

Implementación de una asignatura de comunicación y divulgación de la ciencia para titulaciones universitarias de ciencia e ingeniería

Implementation of a course on science and technology communication and outreach for science and engineering degrees

Gabriel Pinto Cañón, Victoria Alcázar Montero

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

Grupo Especializado en Didáctica e Historia, común a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

PALABRAS CLAVE:

Artículo científico
Competencias
Comunicación oral y escrita
Divulgación
Enfoques ciencia-
tecnología-sociedad
Fuentes de información
Historia de la ciencia
Seudociencia

RESUMEN:

Se recogen las características de la asignatura "Comunicación y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología", implementada en 2017 y desarrollada desde entonces, en los Másteres Universitarios de Ingenierías Química e Industrial, impartidos en la Universidad Politécnica de Madrid. Se explican sus objetivos, resultados de aprendizaje, temario y criterios de evaluación, finalizando con una reflexión sobre los resultados alcanzados, según encuestas de los alumnos y la práctica docente. Se tratan temas variados, relacionados con el lenguaje de la ciencia y la tecnología (expresión de resultados, vocabulario, fuentes de información...), la forma de comunicar y difundir en esos ámbitos (artículos, libros, normas, patentes, blogs...), aspectos sobre su divulgación (publicaciones, ferias, eventos para niños...) y ejemplos de hitos en historia de la ciencia. Todo esto, junto con ejemplos de enfoques CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), configura una asignatura optativa, que ofrece vías para la formación en competencias de comunicación, y que se considera que pueden ofrecerse (con sus peculiaridades) en otras titulaciones.

KEYWORDS:

Competences
History of science
Information sources
Oral communication
Outreach
Pseudoscience
Science-technology-society
approaches
Scientific paper
Written communication

ABSTRACT:

The characteristics of the subject "Communication and Outreach of Science and Technology," implemented in 2017 and developed since then, are outlined in the Master's Degrees in Industrial and Chemical Engineering of the *Universidad Politécnica de Madrid*. Its objectives, learning outcomes, syllabus, and evaluation criteria are explained, along with a reflection on the results achieved based on student surveys and teaching practices. The subject covers a wide range of topics related to the language of science and technology (expression of results, vocabulary, information sources, etc.), ways to communicate and disseminate in these fields (articles, books, standards, patents, blogs, etc.), and aspects of their outreach (fairs, exhibitions, events for children, museums, etc.) and milestones in the history of science. All of this, along with examples of STS (Science-Technology-Society) approaches, shapes an elective subject that provides pathways for developing communication skills. The idea is to serve as an inspiration for the design of analogous subjects in other degrees.

1. Introducción

En el curso 2017/2018 se implantó, en la Universidad Politécnica de Madrid, la asignatura "Comunicación y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología" de 3 créditos ECTS. Desde entonces, se viene impartiendo, dentro de los estudios de Máster Universitario en Ingeniería Industrial (con carácter habilitante) y de Máster Universitario en Ingeniería Química. En ambos casos, el máster tiene una duración de dos cursos académicos, con 120 créditos ECTS en total, y la citada materia forma parte de la oferta de las conocidas como "asignaturas de competencias", todas ellas optativas. Se puede elegir, indistintamente, tanto en el primer curso como en el segundo. Es una asignatura que, a

priori, suele ser sorpresiva para los alumnos cuando la ven en el plan de estudios, pues es de las pocas que no se refieren a aspectos meramente científicos o técnicos. En este trabajo, se presentan las características principales de esta materia, sobre la que se han realizado algunas mejoras con el tiempo y se exponen los resultados alcanzados y perspectivas de futuro.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es exponer los resultados alcanzados durante los siete cursos académicos en los que se ha impartido la asignatura citada, con idea de difundirlo entre otros colegas que planteen emprender acciones similares

en diversas titulaciones. En el contexto de los correspondientes planes de estudio, y según figura en la guía de aprendizaje, la materia contribuye al desarrollo de las siguientes competencias en los estudiantes:

