



Innovando en el Laboratorio de Química General de la Facultad de Química de la Universitat de València

Innovating in the General Chemistry Laboratory of the Faculty of Chemistry of the University of Valencia

Jose Antonio Sáez Cases^a, Olga Pardo Marín^b y M^a Teresa Climent Santamaría^c

^aDepartamento de Química Orgánica, Facultad de Química, Universitat de València, jose.a.saez@uv.es, ORCID 0000-0002-7797-7077, ^bDepartamento de Química Analítica, Facultad de Química, Universitat de València, olga.pardo@uv.es, ORCID 0000-0001-8922-6134 y ^cDepartamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Ciencias de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal, Universitat de València, teresa.climent@uv.es.

How to cite: Sáez Cases, J.A.; Pardo Marín, O. y Climent Santamaría, M.T. (2024). Innovando en el Laboratorio de Química General de la Facultad de Química de la Universitat de València. En libro de actas: *X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 11 - 12 de julio de 2024. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2024.2024.18361>

Abstract

The General Chemistry Laboratory of the Faculty of Chemistry of the University of Valencia has been the scenario in which different educational innovation projects have been implemented. Among them, there are three Educational Innovation Projects of the Servei de Formació Permanent that were developed during the academic years 2021-2022, 2022-2023 and 2023-2024 on the subject Chemistry Laboratory II of the Degree in Chemistry of the UV. The areas of teaching innovation on which these projects have been articulated revolve around the advancement of sustainability in the teaching laboratory, the renewal of multimedia material in the laboratory practices and the validation of results by the professors and case studies by the students. These teaching innovations have allowed the implementation of the microscale with a positive impact on student competencies, greater accessibility to teaching materials and an effective advance in active learning methodologies such as case studies. These teaching innovations, thanks to their transversality, are applied in other experimental subjects of the seven degrees taught in the General Chemistry Laboratory of the UV

Keywords: *Multimedia; validation of results; sustainability; surveys; teaching materials*

Resumen

El Laboratorio de Química General de la Facultat de Química de la Universitat de València ha sido el escenario en el que se han implementado diferentes proyectos de innovación educativa. Entre ellos, se encuentran tres Proyectos de Innovación Educativa del Servei de Formació Permanent que se desarrollaron durante los cursos 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024 sobre la asignatura Laboratorio de Química II del Grado en Química de la UV. Las áreas de innovación docente sobre las que se han articulado estos proyectos giran en torno al avance en la sostenibilidad en el laboratorio docente, la renovación del material multimedia en las prácticas del laboratorio y la validación de resultados por parte del

profesorado y del estudio de casos por parte del estudiantado. Estas innovaciones docentes han permitido la implementación de la microescala con un impacto positivo tanto sobre las competencias del estudiantado, una mayor accesibilidad a los materiales docentes y un avance efectivo en metodologías activas de aprendizaje como es el estudio de casos. Estas innovaciones docentes, gracias a su transversalidad, son aplicadas en otras asignaturas experimentales de las siete titulaciones que se imparten en el Laboratorio de Química General de la UV

Palabras clave: *Multimedia; validación de resultados; sostenibilidad; encuestas; material docente*

Introducción

El Laboratorio de Química General de la Facultat de Química de la Universitat de València ha sido el escenario en el que se han implementado diferentes proyectos de innovación educativa. Entre ellos, se encuentran los Proyectos de Innovación Educativa del Servei de Formació Permanent NOU-PID código UV-SPFIE_PID-1640671, RENOVA-PID código UV-SFPIE_PID-2077984 y SFPIEE_PIEE código UV-SFPIE_PIEE-2736764 que se desarrollaron durante los cursos 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024 sobre la asignatura Laboratorio de Química II (código 34186) del Grado en Química de la Facultat de Química de la Universitat de València. Se trata de una asignatura de formación básica de 6 créditos ECTS que comparte algunas prácticas y contenidos con otras asignaturas experimentales de otras titulaciones que se imparten en el campus de Burjassot-Paterna como son el Doble Grado en Física y Química, el Doble Grado en Química e Ingeniería Química, el Grado en Biología, el Grado en Biotecnología, el Grado en Bioquímica y Ciencias Biomédicas, el Grado en Ingeniería Química y el Grado en Ciencias Ambientales. Además, estas asignaturas con prácticas y contenidos en común con el Laboratorio de Química II, se imparten en el mismo Laboratorio de Química General. Por tanto, cualquier mejora docente que se introduce en esta asignatura, puede ser fácilmente trasladada al resto de asignaturas de otros grados y así multiplicar su impacto más allá de los 140 estudiantes que cursan anualmente el Grado en Química (Elliot, 2008).

