

Recursos didácticos en formato “polimedia” para la introducción a la química orgánica

Educational resources in “polimedia” format for the introduction to organic chemistry

Juan Antonio Llorens-Molina¹

Resumen

Los recursos didácticos audiovisuales en formato digital son hoy un elemento decisivo en la docencia en todos sus niveles. Su uso mediante YouTube y otras plataformas constituye un rasgo esencial de la cultura científica contemporánea, con gran impacto en la formación, la divulgación y en diversos contextos sociales y educativos. La enseñanza de materias como la química se beneficia especialmente de estos recursos, pues requieren una adecuada coordinación entre información visual y textual, además de reforzar el trabajo experimental. En este trabajo se presenta un conjunto de objetos de aprendizaje (OAs) diseñados, implementados y evaluados para la introducción a la química orgánica en los estudios de Agronomía y Tecnología de Alimentos impartidos en la Universitat Politècnica de València (España). Los OAs fueron producidos en un formato denominado *polimedia*, definido en el Proyecto de Docencia en Red de dicha universidad. En su desarrollo se prestó atención a la integración de diferentes niveles de descripción —atómico-molecular, macroscópico y simbólico—, a su vinculación con aspectos agroalimentarios desde una perspectiva Ciencia-Técnica-Sociedad y al fomento progresivo de la interactividad en el planteamiento pedagógico.

Palabras clave: química, docencia, audiovisuales, interactividad, agroalimentación.

Abstract

Audiovisual educational resources in digital format are today a decisive element in teaching at all levels. Their use through YouTube and other platforms has become an essential feature of contemporary scientific culture, with a significant impact on training, science communication, and a wide range of social and educational contexts. The teaching of subjects such as chemistry especially benefits from these resources, as they require proper coordination between visual and textual information, in addition to reinforcing experimental work. This paper presents a set of learning objects (LOs) designed, implemented, and evaluated for the introduction to organic chemistry in the Agronomy and Food Technology programs taught at Polytechnic University of València (Spain). The LOs were produced in a format known as *polimedia*, as defined in the Network Teaching Project of that university. Their development paid special attention to the integration of different levels of description—atomic-molecular, macroscopic, and symbolic—to their connection with agri-food aspects from a Science-Technology-Society perspective, and to the progressive promotion of interactivity in the pedagogical approach.

Keywords : chemistry, teaching, audiovisuals, interactivity, agri-food.

CÓMO CITAR:

Llorens-Molina, J. A. (2025, octubre-diciembre). Recursos didácticos en formato “polimedia” para la introducción a la química orgánica. *Educación Química*, 36(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.90815>

¹ Universitat Politècnica de València, España.

Introducción

La aplicación de recursos audiovisuales en la enseñanza de la química

La utilización de material audiovisual en formato digital, tanto en la educación formal como en la divulgación científica, posee actualmente un impacto indudable. En nuestros días, los estudiantes de cualquier nivel educativo son nativos digitales, y, de este modo, la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) constituye un recurso fundamental para favorecer su aprendizaje (Maceiras et al., 2010). Varias cualidades avalan su utilidad educativa: en primer lugar, en lo metodológico, su adaptabilidad a los diferentes contextos de enseñanza-aprendizaje, favoreciendo el diseño de secuencias de actividades convenientemente diversificadas y una mayor interactividad (Vera, 2012). También destaca la posibilidad de su uso en aprendizaje híbrido, combinando la enseñanza presencial con la no presencial (blended learning). De hecho, es un recurso fundamental en la implementación de la clase inversa (Rudenkin y Grushevskaya, 2019).

Por otra parte, es importante considerar su capacidad para llegar a realidades sociales diversas, como sucede en los países en vías de desarrollo (Kalolo, 2019). Materiales didácticos en formato podcast, cursos MOOC (cursos online masivos y abiertos) y, en general, la enorme cantidad de recursos disponibles en la web, contribuyen a llevar el conocimiento a contextos donde el acceso a las instituciones educativas es difícil o incluso imposible. Un ejemplo representativo es el diseño y desarrollo de laboratorios virtuales.