- Poseer habilidad para comunicar eficazmente.
- Adquirir conocimiento de temas contemporáneos.
- Saber comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, tanto a públicos especializados como a no especializados.
- Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser, en gran medida, auto-dirigido o autónomo.
- Los resultados de aprendizaje concretos que se pretenden conseguir con los estudiantes, son:
- Conocer la aportación de la ciencia y la ingeniería al desarrollo de la humanidad.
- Organizar la información.
- Conocer la influencia de los descubrimientos científicos y técnicos en la transformación de las sociedades.
- Capacidad para comunicar ideas de forma clara y sin ambigüedades
- Habilidad para explicar de manera comprensible el conocimiento científico a audiencias no especializadas.
- Ampliar sus destrezas comunicativas, entendiendo éstas, como la capacidad para transmitir conocimientos, expresar ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios.

3. Descripción de la asignatura

3.1. Contenidos y metodología

En esta asignatura optativa, diseñada para alumnos que poseen ya una titulación de Grado en ingeniería o en ciencias, se abordan cuestiones relacionadas con la comunicación (difusión) y divulgación tanto de la ciencia como de la tecnología. Así, se tratan aspectos relacionados con:

- (i) el lenguaje científico (expresión de resultados experimentales, uso de unidades adecuadas, fuentes de información...);
- (ii) la comunicación y la difusión en áreas STEAM (por las siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) a través de publicaciones (artículos, pósters, patentes, normas...), y la comunicación oral (presentaciones de trabajos fin de carrera, en congresos...);
- (iii) la divulgación de la ciencia y la tecnología (publicaciones informativas, ferias, conferencias, exposiciones...).

Para ello, se exponen aspectos teóricos de estos temas y, además, se realizan ejercicios prácticos mediante los que el alumnado deberá aplicar tanto las habilidades de comunicación como competencias específicas adquiridas en el Grado y en el propio Máster. El temario es el siguiente:

- Bloque 1. El lenguaje de la ciencia y la tecnología.
 - 1.1. El lenguaje científico y tecnológico.
 - 1.2. Expresión de resultados experimentales.
 - 1.3. Significado y vocabulario en torno a un resultado emblemático de la ciencia: *la tabla periódica de los elementos*.
 - 1.4. Fuentes de información: libros, revistas especializadas, portales de Internet y otras.
 - 1.5. Búsqueda y gestión de documentación científica y técnica.
 - 1.6. Introducción a enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad.

- Bloque 2. Comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología.
 - 2.1. Elaboración de publicaciones científicas y de ingeniería: libro, artículo en revista especializada, póster, monografía e informe.
 - 2.2. Comunicación de trabajos en reuniones científicas: introducción, estudio de casos y presentaciones orales.
 - 2.3. Introducción a la normalización.
 - 2.4. Introducción a las patentes.
 - 2.5. Otras formas de comunicar ciencia: blogs.
- Bloque 3. Divulgación de la ciencia y la tecnología.
 - 3.1. Ferias científicas y exposiciones para todos los públicos.
 - 3.2. Otras vías de divulgación: libro, artículo, infografía, vídeo, blog...
 - 3.3. Eventos científicos para niños y jóvenes.
 - 3.4. Juguetes e ingenios científicos: de la curiosidad a su uso formativo.
 - 3.5. Los museos como fuentes de recursos para la divulgación y la difusión.
 - 3.6. Algunos hitos en historia de la ciencia y de la técnica.

Como se observa, el contenido está estructurado en tres bloques, en los que se tratan, de forma consecutiva: características generales del lenguaje empleado en ciencia y tecnología, formas de abordar la comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología, y cómo divulgar (y por tanto comunicar a públicos no necesariamente expertos) estas áreas.

Para abordar el contenido descrito, la estrategia metodológica fundamental empleada en el aula es la exposición de aspectos teóricos —en 14 clases (una por semana) de 2 horas de duración cada una—, combinada con discusiones de los temas y de los trabajos prácticos realizados por los alumnos, que se detallan en el siguiente apartado.

