

Diseño e implementación de rutas divulgativas STEAM en Madrid: Un proyecto de Aprendizaje-Servicio

Design and Implementation of STEAM-Themed Guided Trails in Madrid: A Service-Learning Project

Gabriel Pinto^{1,2}, María Martín Conde^{1,2}, Ángel Agüero^{1,3}, Victoria Alcázar^{1,2}, Niloofar Arabbaseri¹,
Marina P. Arrieta^{1,2}, Freddy R. Beltrán^{1,2}, Patricia García Muñoz¹, Mar Isar¹, Isabel López Hernández¹,
Felipe Martín García¹, Carmen Matías¹, Julio Oliet¹, Laura Peponi^{2,4}, Jorge Ramírez^{1,2},
Dolores Robustillo¹, Javiera A. Sepúlveda¹, Miguel Solís¹
gabriel.pinto@upm.es

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

³Escuela Politécnica Superior,
Universitat Politècnica de València,
Campus de Alcoy (Alicante), España

²Grupo Especializado de Didáctica e Historia,
Reales Sociedades Españolas de Física y de Química,
Madrid, España

⁴Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros
(ICTP), Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (CSIC), Madrid, España

Resumen- Se recoge información sobre el desarrollo de un proyecto de aprendizaje-servicio, implementado en la Universidad Politécnica de Madrid durante el año 2023. Tras introducir esta metodología educativa, se describen el contexto, los objetivos y los resultados del proyecto titulado 'Madrid a ciencia cierta: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM'. A través del proyecto, un grupo de alumnos y profesores colaboraron en el diseño e implementación de dos rutas divulgativas, en Madrid: 'Los elementos químicos "españoles": tres hitos del período de la Ilustración' y 'Los "altos del hipódromo": una zona emblemática de la 'Edad de Plata' de la cultura española (1868-1936)'. El trabajo forma parte de la Comunidad 'Equalitarian Societies: opportunities for everyone (ES:04E)', dentro de la comunidad de Universidades europeas EELISA.

Palabras clave: *Aprendizaje-servicio, Divulgación científica, Enfoques CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), Rutas divulgativas.*

Abstract- The present article presents some information regarding the development of a service-learning project entitled 'Madrid for Real: Design and Implementation of STEAM-Themed Guided Trails', which has been implemented at the Polytechnic University of Madrid during the year 2023. After introducing this educational methodology, there is a description of the context, objectives and results of the project. A group of students and professors have collaborated on the design and implementation of two educational tours in Madrid: 'The "Spanish" Chemical Elements: Three Milestones of the Enlightenment Period' and "Altos del Hipódromo: An Emblematic Area built during the "Silver Age" of Spanish Culture (1868-1936)". It is part of 'Equalitarian Societies: Opportunities for Everyone (ES:04E)' of the European Universities EELISA community.

Keywords: *Science Communication, Service learning, STEAM-Themed Trails, STS (Science-Technology-Society) Approaches.*

1. INTRODUCCIÓN

Está ampliamente admitida la necesidad de que la sociedad en general, y los jóvenes en particular, conozcan (y perciban la importancia de) la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

De algún modo, es lo que, en la terminología actual, es referido también como conjunto de ámbitos o competencias STEM (del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) o STEAM (donde se incluye la 'A' de *Arts*).

Desde hace ya cerca de dos décadas, con motivo del proceso de construcción del Espacio Europeo de Educación Superior, también conocido como 'proceso de Bolonia' (Pinto, 2010), la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) ha desarrollado múltiples esfuerzos en el ámbito de la innovación educativa (Vera *et al.*, 2006). Entre otros, cabe destacarse la elaboración de decenas de guías e infografías para que el profesorado conozca con cierta profundidad las metodologías educativas contemporáneas (Servicio de Innovación Educativa de la UPM, 2020). Entre dichas guías, se incluye la correspondiente al 'Aprendizaje Servicio' (Oficina de Aprendizaje-Servicio de la UPM, 2021), normalmente abreviado por las siglas ApS. En la citada publicación, que incluye referencias para ampliar la información, 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'. Además, se incide en cómo la educación debe cultivar los talentos individuales fomentando el compromiso social, siendo el ApS un aspecto clave en este propósito. Por otra parte, se destacan como elementos básicos del ApS en la docencia universitaria: la colaboración con entidades a las que ofrecer servicios por parte de los estudiantes y con las que establecer convenios de colaboración; un proyecto (más cerrado y concreto con alumnos de primer curso y más abierto a la investigación y aproximación al contexto en los de últimos cursos) que debe especificar los aprendizajes que se lograrán; tiempo y espacio para la planificación, organización de tareas, trabajo en equipo y relaciones con los agentes implicados; cooperación y compromiso social (permite trabajar con dedicación, gusto por la tarea y esfuerzo necesario para cambiar la realidad) entre el profesorado implicado, los equipos de estudiantes y las