La plataforma YouTube como recurso didáctico en la enseñanza de la química

Uno de los principales recursos didácticos de carácter audiovisual es, sin duda, YouTube. Kohler y Dietrich (2021) destacan la necesidad de considerar sus posibilidades y limitaciones, discutiendo las condiciones más apropiadas para su uso en función de las características de sus potenciales usuarios: experiencia en el uso de medios, preferencias personales, grado de alfabetización científica, estatus social y los grupos de pares con los que comparten estos recursos. La utilidad de YouTube es evidente al considerar materiales pedagógicos como el proyecto CADMIO (Curso de Apoyo Docente con Material Interactivo), desarrollado en la UNAM (México) (Reina et al., 2021).

Smith (2014) se refiere al empleo de YouTube desde una doble perspectiva: como material docente y de divulgación científica, que es el ámbito de su trabajo, y como instrumento de comunicación científica utilizado por los propios estudiantes. En este último caso, destaca su contribución al desarrollo de habilidades comunicativas, la creatividad y la superación de la quimifobia mediante un acercamiento a la química en el mundo real. En efecto, tanto YouTube como las redes sociales en general constituyen un ámbito de comunicación directa con una audiencia diversa, tanto geográfica como en perfiles personales.

Diferentes aplicaciones de los recursos audiovisuales en la enseñanza de la química

Si analizamos las diferentes formas de utilizar el video en la enseñanza de la química, podemos distinguir, en primer lugar, la mera presentación de contenidos. Este recurso permite mostrar de manera visualmente clara y atractiva contenidos que, por su naturaleza, son difíciles de presentar verbalmente, como el enlace químico y la isomería. Al mismo

tiempo, permite establecer secuencias de aprendizaje de interactividad creciente mediante la presentación estructurada de ejemplos, contraejemplos, ejercicios y sus soluciones.

En segundo lugar, el material en video permite incorporar al currículo contenidos relacionados con las interacciones Ciencia-Técnica-Sociedad o con el desarrollo de actitudes y valores vinculados a la química. Estos, frecuentemente, no pueden ser tratados del mismo modo en las clases ordinarias, pudiendo incluirse opcionalmente.

En tercer lugar, una función particularmente útil es el apoyo al trabajo experimental. Por una parte, su incorporación a los laboratorios virtuales permite sustituir experimentos costosos y/o peligrosos; por otra, se utiliza como actividad vinculada a las prácticas de laboratorio, principalmente en prelaboratorio. Diferentes investigaciones han abordado el diseño y evaluación de este tipo de materiales (Llorens-Molina, 2009). En cuanto a su diseño, las actividades prelaboratorio han sido un ámbito especialmente adecuado para el uso de videos (Agustian y Seery, 2017). En otras propuestas, se pone el acento en su integración con demostraciones experimentales y cuestionarios (Nadelson et al., 2015). Estas investigaciones han mostrado su eficacia frente al desarrollo tradicional de las clases de laboratorio y frente a la simple presentación como clase magistral (Schmidt-McCormack et al., 2017; Stieff et al., 2018).

Independientemente de la función didáctica de los videos, en cuanto a su organización y formato podemos distinguir entre aquellos estructurados como cursos más o menos extensos, elaborados en distintas plataformas como EdX, en la que también ha participado extensamente la UPV, y los denominados “objetos de aprendizaje” (OAs) (Baruque y Melo, 2004) o “píldoras de aprendizaje” (Maceiras et al., 2010). Este tipo de recursos responde a ciertos rasgos característicos de la enseñanza universitaria actual, como la coexistencia de múltiples entornos y estrategias de aprendizaje, tanto presencial como no presencial, así como la combinación de ambos. Surge, por tanto, la conveniencia de facilitar recursos adaptables a una amplia variedad de contextos y etapas de las secuencias de aprendizaje, no necesariamente ligados a un currículo con determinada estructura.