Entre las fuentes utilizadas para preparar los contenidos, destacan un buen número de páginas Web, los libros de Davis *et al.*^[1] y de Onieva Morales,^[2] y otros recursos.^[3]

3.2. Criterios de evaluación

De acuerdo con la normativa de la Universidad, se realiza en la asignatura el sistema de evaluación distribuida o progresiva, que consiste en:

- Realización y presentación de trabajos individuales. Suponen un 60% del peso de la nota (los detalles específicos se actualizan en la plataforma Moodle). Consisten esencialmente en realizar un portfolio de aprendizaje a lo largo del curso, por parte de cada alumno, en el que deben reflexionar sobre lo tratado en las clases, desde una perspectiva personal y con aportaciones propias. Se valora especialmente la actualización y la creatividad, así como el rigor y el estilo de la edición. También es el medio a través del cual los alumnos incluyen la resolución de algunos ejercicios y casos que se van proponiendo. A través de la plataforma, los profesores van comentando a los alumnos las impresiones sobre el desarrollo del trabajo.
- Realización y presentación grupal de trabajos. Con un 40% del peso de la nota, los detalles específicos también se actualizan en la plataforma Moodle. Desde hace cuatro cursos, esta tarea consiste esencialmente en elaborar, en grupos de tres alumnos, un trabajo con estructura de artículo científico y presentar una ponencia oral, con estructura de simposio, el último día de clase. A su vez, dos alumnos actúan como editores y presidentes de sesión, respectivamente. Como se da relevancia a la forma de comunicar, el contenido puede ser muy variado: temática desa-

rollada en el trabajo fin de máster, una cuestión de ciencia o ingeniería, una biografía, etc. Los alumnos, aparte de escribir un artículo, hacen de revisores, coordinados por los editores. Al final, debe entregarse un ejemplar de la “revista” editada. El desarrollo de los trabajos (artículos y presentaciones) lo valoran profesores y alumnos, a través de rúbricas consensuadas.

Si un alumno no participa o no realiza satisfactoriamente las actividades de evaluación, puede realizar un examen final (convocatoria extraordinaria) de la asignatura.

3.3. Temas tratados

Sin pretender abordarlo de forma exhaustiva, sí se considera conveniente destacar algunas de las ideas que se intentan transmitir a través del desarrollo de los distintos temas. Se podrá observar que, aparte de discutir aspectos generales de comunicación y divulgación de ciencia y tecnología, se enfocan algunos aspectos específicos considerando las titulaciones implicadas.

3.3.1. Contenidos del Bloque 1: El lenguaje de la ciencia y la tecnología

Una vez presentada la asignatura, al tratar en el tema 1.1 el lenguaje científico y tecnológico, se realiza una introducción al conocido como *Proceso de Bolonia*.^[4] Se pretende que los alumnos entiendan la evolución en los últimos años de las titulaciones universitarias —incluyendo la que cursan y aspectos como lo que significa el crédito ECTS—, la relevancia de la calidad y la acreditación, la promoción de la dimensión europea de la educación superior, la formación para el aprendizaje a lo largo de la vida (con la importancia que conlleva en ello la formación en competencias) y la consideración de los estudiantes como colaboradores activos. También, se presenta lo que se va a tratar en la materia, con casos. Así, se introduce la figura de Pilar Careaga Basabe (1908-1993), la primera ingeniera titulada de España, como ejemplo histórico de formación “en competencias” —aunque no de forma tan sistemática como en la actualidad, cuando en 1929 tuvo que conducir un tren como parte de las prácticas del último curso de su carrera de ingeniería industrial—. Con una ilustración (Figura 1), se expone cómo se trata su vida para que los niños y niñas accedan a su conocimiento (ejemplo de divulgación).

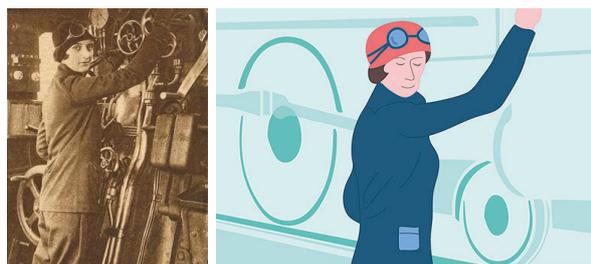


Figura 1. Pilar Careaga, primera española titulada en ingeniería, en fotografía publicada en la revista Estampa en 1929, y en la web “No me cuentes cuentos” (ver Ref. [5]) de relatos infantiles protagonizados por 100 mujeres españolas de vidas inspiradoras.