personas receptoras de las actuaciones; y reflexión y evaluación, que es la parte que da más sentido al aprendizaje.

El ApS es una estrategia metodológica para el aprendizaje bien consolidada (Felten y Clayton, 2011), que se ha aplicado con éxito en la universidad (Rodríguez Gallego, 2014). En concreto, en la UPM se llevó a cabo en el curso anterior otro proyecto similar, sobre visitas guiadas a puentes de Madrid (Bernabeu Larena *et al.*, 2023).

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) acordados por la ONU en 2015, sus metas para alcanzarlos y el conjunto que constituyen, conocido como ‘Agenda 2030’, son fuente de inspiración en la educación universitaria actual y, muy especialmente, para el ApS, destacando en ello los ODS 4 (Educación de Calidad) y 17 (Alianzas para lograr objetivos) (Oficina de Aprendizaje-Servicio de la UPM, 2021). La incorporación del ApS a la docencia puede llevarse a cabo de distintos modos, como desarrollo de asignaturas, actividad acreditable, prácticas en entidades y trabajos fin de titulación.

Por otra parte, Madrid es la capital de una nación que ha participado –aunque no tan significativamente como hubiera sido deseable,– en el desarrollo científico de los últimos siglos, algo no suficientemente conocido por la ciudadanía.

En este trabajo, se presentan los objetivos y resultados de un proyecto educativo, que pretende aprovechar la metodología ApS para diseñar e implementar dos rutas científicas. En ellas, alumnos voluntarios de la UPM, aparte de colaborar en el diseño de los paseos, muestran, al público general, hechos y eventos significativos para el avance científico y tecnológico: mientras que hacen un servicio a la comunidad, aprenden conceptos de ciencia, tecnología, arte e historia.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

El proyecto que se presenta aquí lleva por título ‘Madrid a ciencia cierta: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM’ Los objetivos planteados son:

- Fomentar el conocimiento de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (C-T-S).
- Desarrollar e indagar sobre algunos temas específicos de historia de la ciencia y de la técnica, como las expediciones científicas del siglo XVIII o el ambiente cultural de la Europa de Entreguerras en el siglo XX.
- Resaltar el fundamento e importancia de la tabla periódica, como paradigma de logro científico.
- Divulgar la riqueza de las relaciones históricas, culturales y sociales, entre España y de América.
- Abordar temas concretos de Geodesia y otras áreas de la ciencia y la tecnología.
- Colaborar en la proyección de Madrid como destino turístico de interés histórico y científico.
- Involucrar al alumnado universitario para que colabore en la consecución de todos los objetivos anteriores.

A su vez, se pretende desarrollar entre los alumnos ciertas competencias personales y sociales, como son:

- La capacidad de empatía.
- Facilidad para hablar en público.
- Explicación de temas científicos, tanto a personas expertas como a inexpertas.

- La satisfacción por el trabajo bien hecho.

