. A. & FAROOQ, M. S. (2019), Service learning in higher education: A systematic literature review, *Asia Pacific Education Review*, 20, 573.
- SERVICIO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA DE LA UPM (2020). Guías para el PDI. Recuperado en: <https://bit.ly/3JUNL3W>
- VERA, C.; FÉLEZ, J.; COBOS, J. A.; SÁNCHEZ-NARANJO, M. J. & PINTO, G. (2006). Experiences in education innovation: developing tolos in support of active learning. *European Journal of Engineering Education*, 31(2), 227.