También se introducen ejemplos de vocabulario actual sobre la temática, explicando lo que significa educación o áreas STEM y STEAM, la descripción del ámbito y actores de la comunicación científica (ver Figura 2) —que incluye, aparte de a los propios científicos, a departamentos de comunicación y divulgación de universidades y empresas, periodistas científicos, etc.—,^[6] la búsqueda de datos a través de la web. Se incluyen nociones generales sobre la peculiaridad del lenguaje científico

como son: escritura científica (características, tecnicismos, palabras de origen griego y latino, abreviaturas...), unidades de medida, nombres y símbolos de unidades, y algunas fuentes de consulta, como la Real Academia Española, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) o la Fundación del Español Urgente Fundéu BBVA. Además, el propio desarrollo del tema lleva a comentar aspectos puntuales, como los acortadores de direcciones URL, o el origen de lo que significó la denominación de *Power Point* (se aprecia al presionar sobre las teclas de punto o de coma mientras se expone con este popular programa de presentaciones).

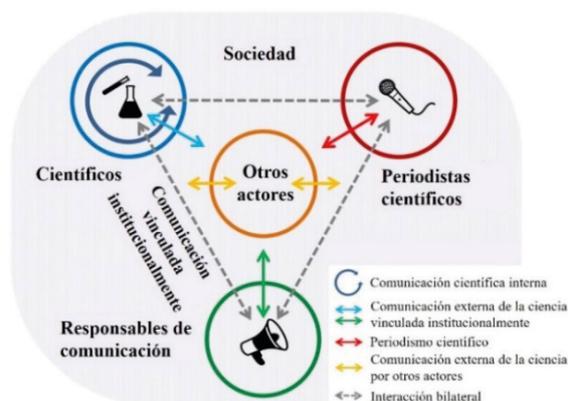


Figura 2. Descripción esquemática del ámbito y actores de la comunicación científica. Traducido por los autores a partir del esquema recogido en la Ref. [7].

En el tema 1.2 se aborda el análisis de cómo la expresión de resultados experimentales se realiza normalmente a través de tablas y gráficas, de forma adecuada.

Por su parte, en el tema 1.3 se introduce un ejemplo emblemático de lo que se trata en el curso, como es el significado y vocabulario en torno a un resultado relevante de desarrollo de la ciencia: *la tabla periódica de los elementos químicos*. [8] Se presenta su historia, destacando el intercambio que ha supuesto de comunicación a través de libros y revistas científicas, como obra colectiva e intergeneracional que es. También se tratan otras cuestiones como la contribución española a su desarrollo y cómo supone un icono cultural.

En el tema 1.4 se muestran ejemplos de las fuentes de información más habituales para la comunicación científica, destacando los libros (historia, características, datos esenciales como el ISBN...) y las revistas especializadas. De estas, se tratan aspectos sobre los artículos científicos, como: origen de las revistas científicas, crecimiento exponencial de publicaciones en los últimos años, proceso editorial —donde se destaca la “evaluación por pares” —, el “efecto Matilda”^[9] como prejuicio en contra de reconocer los logros de científicas, tipos de revistas, *open access*, medidas del impacto de artículos e indicadores de revistas (JCR, SJR, cuartiles, DOI...) y de autores (como el índice H), así como las controversias actuales con las denominadas “revistas depredadoras”^[10,11] Se destaca aquí la importancia de todo esto en la carrera profesional de docentes e investigadores (algo poco conocido por los alumnos). De forma más breve, se introducen otras formas de textos científicos y técnicos, como son: artículo de revisión, portal de internet, informe, tesis, monografía, aportación en congreso, norma técnica y patente. Se termina el tema, discutiendo sobre portales con informaciónseudocientífica.