Entre las características más reseñables del proyecto, de forma breve, y siguiendo los apartados básicos del ApS citados en el apartado anterior, se destacan:

- Colaboración con entidades: Oficina de Proyectos de la Coordinación General de la Alcaldía del Ayuntamiento de Madrid, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, y Grupo de Innovación Educativa de ‘Didáctica de la Química’ de la UPM.
- Objetivos concretos, pero abierto a las distintas etapas educativas de la UPM. Así, intervienen alumnos de Grado, de Máster (principalmente del de Formación del Profesorado), de Doctorado y de Postgrado.
- Tiempo y espacio. Está planteado para todo el año 2023 y contempla estas fases: enero-junio (estudio de las etapas asociadas a dos rutas didácticas), mayo-junio (propuestas finales de las rutas, con determinación de las paradas y explicaciones); mayo-septiembre (desarrollo de material, como fichas y carteles, para ilustrar las etapas a los asistentes); septiembre (rutas piloto con público experto y sugerencia de mejoras; búsqueda de alumnos voluntarios para hacer de ‘guías’), octubre-noviembre (preparación con horarios y listados de participantes, y realización de rutas), noviembre (balance del proyecto y sugerencias de futuro, como la inclusión de información en la web y en otros idiomas o el diseño de nuevas propuestas).
- Cooperación y compromiso social. Para favorecer el trabajo de los alumnos en esta actividad, se imbricó en una acción formativa desarrollada desde 2021. Dicha acción está incluida dentro del catálogo general de actividades acreditables en titulaciones de Grado de la UPM, con el nombre de ‘Divulgadores STEAM-UPM: una actividad de ApS’, por la que alumnos que dediquen 28 o 56 horas, reciben 1 o 2 créditos, respectivamente, por formarse y llevar a cabo tareas de divulgación en general, y como ‘guías’ de las rutas presentadas aquí, en particular. Aparte, el trabajo en equipo para preparar las rutas, se ha ido poniendo en común a través de reuniones de periodicidad mensual, en el grupo de participantes, que está formado por 7 alumnos (tres de Máster del Profesorado que realizan con ello su TFM, dos de doctorado, uno de Grado y uno de investigación de postgrado), una investigadora del CSIC y 10 profesores de la UPM. A las reuniones asistieron también representantes de las entidades colaboradoras. En la Figura 1 se recoge la fotografía de una reunión de los miembros del equipo.
- Reflexión y evaluación. Aparte del cuestionamiento de los pasos que se han ido dando, a medida que se producían, se tiene pendiente realizar una evaluación global del proceso cuando finalice, a finales del año 2023.

También cabe destacarse que el proyecto presentado aquí forma parte, a su vez, de la Comunidad ‘*Equalitarian Societies: opportunities for everyone* (ES:04E)’ de la Comunidad de Universidades Europeas EELISA (EELISA, 2023).



Fig. 1. Profesores y alumnos diseñando uno de los paseos didácticos y divulgativos recogidos en este trabajo.

3. RESULTADOS

Cuando se escribe este trabajo (finales de julio de 2023) ya se ha concluido el diseño de las rutas, como se expone de forma breve en los siguientes párrafos.

A. *Los elementos químicos ‘españoles’: tres hitos del período de la Ilustración (siglo XVIII) y principios del siglo XIX.*

España ocupó un papel destacado en las investigaciones que concluyeron en el descubrimiento de tres elementos químicos (los metales platino, wolframio y vanadio), estando así entre la decena de países que han descubierto más de dos, de los 118 conocidos. Tanto estas aportaciones como otras realizadas por científicos españoles, se han considerado tradicionalmente como fruto del ‘esfuerzo individual’ de personajes aislados. Sin embargo, como casi siempre en la historia de la ciencia, se trata del resultado de un esfuerzo colectivo. En concreto, estos descubrimientos 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 humana (‘luz frente a las tinieblas’), y supuso una globalización cultural hacia una ‘comunidad del saber’. 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’, que pretendían el ‘bien del pueblo’, pero con un marcado carácter paternalista, considerándolo ‘objeto’ de las reformas y no ‘sujeto’ de su propia historia, para lo que los monarcas confiaron en personas ilustradas; 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 que facilitara un mejor aprovechamiento de recursos; La creación de instituciones científicas y educativas, como: Academia de Guardiamarinas (Cádiz, 1717), Real Colegio de Artillería (Segovia, 1764), Sociedad Bascongada de Amigos del País (1765) y su Real Seminario Patriótico de Bergara (Guipúzcoa, 1777); La financiación de expediciones científicas. Como complemento de todo lo anterior, durante la Ilustración Española 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’, con

personajes como Jorge Juan y Agustín de Betancourt; La contratación de profesionales extranjeros en centros de nueva creación o que se pretendían renovar, como el sajón Heinrich C. Störr –primer director de la Academia de Minas de Almadén, nombrado en 1777 por Carlos III, paradigma de monarca ilustrado–, Joseph Louis Proust, que enunció la Ley de proporciones definidas en el Colegio de Artillería de Segovia y Pierre-François Chavaneau, que trabajó en el Seminario Patriótico de Bergara y en la Casa de la Platina de Madrid.