Objetivos

Las innovaciones docentes implementadas en el Laboratorio de Química II han afectado a diferentes áreas del proceso de enseñanza-aprendizaje fundamentales en una asignatura con un enfoque totalmente práctico como es el Laboratorio de Química II, pero en este trabajo nos vamos a marcar como objetivos la descripción de las innovaciones que mayor protagonismo han cobrado en el último proyecto de innovación docente de este curso 2023-2024 como son:

- El avance en la sostenibilidad en el laboratorio docente y concienciación del estudiantado de la importancia de un diseño sostenible en los procesos de síntesis química.
- La renovación del material multimedia de las prácticas del laboratorio e introducción de mejoras en la accesibilidad y análisis de su uso por parte del estudiantado.
- La validación de resultados por parte del profesorado y el estudio de casos por parte del estudiantado.

Desarrollo de la innovación

A continuación, se van a describir las tres áreas de innovación docente en las que se ha avanzado durante el curso 2023-2024 en el Laboratorio de Química II del Grado en Química de la Facultad de Química de la Universitat de València:

1.- El avance en la sostenibilidad en el laboratorio docente. Tanto en la organización del Laboratorio de Química General de la Facultat de Química en general como en la de la asignatura Laboratorio de Química II del Grado en Química en particular y de las 11 prácticas que lo componen, se han realizado múltiples esfuerzos para reducir la cantidad de reactivos utilizados y minimizar el volumen de residuos generados (Timmer, 2018 y Zuin, 2021). De este modo, entre todas las acciones realizadas podemos encontrar el que se ha disminuido el volumen y la concentración de las disoluciones empleadas en las prácticas sin que afecte a los resultados experimentales gracias al desarrollo de nuevos sistemas e instrumentos de laboratorio en microescala (desarrollo de material de vidrio adaptado, impresión en 3D diferentes piezas y adaptadores, ...)y que también se ha modificado la dispensación de los reactivos para que estén contenidos en frascos de menor tamaño o se obtengan a través de dosificadores, en reactivos líquidos, y así evitar su despilfarro en caso de posible contaminación en la manipulación a lo largo de las prácticas. Todas estas acciones han permitido minimizar los desechos generados en las prácticas de la asignatura al mismo tiempo que se ha disminuido el consumo energético en calefacción y enfriamiento en un factor de 10 de una forma totalmente transparente desde el punto de vista formativo para el estudiantado. Pero, además, estos avances en la sostenibilidad de estas prácticas docentes, han conseguido dotar al estudiantado de nuevas competencias específicas como son el manejo de material en microescala (que exige y evidencia de forma efectiva la destreza de los estudiantes) al tiempo que aumenta la seguridad e higiene en el laboratorio reduciendo el peligro frente a derrames y quemaduras y, por tanto, los accidentes en el laboratorio.

Todas estas adaptaciones más o menos profundas del procedimiento experimental no son acciones aisladas, sino que muchas veces exigen un rediseño completo tanto de esta asignatura como del resto de asignaturas experimentales que se imparten en el Laboratorio de Química General, ya que para fomentar la reutilización de los productos/residuos de unas prácticas como reactivos/materiales de partida de otras prácticas diferentes hay que trazar un plan general que contemple todas estas posibilidades de la forma más adecuada. Además, esta reorganización no debe comprometer los contenidos ni las habilidades generales o específicas de la asignatura. De hecho, la descripción de este rediseño constituye un contenido teórico en forma de seminario de la primera de las asignaturas prácticas del Grado en Química: el Laboratorio de Química I (código 34185). Por tanto, se puede afirmar que la sostenibilidad es un concepto clave en las asignaturas impartidas en el Laboratorio de Química General de la Facultat de Química y esto ha servido como base para introducir conceptos como el de economía circular (presente en el seminario de introducción), el de química verde y el de la economía atómica y las diferentes métricas existentes para evaluarla. Estos tres últimos conceptos han sido introducidos durante este curso 2023-2024 como complemento formativo de la única práctica de síntesis orgánica de toda la asignatura Laboratorio de Química II.