Objetivos

De acuerdo con los objetivos generales del proyecto de Docencia en Red de la UPV, el objetivo básico de este trabajo es el desarrollo de OAs audiovisuales como apoyo a la docencia presencial, preferentemente. El ámbito de aplicación es la introducción a la química orgánica en la asignatura de Fundamentos Químicos, impartida en el primer curso de los grados de Ciencia y Tecnología de Alimentos (GCTA) e Ingeniería Agronómica y del Medio Rural (GIAMR), así como en los dobles grados de GCTA+GIAMR y GCTA+ADE (Administración y Dirección de Empresas), en la UPV.

Estos materiales han sido producidos, experimentados y evaluados en el marco de un proyecto institucional (Docencia en Red) de la citada universidad, y divulgados tanto a través de un repositorio propio (RiuNet) como de su canal de YouTube.

A partir del objetivo fundamental ya expuesto, se desprenden otros más concretos que determinan las características del material presentado. En primer lugar, responder a la necesidad de incorporar los contenidos básicos de una introducción a la química orgánica adaptados al contexto agroalimentario. También se pretende cubrir un amplio espectro de posibilidades didácticas: integración en el proceso de aprendizaje presencial, como material

de apoyo en contextos no presenciales, como recurso para la revisión previa a los exámenes y en la introducción a las prácticas de laboratorio. Por otra parte, también se ha experimentado su elaboración por el propio alumnado, incorporándose varios ejemplos de profundización relacionados con la composición química de alimentos o el uso de aditivos alimentarios.

Metodología

Polimedia: un tipo de objeto de aprendizaje desarrollado en el programa de Docencia en Red de la UPV

El tipo de objeto de aprendizaje que se presenta en este trabajo es el denominado “**Polimedia**”, consistente en videos de corta duración (10 minutos) desarrollados en el marco del proyecto **Docencia en Red**, iniciativa institucional de la UPV. Se trata de un sistema diseñado para la creación de contenidos multimedia como apoyo a la docencia presencial, que abarca desde la preparación del material docente hasta su distribución a través de distintos medios (TV, Internet, CD, etc.) a los destinatarios.

A través de esta página web se describe en detalle la naturaleza y aplicaciones de este tipo de contenidos, así como los criterios de calidad y el proceso de evaluación de los OAs (<https://www.upv.es/contenidos/DOCENRED/infoweb/docenred/info/710371normalc.html>, Guía para elaborar materiales de aprendizaje). Una vez evaluados y aceptados, los videos pasan a formar parte del repositorio Riunet, siendo accesibles tanto a través de www.media.upv.es como del canal de la UPV en [YouTube](https://www.youtube.com/user/UPV).

Características del material presentado en este trabajo

Los videos cuyos enlaces se muestran en el anexo han sido creados a lo largo de diez años de docencia, aunque los elaborados como actividades prelaboratorio fueron desarrollados y utilizados a partir del curso 2009-2010, cuando se pusieron en marcha los grados. Su diseño y aplicación responde a las siguientes características, según los objetivos previamente definidos:

- Consideración de los conceptos umbral relacionados con los contenidos básicos de la química orgánica en un primer curso universitario. Se ha prestado especial atención a la coordinación de los niveles de descripción de la materia: macroscópico, submicroscópico y simbólico, uno de los problemas más ampliamente discutidos en la bibliografía (Ben-Zvi et al., 1990; Llorens-Molina, 1991; Ben-Zvi y Gai, 1994; Más y Furió, 2000; Talanquer, 2009; Gilbert y Treagust, 2009). Los problemas relacionados con los niveles de descripción quedan claramente manifestados al interpretar y utilizar las representaciones gráficas (Galagovsky, 2009), sobre todo en contenidos como la isomería, donde la información visual es decisiva.
- Conexión entre los contenidos de química orgánica y aspectos agroalimentarios característicos de los grados en que se imparten, así como con otras cuestiones relevantes acerca de las relaciones Ciencia-Técnica-Sociedad.
- Adecuada inserción del trabajo experimental en las secuencias de aprendizaje, concediendo especial importancia a las actividades prelaboratorio.
- Desde el punto de vista metodológico, especial atención a la estructuración de los diferentes elementos que constituyen la secuencia de aprendizaje: unidades de

información, ejemplos/contraejemplos, ejercicios de aplicación y su corrección, logrando así una progresiva interactividad con objeto de apoyar un aprendizaje centrado en el progreso personal del estudiante y no en la mera recepción de información.