Todo lo señalado se relaciona en esta ruta divulgativa con el desarrollo de la química y, en concreto, el descubrimiento de los elementos ya citados. En concreto, 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 descubrieron los metales Pt, W y V, respectivamente. (ii) Reflejar sus huellas en la ciudad de Madrid; como ejemplos, casi nadie conoce quién fue Antonio de Ulloa, el descubridor del platino, y que tiene una escultura en la plaza de Atocha, ni la casa natal de Andrés Manuel del Río, en el barrio de Lavapiés. (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 IES 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 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, los cuatro personajes contribuyeron a su génesis.

La ruta consiste en un paseo de alrededor de una hora y media, que se inicia en la zona del Parque de El Retiro (ruinas de la antigua Real Fábrica de Cerámica y el Observatorio Astronómico) y la plaza de Atocha (donde se encuentra una estatua de Antonio de Ulloa, en la fachada del edificio del Ministerio de Agricultura), hasta el Instituto San Isidro. Se pasa por la esquina del Jardín Botánico, donde se proyectó la realización de un Museo de Ciencias Naturales (posteriormente sería el Museo del Prado), y por la casa natal de del Río. Durante el recorrido, se hace referencia también a los hermanos Elhuyar, descubridores del W en el seminario Patriótico de Bergara, e implicados en el Laboratorio de la Platina, ya citado. Entre otras cuestiones de interés, en el ‘paseo científico’ que se pretende diseñar, se abordarían temas como: ¿qué son los elementos químicos?, la importancia de los metales (los tres elementos aludidos eran de esta familia de sustancias), expediciones científicas (Ulloa descubre el Pt en la *Expedición Geodésica*, organizada desde Francia para determinar si la Tierra está achatada por los polos o en la zona ecuatorial), aventuras de ‘navegantes y piratas’ (Ulloa fue apresado por corsarios ingleses en su tornaviaje), espionaje industrial, las sociedades científicas, el desarrollo de la ciencia en el siglo XVIII, cómo se da nombre a los elementos (por ejemplo, hay símbolos alquimistas que son de uso común hoy en día, para denotar lo masculino-hierro y lo femenino-cobre), la importancia de la minería de la América Española (todos ‘nuestros’ protagonistas desarrollaron allí una importante labor; por ejemplo, Ulloa fue gobernador de la Luisiana). Estos temas se tratan de forma somera, buscando motivar a los participantes a que busquen más información y visiten detalladamente lugares por los que se pasa, después de participar en la ruta. La idea es intentar que sea un paseo dinámico, lo más distendido posible.

Como complemento de lo anterior, se destaca que el Ayuntamiento de Madrid aprobó una proposición para que se asignase el nombre de Andrés del Río a algún espacio público, por su contribución a la ciencia; concretamente, por el descubrimiento del vanadio, y que se adoptasen las demás medidas que contenía la iniciativa (Pinto, 2020). La ruta podría ser una forma, entre otras, de concretarlo.