En el tema 1.5 se explica cómo se puede buscar y gestionar la documentación científica y, finalmente, en el tema 1.6 se

esbozan enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S), para lo que se introducen ejemplos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el enfriamiento del agua en recipientes de cerámica porosa (como los populares botijos), el fundamento termoquímico de las calderas de condensación domésticas (y su repercusión para ahorro de energía y disminución de emisiones de CO₂), y el tratamiento de la ciencia en los medios de comunicación.

3.3.2. Contenidos del Bloque 2: Comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología

En el bloque 2, se aborda cómo elaborar las publicaciones científicas y de ingeniería, una vez que, en el bloque anterior, se estudiaron sus características. Así, en el tema 2.1 se analiza la elaboración de publicaciones científicas y de ingeniería, destacando el artículo en revistas especializadas. Para ello, se explica lo que significa el modelo IMRAD (por sus siglas en inglés de: introducción, métodos, resultados, y discusión) y cómo es la estructura general de artículo científico —título, autoría y afiliación, resumen, palabras clave, texto principal (contenido IMRAD), tablas y figuras, conclusiones, agradecimientos, referencias y material de soporte (abreviaturas y símbolos, apéndices y material complementario)—. Aparte de todo lo anterior, se da un énfasis especial a la ética en la publicación (plagio, auto-plagio, derechos de autor...) y a la forma de indicar citas y referencias bibliográficas —con ejemplos de gestores bibliográficos—. También se explica en este tema cómo hacer un póster de congreso (por su analogía con el artículo científico) y se destacan otras vías de comunicación como monografías e informes técnicos.

En el tema 2.2 se explica lo que son y cómo se preparan las comunicaciones de trabajos en reuniones científicas. Se tratan aspectos como los objetivos y tipos de estos eventos (congreso, simposio, jornada...), estructura, organización, características y, muy especialmente, cómo se prepara y se realiza una presentación oral (selección de contenidos, diseño, ensayo, puesta en escena...). Esto tiene especial importancia, pues se transmite a los alumnos que es importante no solo para congresos, sino para otras situaciones como su defensa del trabajo fin de máster. Para dar contenido concreto y fomentar la cultura, se ponen ejemplos emblemáticos, como las Conferencias Gordon de EE. UU. y, de forma especialmente intensa por su contexto histórico, las Conferencias Solvay de Física y de Química,^[12,13] que se celebran en Bruselas desde 1911. Estas son un claro ejemplo, también, de historia del desarrollo científico (como fue el caso del nacimiento de la física cuántica) y su contextualización —financiación por el empresario y mecenas Ernest Solvay, interrelación entre científicos de diferentes países como Albert Einstein, Marie Curie o Blas Cabrera, la ciencia en las dos guerras mundiales, el relevo de EE. UU. frente a Europa en la brecha del desarrollo científico, etc—.

El bloque 2 termina con temas de introducción a la normalización (2.3) y a las patentes (2.4), y otras formas de comunicar ciencia, donde se destacan los *blogs* (2.5).

3.3.3. Contenidos del Bloque 3: Divulgación de la ciencia y la tecnología.

En el bloque 3 se analiza cómo se puede comunicar ciencia y tecnología a públicos no especializados. Tras introducir su importancia y aportar nociones históricas de la divulgación científica,^[14] se tratan estos temas: 3.1 Ferias científicas y exposiciones para todos los públicos, donde se destacan sus objetivos, la metodología y las medidas de seguridad necesarias; 3.2 Otras vías de divulgación (libro, artículo, vídeo, noticia de prensa, *blog*...), resaltando ejemplos como los ilustrados en las Figuras