- Desde el punto de vista formal, consideración de las recomendaciones de Mayer (2020) respecto a la necesaria coordinación visual-textual, así como de la normativa establecida por Docencia en Red, que exige la enumeración de objetivos, contenidos y una síntesis final a modo de resumen.
- En cuanto a su aplicación en la organización y docencia de las asignaturas, ningún polimedia está explícitamente vinculado a puntos concretos del currículo o de la asignatura, para preservar su naturaleza de objeto de aprendizaje intercambiable entre asignaturas y niveles. La clave de su aplicación está en la herramienta Lessons, incorporada a la plataforma educativa Poliformat (Sakai), utilizada en la docencia implicada en este trabajo (Molina et al., 2022). Esta herramienta permite estructurar secuencias en las que los polimedias son el elemento básico en torno al que se integran actividades de evaluación, textos, etc. Un ejemplo de la aplicación de Lessons al estudio de la isomería puede consultarse en: <https://poliformat.upv.es/x/f0X8eB>

Clasificación y descripción del contenido de los polimedias desarrollados en este proyecto

Aspectos generales de la química orgánica. Interpretación de las propiedades físicas a partir de la estructura molecular.
Reactividad de las funciones orgánicas
Actividades experimentales y pre-laboratorio
Isomería
Productos Naturales
Métodos analíticos
Ejemplos de screencasts creados por el alumnado

TABLA 1. Clasificación temática de los videos cuyos enlaces se incluyen en el anexo de este trabajo.

Descripción de cada uno de los tipos de polimedias indicados anteriormente

Aspectos generales de la química orgánica. Interpretación de las propiedades físicas a partir de la estructura molecular

Estos videos incluyen el tratamiento de algunos prerequisitos, tales como la elaboración e interpretación de los diagramas de Lewis, los conceptos de oxidación-reducción en los compuestos orgánicos, así como una introducción histórica a la química orgánica. También se tratan aspectos de la estructura molecular, como polaridad o resonancia, los tipos de enlace y conceptos generales relacionados con el desarrollo de las reacciones orgánicas. Se incluye también en esta sección la interpretación de las propiedades físicas a partir de las interacciones moleculares, abordando aspectos específicos de interés agroalimentario, como la tensoactividad, la viscosidad o la estructura y propiedades de los polímeros.

Reactividad de las funciones orgánicas

Se introducen los conceptos fundamentales de la reactividad en química orgánica, tanto desde los puntos de vista cinético como termodinámico: energía de resonancia, efectos inductivo y mesómero, nucleofilia y electrofilia, así como la reactividad específica de las principales funciones orgánicas, con especial atención a las propiedades ácido-base.

Actividades experimentales y prelaboratorio

Se incluyen algunos procesos de extracción, el reconocimiento de grupos funcionales y síntesis sencillas, como la del ácido acetilsalicílico. La mayoría han sido aplicados como actividad prelaboratorio asociados a una prueba online. También se incluyen diferentes demostraciones experimentales relacionadas con la salud, la tecnología o el medio ambiente, por ejemplo, la acción de la α -amilasa de la saliva sobre el almidón (fisiología digestiva), la síntesis de la resina empleada en la fabricación de aglomerados de madera (urea-formaldehído), la presencia o ausencia de cafeína en determinados productos o la oxidación del etanol por Cr(VI), base de las primeras pruebas de alcoholemia.

Isomería

Se tratan los distintos tipos de isomería, prestando especial atención a las moléculas quirales por su importancia biológica. Estos aspectos se contemplan también dentro del apartado de productos naturales, al abordar la estructura de monosacáridos y disacáridos.

Productos naturales

Este apartado incluye los polimedias destinados a presentar aspectos agroalimentarios de interés para cada una de las funciones orgánicas más importantes. En el tratamiento de los ejemplos se ha incidido en la representación simultánea de las estructuras moleculares, la imagen macroscópica (aplicaciones importantes) y la formulación y nomenclatura (nivel simbólico de representación).