B. Los ‘altos del hipódromo’: una zona emblemática de la ‘Edad de Plata’ de la cultura española (1868-1936).

Se conoce como ‘Siglo o Edad de Oro’ español al periodo de producción artística (literatura, artes plásticas, música y arquitectura) que tuvo lugar entre el inicio del siglo XVI y finales del siglo XVII. Se reconoce como el apogeo de la cultura española, entre el Renacimiento y el Barroco, y coincidió con el auge del Imperio Español. Por analogía, aunque no es tan conocida entre la ciudadanía, se habla de una ‘Edad de Plata’ de la cultura española, para el periodo entre 1875 (inicio de la Restauración borbónica) y 1936 (inicio de la Guerra Civil). Los autores literarios de esta época se corresponden con las conocidas como generaciones del 98, del 14 y del 27. Esta Edad de Plata fue un periodo de modernización que abarcó múltiples facetas, aparte de la literaria, en ámbitos como: música, cine, arquitectura, deporte (excursionismo, espectáculo de masas...), nuevo modelo de hombre y mujer, radio, prensa... y ¡ciencia y tecnología! En concreto, cabe 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,– donde se realizaron pruebas de vuelo, el primer partido Real Madrid-Barcelona, etc.), 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 CESEDEM. Se hacen paradas en: (1) Puerta del Museo Nacional de Ciencias Naturales, donde se habla de su historia, contenidos, etc.; (2) 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 antigua Escuela de Cinematografía (se comenta sobre la relación entre cine, ciencia y tecnología); (3) Puerta de la Residencia de Estudiantes, 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; (4) 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.

Se valora la posibilidad de realizar estas rutas en otros idiomas y complementarlas con actividades como realización de trípticos, inclusión en aplicaciones Google, etc.

4. CONCLUSIONES

Fruto del trabajo realizado, en julio de 2023 se aprobaron con buena calificación tres trabajos fin de máster donde se detallan muchas características de lo aquí expuesto. Aunque el proyecto no ha finalizado completamente, se han ido cumpliendo los objetivos marcados, quedando solo la aplicación más rutinaria de las actividades desarrolladas, por parte de los alumnos. En todo caso, se han puesto a punto dos rutas educativas y divulgativas originales, que pueden servir para un mejor conocimiento de aspectos concretos e interesantes de ciencia y de técnica, protagonizados por personajes cercanos, por tratarse de españoles. Los primeros paseos realizados (con otros alumnos universitarios y público en general) han sido un éxito, de acuerdo a las opiniones vertidas por las personas involucradas. Además, se sugiere así una actividad concreta de ApS, que puede servir de inspiración para otros colegas y que permite el desarrollo de ciertas competencias por parte de alumnos de distintas etapas educativas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las ayudas de la UPM (proyecto ‘Madrid a Ciencia cierta: Diseño e implementación de rutas guiadas con temática STEAM’, convocatoria 2022 de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio») y de la Comunidad de Madrid (Convenio Plurianual con la UPM, dentro de la línea de actuación «Programa de Excelencia para el Profesorado Universitario», en el marco del V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, PRICIT).

REFERENCIAS

- Bernabeu Larena, J., Hernández Lamas, P., Gil Plana, Á. & Canalda Moreu, F. (2023). Visitas guiadas a los puentes de Madrid: Patrimonio, Técnica, Cultura y Sociedad
- EELISA. European Engineering Learning Innovation and Science Alliance (2023). Recuperado en: <https://eelisa.eu>
- Felten, P. & Clayton, P. H. (2011). Service-learning. *New directions for teaching and learning*, 2011(128), 75-84.
- Oficina de Aprendizaje-Servicio de la UPM, Aprendizaje Servicio (Guía Básica): Universidad Politécnica de Madrid (2021). Recuperado en: <https://bit.ly/40Lj06z>
- Pinto, G. (2010). The Bologna process and its impact on university-level chemical education in Europe. *Journal of Chemical Education*, 87(11), 1176-1182.
- Pinto, G. (2020). “Iniciativas del Ayuntamiento de Madrid para Resaltar la Labor de Andrés Manuel del Río, el Madrileño que Descubrió el Vanadio”. *Anales de Química*, 116(1), 38-42.
- Rodríguez Gallego, M. R. (2014). El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad. *Revista Complutense de Educación*, 25 (1), 95-113.
- Servicio de Innovación Educativa de la UPM. Portal de Innovación Educativa: Guías para el PDI: Universidad Politécnica de Madrid (2020). Recuperado en: <https://bit.ly/3JUNL3W>
- Vera, C., Féliz, J., Cobos, J. A., Sánchez-Naranjo, M. J. & Pinto, G. (2006). Experiences in education innovation: developing tools in support of active learning. *European Journal of Engineering Education*, 31(2), 227-236.