3 y 4, o las populares infografías de Andy Brunning;^[15] 3.3 Eventos científicos para niños y jóvenes, que conllevan características especiales; 3.4 Juguetes e ingenios científicos, donde se incluyen ejemplos relacionados con la tecnología (pájaro bebedor, *energy stick*, radiómetro de Crookes, pez adivino, etc.); 3.5 Museos como fuentes de recursos para la divulgación y la difusión, destacando ejemplos concretos (incluyendo las correspondientes páginas web); y 3.6 Algunos hitos en la historia de la ciencia y de la técnica. En este último tema se tratan cuestiones que, incluso, varían con los años, según la actualidad (exposiciones, efemérides...). Algunos ejemplos típicos tratados (a veces incluidos en los temas anteriores) son: vida y obra de científicos e ingenieros (incluyendo mujeres como referencias motivadoras), —como Antonio de Ulloa, Andrés Manuel del Río o Marie Curie—, la colección pictórica de Maxam,^[16] y paseos culturales con temática científica por Madrid.^[17]



Figura 3. Diferentes portadas del emblemático libro divulgativo, traducido al español como “El tío tungsteno. Recuerdos de un químico precoz” —hubiera sido preferible el término “wolframio” en vez de “tungsteno”—, que permiten discutir diversas cuestiones sobre su apasionante contenido.



Figura 4. Portada de un cómic (Ref. [18]) que explica de forma distendida el fundamento termoquímico de las calderas domésticas de condensación, y sus ventajas económicas y para la sostenibilidad.

4. Resultados

Los alumnos, en general, no se implican de una manera intensa en el desarrollo de la asignatura, pero es comprensible dado el poco tiempo de que disponen por la naturaleza de los estudios que cursan y por el hecho de que muchos están realizando simultáneamente prácticas en empresa, e incluso, trabajan ya como ingenieros.

La percepción general es que hay bastante variabilidad en cuanto al interés, de forma que hay estudiantes que se involucran con especial entusiasmo y otros que, seguramente, consideran la materia únicamente un requisito “fácilmente aprobable” para conseguir 3 créditos ECTS y no le dedican el tiempo necesario. Esta idea se refuerza con el hecho de que, en las encuestas institucionales de los alumnos sobre la asignatura, existe una gran desviación típica en los resultados. En la Tabla 1 se recogen algunos valores de dichas evaluaciones sobre diversos aspectos que se han destacado para los objetivos de este trabajo, para los cuatro últimos cursos. En 2023 la respuesta estuvo limitada a dos alumnos.

Cuestión valorada por los alumnos	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
No hay solapamiento con contenidos de otras materias	6,4 ± 2,9	8,5 ± 1,6	7,5 ± 1,5	9,2 ± 1,4
El modo de evaluación es adecuado para el tipo de actividad y contenidos	7,8 ± 2,9	7,9 ± 2,6	5,5 ± 2,5	8,4 ± 2,0
La carga de trabajo se adecúa a los créditos asignados	5,8 ± 2,6	5,7 ± 3,1	9,5 ± 0,5	8,8 ± 1,6
Es importante para mi actividad profesional	6,1 ± 2,9	5,6 ± 2,7	7,5 ± 0,5	8,8 ± 1,6
En general, estoy satisfecho con su desarrollo	6,0 ± 2,9	6,7 ± 2,7	6,5 ± 1,5	8,6 ± 1,6
Nº respuestas / nº alumnos totales	16/22	10/19	2/16	14/22

Tabla 1. Valores medios y desviaciones estándar de las respuestas de los alumnos, entre 0 (completamente en desacuerdo) y 10 (completamente de acuerdo), sobre la asignatura.

Como se observa en la Tabla 1, dentro de la respuesta limitada y gran variabilidad encontradas, los alumnos valoran de forma positiva (y de forma creciente con los años) que la asignatura es importante para su actividad profesional y están satisfechos con ella. La “queja” mayor suele ser que implica un “exceso de trabajo” para los créditos que supone. En todo caso, los profesores consideramos que ese trabajo es necesario, para aplicar los conocimientos adquiridos, y sí se corresponde con los créditos ECTS asignados.

Los alumnos agradecen, tanto en comentarios en las encuestas como en conversaciones informales, que la asignatura les aporta contenidos variados e interesantes, con implicaciones en los contenidos de sus titulaciones, aunque también señalan que hay cierto sesgo hacia temas de química. Es cierto que muchos ejemplos son de esta área, dada la experiencia del profesorado que la imparte.