Métodos analíticos

Se incluyen algunos procesos relacionados con métodos analíticos aplicados, bien en trabajos de laboratorio, bien en el desarrollo de trabajos de fin de grado dirigidos paralelamente a la docencia de la química orgánica.

Ejemplos de screencasts creados por el alumnado

Se trata de OAs realizados mediante el trabajo en grupo de modo no presencial, para el desarrollo y evaluación de varias competencias transversales, mediante el estudio de un alimento o de un aditivo alimentario desde el punto de vista de su composición química. Para ello, se solicita al alumnado el empleo de software para elaborar representaciones 2D y 3D, el reconocimiento de grupos funcionales presentes en las moléculas más representativas, así como exponer información básica con aspectos nutricionales, medicinales o de seguridad alimentaria (Llorens-Molina y De Jaime, 2018).



FIGURA 1. Ejemplos de fotogramas correspondientes a dos screencasts elaborados por estudiantes sobre el limón y el orégano.

Resultados

En la normativa del Proyecto de Docencia en Red de la UPV se establecen de modo explícito los criterios de calidad en cuanto a formato y contenido de los OAs (en este caso, “polimedias”), que han de cumplirse para ser incorporados al repositorio Riunet y estar disponibles en las plataformas YouTube y www.media.upv.es. Dichos criterios se exponen en: <https://www.upv.es/contenidos/DOSENRED/infoweb/docenred/info/710371normalc.html>.

La evaluación es realizada por la Comisión de Docencia en Red, presidida por el Vicerrectorado de Recursos Digitales y Documentación, cuya composición se indica para cada convocatoria en: <https://www.upv.es/contenidos/DOSENRED/infoweb/docenred/info/1003291normalc.html>.

Por parte del alumnado, la metodología y los recursos didácticos se evalúan mediante encuestas de opinión establecidas en la UPV, con carácter totalmente anónimo. Dado que los OAs presentados en este trabajo son el elemento esencial de la metodología desarrollada, pueden considerarse representativas las valoraciones de los siguientes ítems:

- **Metodología:** “La metodología empleada y las actividades realizadas en la asignatura ayudan a aprender al alumnado”.
- **Recursos:** “Los materiales utilizados y/o recomendados (bibliografía, documentos, recursos didácticos, etc.) son de gran ayuda para el aprendizaje de la asignatura”.

Estos ítems corresponden a la encuesta institucional que todo el alumnado realiza al final de cada periodo docente. El número de encuestas procesadas cada curso se refleja en el eje de abscisas de la gráfica (Figura 2). El número total fue de 736 encuestas evaluadas: 628 en el grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (84,3 %) y 108 (15,7 %) en Ingeniería Agronómica y del Medio Rural.

Las proporciones de género durante el último curso fueron: 64 % mujeres y 36 % hombres en GCTA, y 35 % mujeres y 65 % hombres en GIAMR. Sobre el perfil académico del alumnado, cabe precisar, a partir de la nota mínima en las pruebas de acceso a la universidad en estos grados, que su nivel es relativamente alto (sobre un máximo de 14: 9,908 para CTA, 8,453 para GIAMR, 10,853 para el doble grado CTA+GIAMR y 10,749 para CTA+ADE). Tratándose del primer curso, la edad del alumnado es de 18-19 años en su inmensa mayoría, a excepción de un número muy limitado de estudiantes adultos que compaginan estos estudios con su trabajo profesional.

El formato de la encuesta corresponde a una escala Likert con las siguientes categorías: muy en desacuerdo (2), en desacuerdo (4), indiferente (6), de acuerdo (8) y completamente de acuerdo (10).