Además, este avance en la sostenibilidad de este laboratorio docente, basada en la microescala y complementada con la economía circular y la química verde, se ha visto reforzada gracias a la inclusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con estos conceptos en la guía docente de la asignatura dentro del apartado de competencias generales a adquirir por parte del estudiantado.

2.- La renovación del material multimedia de las prácticas del laboratorio. La asignatura Laboratorio de Química II tiene sus 11 prácticas grabadas y editadas en vídeos de corta duración (se trata de vídeos con una duración entre 3 y 7 minutos habitualmente) donde se recogen los aspectos principales de procedimiento experimental, obtención y recogida de resultados y se dan indicaciones preliminares sobre el tratamiento de datos que debe realizar el alumno. Estos vídeos, ante cualquier revisión de los guiones de prácticas, también son modificados para recoger los cambios y las mejoras que curso a curso se introducen en los procedimientos experimentales. Igualmente, también se dispone de vídeos explicativos de todas las técnicas experimentales que se utilizan en el laboratorio: filtración a vacío, eliminación de solvente por destilación a presión reducida, ... En un principio, todos estos vídeos estaban incluidos en el repositorio multimedia MMEDIA de la Universitat de València y desde ahí se incluían los enlaces correspondientes en los guiones de prácticas y se incrustaban en el Moodle de los grupos de prácticas para que los alumnos pudieran visualizarlos. Ante las limitaciones de disponibilidad del repositorio multimedia y con el objetivo de realizar un análisis en profundidad de las estadísticas de uso y acceso a los vídeos, se trasladaron todos los vídeos a un canal de Youtube propio: @fqlabo, que actualmente cuenta con 499 suscriptores (Pölloth, 2020 y Stieff, 2018). Este cambio ha supuesto una serie de ventajas como son el poder verificar cuál es el uso real de los vídeos (número total de visualizaciones, tipo de dispositivo desde el que se visualiza, momentos de mayor visualización, ...) y conseguir un acceso multiplataforma (móvil, tableta, navegador, ...) a este contenido. Además, se aprovecharon dos características, que en un principio no estaban previstas, como son la realización de listas de vídeos personalizadas/recomendadas para cada una de las asignaturas que se imparten en el Laboratorio de Química General y la posibilidad de obtener un código QR desde la propia plataforma de Youtube que se puede imprimir, plastificar y situar en diferentes lugares del laboratorio (y en cada una de las prácticas que se realizan de forma semanal) para que los estudiantes puedan consultar el vídeo durante la propia sesión de prácticas desde su teléfono móvil.

A lo largo de los diferentes proyectos de innovación educativa concedidos, estos vídeos se han ido renovando y actualizando y se han grabado, editado y publicado nuevos vídeos adaptados a nuevos formatos (FHD 1080p 16:9) y el número de visualizaciones no ha parado de crecer pasando de las 3300 visualizaciones en el curso 2021-2022 a las 93155 visualizaciones en el curso 2023-2024 (con un promedio de 950 visualizaciones por vídeo), un número muy superior a los 140 estudiantes que cursan anualmente el Grado en Química de la Universitat de València y que muestra que estos materiales también han sido utilizados en otros grados del campus de Burjassot-Paterna en asignaturas de química básicas. Para el próximo curso 2024-2025, se pretende ampliar su accesibilidad, insertando subtítulos tanto en castellano como en valenciano en todos los vídeos. De este modo se solucionan dos problemas: que todos los vídeos que no estén publicados en los dos idiomas puedan ser consultados sin ningún problema y hacer frente a problemas auditivos en el estudiantado (hecho que se ha verificado en el presente curso).

3.- La validación de resultados por parte del profesorado y el estudio de casos por parte del estudiantado. A lo largo de los últimos proyectos de innovación educativa implementados en la asignatura de Laboratorio de Química II se ha elaborado numeroso material tanto para el profesorado como para el estudiantado. Para el profesorado, formado por unos 12-16 profesores anualmente que se encargan de los diferentes grupos de la asignatura, se han desarrollado materiales de consulta específicos, vídeos formativos, material base para la elaboración del temario e incluso un banco de preguntas extenso con el que elaborar sus propias herramientas de evaluación. Para el estudiantado,

formado por 12 grupos de un máximo de 12 estudiantes por grupo, se ha elaborado principalmente material de consulta y vídeos.