Hasta la fecha, pocos alumnos que cursan los másteres en los que se imparte la asignatura manifiestan que desean emprender carreras investigadoras. Si ese fuera el caso, probablemente la asignatura impactaría más en su formación, dado que hay aspectos como la elaboración de artículos científicos o la presentación de ponencias en congresos, más relacionados en ese ámbito que en carreras profesionales en empresas. Por eso, se insiste con ellos en que lo tratado sirve también para elaboración de otro tipo de documentos escritos y presentaciones orales. De hecho, no es extraño que los alumnos señalen que se les ha pedido entregar trabajos y presentar temas, en cursos anteriores, pero casi ninguno ha sido formado previamente para ello.

Aparte de lo que se refleja meramente en las encuestas, se puede decir que la asignatura está convenientemente implantada, dentro de las materias optativas que facilitan la formación en competencias transversales.

Los alumnos reciben con mucha curiosidad el bloque sobre divulgación. Aunque suelen apreciarlo como algo interesante, y se implican más intensamente en aspectos como la explicación de los juguetes o ingenios científicos, no lo perciben como algo tan relacionado con sus presentes o futuras tareas, como es lo tratado en los dos bloques previos. Pero se les insiste en que, en muchas empresas e instituciones, la labor divulgadora es cada vez más relevante, para acercar la ciencia y tecnología a la ciudadanía.

5. Conclusiones

El hecho de impartir una asignatura de formación en competencias de comunicación para ingenieros en formación, a nivel de Máster, creó inicialmente una incertidumbre e inseguridad en el profesorado encargado de ello, principalmente porque, aun estando involucrado por su experiencia en estos temas, no tenía una formación específica reglada sobre ello. No obstante, des-

de los primeros cursos, se ha ido afianzando tanto el desarrollo de la asignatura como el convencimiento de que es de gran utilidad para los alumnos. Aparte de la variedad de temas y contenidos —como enfoques de tipo Ciencia-Tecnología-Sociedad específicos— para ilustrar lo tratado, se valora el hecho de que, al menos en ciertas partes, los alumnos se evalúan entre ellos. También se destaca que se entiende que, con lo tratado en el curso, los alumnos darán especial valor a aspectos de comunicación (oral y escrita) tanto de su labor presente como de la que desarrollen en su carrera profesional.

La asignatura es una oportunidad para introducir algunos hitos de historia de la ciencia y para abordar ejemplos de información pseudocientífica, para los que no suele haber suficiente tiempo en otras asignaturas. Además, permite que los alumnos reconozcan la importancia de la divulgación de contenidos científicos y técnicos para la ciudadanía.

En los próximos cursos, se plantea afinar los contenidos impartidos, incluir más ejemplos prácticos y fomentar una mayor participación de los alumnos, entre otras mejoras.

Todo lo tratado puede ser fuente de inspiración para implementar materias análogas en otras carreras universitarias, para lo que, obviamente, habría que tener en cuenta sus peculiaridades.

Agradecimientos

Se agradece la ayuda recibida por la Comunidad de Madrid, a través del Convenio Plurianual con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), dentro de la línea de actuación «Programa de Excelencia para el Profesorado Universitario» (V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, PRICIT). También se agradece la ayuda de la UPM, a través del proyecto “Madrid con Ciencia: Paseos para descubrir nuestro pasado científico” (Convocatoria de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» del año 2023).

Bibliografía

- [1] M. Davis, K. J. Davis, M. Dunagan, *Scientific papers and presentations*, Academic Press, **2012**.
- [2] J. L. Onieva Morales, *Curso básico de redacción: de la oración al párrafo*, Verbum, **2006**.
- [3] V. Alcázar, G. Pinto, *Recursos para la didáctica de las ciencias*. En “Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)”, (Eds.: M. González Montero de Espinosa y A. Herráez Sánchez), Ed. Grupo SM, **2023**, pp. 11-16.
- [4] G. Pinto, *J. Chem. Educ.* **2010**, 87(11), 1176-1182.
- [5] P. Velasco, M. Requena, Pilar Careaga, *La maquinista valiente que no temía lo nuevo*. Proyecto de relatos infantiles “No me cuentes cuentos”, disponible en <https://short.upm.es/9b8h4> (consultado: 03/09/2024).