No ha sido hasta este curso 2023-2024 cuando se ha terminado de implantar una herramienta fundamental: unos recolectores de datos online para los estudiantes basados en macros de Microsoft Excel y unas calculadoras de resultados experimentales también basadas en macros de Microsoft Excel para el profesorado. Los recolectores de datos de los estudiantes tienen una doble motivación: por un lado, permiten acumular decenas de datos experimentales obtenidos por los estudiantes a lo largo de los años para las prácticas. Esto facilita la detección de un problema o error en los procedimientos experimentales publicados en los guiones de prácticas y, además, el poder proporcionar a los estudiantes conjuntos de datos reales con los que trabajar, si su experiencia no ha funcionado como debería, o si quieren practicar los cálculos que deben realizar sobre estos datos para mejorar sus capacidades. Además, en un momento determinado, podría permitir realizar un metaestudio sobre los resultados obtenidos por los diferentes estudiantes a lo largo de los cursos para cada una de las prácticas. Por otro lado, facilitar la recopilación de datos online también habilita la posibilidad de que los profesores tomen los datos de una forma rápida y sencilla y puedan saber qué resultados de cálculos intermedios, gráficas y resultados finales deberían obtener al exportarlos a su macro de Microsoft Excel. De esta forma, el profesorado puede encontrar rápidamente un error de cálculo y así evaluar el trabajo realizado por el estudiantado.

Resultados

Los diferentes proyectos de innovación docente planteados sobre el Laboratorio de Química II siempre han contado con un apartado específico en el que evaluar cuál ha sido el impacto de cada iniciativa o material desarrollado tanto desde el punto de vista del estudiantado como del profesorado (Pienta, 2011). Para ello, se han desarrollado encuestas específicas para el estudiantado y para el profesorado. Para verificar la utilidad de los materiales docentes para el estudiantado, se solicitó a los profesores del Laboratorio de Química II que, en las Aulas Virtuales de su grupo de prácticas, compartieran un vínculo a una encuesta creada utilizando Google Forms en la que los alumnos debían evaluar diferentes aspectos del material elaborado en el proyecto de innovación educativa anterior y que el profesorado había puesto a su disposición a través de Aula Virtual. Esta encuesta se estructuró en diferentes secciones y preguntas que el estudiantado debía valorar del 1 al 5 con una alternativa "NS/NC" disponible. La encuesta se dividió en las siguientes secciones: Manejo del recolector de datos, opinión sobre el anexo economía atómica, utilidad del material disponible en el Aula Virtual para el estudiantado y sugerencias. Desde luego, también se elaboró una encuesta para verificar la utilidad de los materiales docentes y las estrategias del proyecto de innovación educativa para el profesorado y, para ello, se compartió en la comunidad de profesorado de Aula Virtual una encuesta desarrollada con Google Forms y estructurada en las secciones: Manejo de las calculadoras de resultados, uso y opinión sobre el anexo economía atómica, utilidad del resto del material disponible en el Aula Virtual para el profesorado y sugerencias. Cada sección incluyó diferentes preguntas que el profesorado debía valorar del 1 al 5 con una alternativa "NS/NC" disponible. A la vista de los resultados obtenidos en la encuesta dirigida al estudiantado, respondida por un 8% de los alumnos matriculados y de los resultados obtenidos en la encuesta dirigida al profesorado, respondida por un 33% de los docentes, se puede concluir que: los estudiantes que han utilizado el complemento formativo de la única práctica de síntesis orgánica de la asignatura en la que se introducen los conceptos de sostenibilidad y economía atómica (item perteneciente al primer objetivo), lo valoran positivamente con un 3,0 sobre 5,0, una nota similar a la ofrecida por el profesorado (3,3 sobre 5,0). La pista sobre esta calificación la ofrecen