- [6] G. Revuelta, C. Llorente, N. Saladie, *La comunicación científica en España*, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), **2023**.
- [7] C. Könniker, *Actor model of science communication*, **2016**, disponible en <https://short.upm.es/op5te> (consultado: 03/09/2024).
- [8] G. Pinto, *Educación en la Química* **2019**, 25(2), 17-52.
- [9] M. W. Rossiter, *Soc. Stud. Sci.* **1993**, 23(2), 325-341.
- [10] J. Alonso-Arévalo, R. Saraiva, R. Flórez-Holguín, *Cuadernos de Documentación Multimedia* **2020**, 31, 1-6.
- [11] E. Delgado López-Cózar, A. Martín-Martín, *An. Quím. RSEQ* **2024**, 120(2), 67-84.
- [12] G. Pinto, M. Martín, M. T. Martín, *ConCIENCIAS.digital: Revista de Divulgación Científica de las Facultad de Ciencias de Zaragoza* **2015**, 16, 46-63.
- [13] G. Pinto, M. Martín, M. T. Martín, *Ibid.* **2016**, 17, 4-21.
- [14] G. Pinto, *Metode Science Studies J.* **2024**, 15, 55-63.
- [15] A. Brunning, *Compound Interest*, disponible en <https://www.compoundchem.com/about/> (consultado: 03/09/2024).
- [16] G. Pinto, A. Garrido-Escudero, *J. Chem. Educ.* **2016**, 93(1), 103-110.
- [17] G. Pinto *et al.* Diseño e implementación de rutas divulgativas STEAM en Madrid: Un proyecto de Aprendizaje-Servicio (No. COMPON-2023-CINAIC-0009). Universidad de Zaragoza, Servicio de Publicaciones, **2023**. Disponible en <https://zaguan.unizar.es/record/131922>.
- [18] Y. García, S. Llamas, P. García, S. de Paz, *Condensación para ti, futuro para tus hijos*, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y Editorial El Instalador, **2009**, disponible en <https://short.upm.es/qac5a> (consultado: 03/09/2024).



Gabriel Pinto Cañón

E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid. Grupo Especializado en Didáctica e Historia, común a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

C-e: gabriel.pinto@upm.es
ORCID: 0000-0002-8961-7255

Licenciado (1985) y Doctor (1990) en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid, se incorporó como docente a la Universidad Politécnica de Madrid en 1986, donde ejerce como catedrático de universidad (área de ingeniería química). Ha investigado sobre espectroscopia aplicada, preparación y propiedades de polímeros y materiales compuestos de matriz polimérica, recursos didácticos, educación STEAM e historia de la ciencia, habiendo publicado 200 artículos al respecto. Ha dedicado un esfuerzo especial a la divulgación científica en multitud de formatos (conferencias, talleres, ferias, artículos, libros, webs...), reconocido por el Premio Nacional a la Difusión de la Ciencia otorgado en 2020 por la Confederación de Sociedades Científicas de España, entre otros.



Victoria Alcázar Montero

E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid. Grupo Especializado en Didáctica e Historia, común a las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

C-e: mariavictoria.alcazar@upm.es
ORCID: 0000-0002-1891-3209

Realizó los estudios de Licenciatura (1986) y Doctorado (1989) en Ciencias Químicas en la Universidad de Salamanca. A continuación, fue becaria postdoctoral Fulbright (1990-1992) en la Universidad de California Los Ángeles y, más tarde (1992-1993), profesora ayudante en el Instituto Tecnológico de Zúrich (ETH). Se incorporó a la Universidad Autónoma de Madrid (1993-1996) con un contrato de incorporación a España de Doctores y Tecnólogos y, tras trabajar como Profesora de Enseñanza Secundaria (1996-2007), se unió al Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (Universidad Politécnica de Madrid) donde, en la actualidad, es profesora titular.



XX Simposio de Jóvenes Investigadores Químicos de la Real Sociedad Española de Química

Ciudad Real, del 18 al 21 de noviembre 2024