los comentarios de los docentes al respecto de sugerencias de mejora en este apartado, donde indican que “debería estar más integrado en la práctica”. Desde luego, durante el curso no se pudo introducir en los propios guiones de prácticas pero para este próximo curso, ya está planificada y preparada su integración. Respecto a la evaluación de la herramienta del recolector de datos (ítem perteneciente al tercer objetivo), los estudiantes valoran su estructura con un 4,4 sobre 5,0 y con un 4,1 sobre 5,0 su facilidad de uso. Por su parte, el profesorado asigna un 4,0 sobre 5,0 en cada uno de estos dos apartados (estructura y facilidad de uso. De nuevo, son los comentarios los que aportan una vía de mejora para este objetivo del proyecto de innovación educativa: los estudiantes remarcan como única observación que facilitemos más el volcado de los datos experimentales a través de su copiado y pegado en los recolectores de datos y los profesores imitan este comentario demandando que el volcado se automatice. Ya está en marcha una mejora de las herramientas a través de una modificación de la estructura y de las macros de Microsoft Excel que se espera poner a disposición de estudiantado y profesorado para el próximo curso. Por último, respecto a la disponibilidad del material docente (ítem perteneciente al segundo objetivo), es donde el estudiantado refleja la utilidad tanto de los guiones de prácticas como de los vídeos explicativos de cada práctica, ya que valoran con un 4,8 sobre 5,0 la cantidad y con un 4,5 sobre 5,0 su calidad. Por su parte, el profesorado evalúa ambos aspectos con un 5,0 sobre 5,0. Atendiendo a las observaciones recogidas en este apartado, los estudiantes solicitan incluir en los vídeos no solamente la parte experimental de las prácticas, sino la parte de tratamiento de datos a pesar de que ya aparece especificada paso a paso en los guiones de prácticas. El profesorado, por su parte, consideran que la cantidad de material docente a su disposición puede resultar abrumadora en el primer curso de docencia de la asignatura. En este sentido, ya se está trabajando en la reorganización del material docente proveniente de la comunidad de Moodle del profesorado. Como puede apreciarse, los resultados de las encuestas están en consonancia con los registrados para el proyecto de innovación educativa UV-SFPIE_PID-2077984 desarrollado el pasado curso 2022-2023 en el que las respuestas mostraron un elevado grado de satisfacción con los diferentes ítems evaluados.

Conclusiones

A partir de lo expuesto, se puede concluir que se ha logrado un grado de cumplimiento satisfactorio de los tres objetivos planteados en el proyecto de innovación docente realizado sobre el Laboratorio de Química II durante el curso 2023-2024. Además, el proyecto ha permitido validar la utilidad de los materiales didácticos desarrollados tanto para estudiantado como para profesorado, abarcando los recursos multimedia y aquellos relacionados con el avance en la sostenibilidad en el laboratorio docente. Todos estos esfuerzos de innovación docente a lo largo de los años se han traducido en una mejora de la tasa de éxito y rendimiento de la asignatura en todos los grupos y también esperamos que así sea en los de este curso 2023-2024. En cualquier caso, a pesar de haber conseguido estos tres objetivos, quedan áreas de mejora y aspectos en los que avanzar (accesibilidad del material, mejorar la motivación del estudiantado, innovar en la rúbrica y en la metodología de evaluación, ...) que ya se han planteado en una propuesta de proyecto de innovación educativa para desarrollar en esta asignatura a lo largo del curso 2024-2025.

Referencias

- Elliot, M. J., Stewart, K. K. & Lagowski, J. J. (2008) The Role of the Laboratory in Chemistry Instruction. *Journal of Chemical Education*, 85 (1), 145-149. <https://doi.org/10.1021/ed085p145>
- Pienta, N. J. (2011) General Chemistry Student Surveys: Longitudinal Data about Which Factors Helped Students Learn. In D.M. Bunce (Ed.), *Investigating Classroom Myths through Research on Teaching ACS Symposium series Vol. 1074* (pp. 121-135). <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1074.ch009>. eISBN 9780841226586
- Pölloth, B., Schwarzer, S. & Zipse, H. (2020) Student Individuality Impacts Use and Benefits of an Online Video Library for the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 97 (2), 328-337. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00647>
- Stieff, M., Werner, S. M., Fink, B. & Meador, D. (2018) Online Prelaboratory Videos Improve Student Performance in the General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 95 (8), 1260-1266. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00109>
- Timmer, B. J. J., Schaufelberger, F., Hammarberg, D., Franzén, J., Olof Ramstrom, O. & Dinér, P. (2018). Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 95, 1301-1306. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00720>
- Zuin, V. G., Eilks, I., Elschami, M. & Kümmerer, K. (2021) Education in Green Chemistry and in Sustainable Chemistry: Perspectives towards Sustainability. *Green Chemistry*, 23, 1594-1608. <https://doi.org/10.1039/d0gc03313h>