La evolución de las puntuaciones registradas en los últimos diez cursos, del 2013/14 al 2022/23, se refleja en la siguiente gráfica:

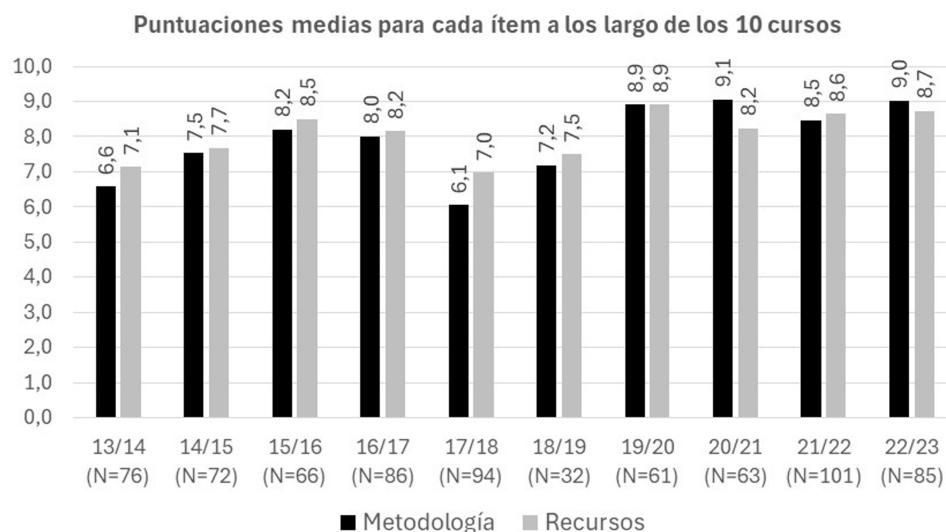


FIGURA 2. Puntuaciones medias y número de encuestas procesadas para cada ítem en las encuestas de opinión del alumnado a lo largo de la experimentación.

Estos datos revelan el alto grado de aceptación del uso del recurso “polimedia” por parte del alumnado, con un ligero incremento en los últimos cursos, coincidente con el aumento de su grado de interactividad.

Por otra parte, a través de diferentes estudios realizados durante el proceso de diseño y experimentación de estos polimedias, se ha obtenido abundante información acerca del modo en que el alumnado los utiliza, así como la valoración de algunas de sus aplicaciones específicas. Por ejemplo, la evaluación de las primeras aplicaciones centradas principalmente en las actividades prelaboratorio (Llorens-Molina et al., 2014) mostró tendencias muy definidas: el uso prioritario era la revisión para la preparación de los exámenes de prácticas, la ampliación de conocimientos a aspectos de interés agroalimentario y la clarificación de conceptos vistos en clase; en menor medida, como recurso complementario a la clase presencial o como material sustitutivo de la docencia presencial, siendo este último uso el que presenta la valoración mínima.

Respecto a su evolución metodológica, a lo largo de los últimos diez años de experimentación (Figura 2) la aplicación de los OAs elaborados ha ido adquiriendo un papel más orientado hacia una estrategia de clase inversa (Cardona y Llorens-Molina, 2020). Los elementos más relevantes de su diseño de cara a esta innovación se exponen en: https://poliformat.upv.es/access/content/user/19877419/polimedia-576%20_1.mp4

Conclusiones

Los datos recabados demuestran que el modelo Polimedia ha resultado ser un recurso atractivo, que se integra en un entorno tecnológico con el que el alumnado está especialmente familiarizado mediante el uso de teléfonos móviles, iPads, tabletas, ordenadores, etc. Este es el objetivo básico de este trabajo: la integración en la docencia presencial de recursos audiovisuales en formato digital.

El desarrollo de este objetivo ha sido una excelente oportunidad para contribuir y facilitar la aplicación de innovaciones educativas en la asignatura, tales como la clase inversa, la incorporación del trabajo de laboratorio como un elemento integrado en la secuencia de aprendizaje y, sobre todo, la conexión de los contenidos con los temas agroalimentarios. En efecto, el potencial motivador de estos recursos debe aprovecharse para la incorporación progresiva de actividades más interactivas, dirigidas a promover la indagación y la autorregulación.

Como perspectivas de trabajo en la aplicación de este tipo de OAs, cabe plantear varios retos a los que dar respuesta. En primer lugar, orientar su diseño para promover estrategias de aprendizaje más abiertas y similares a enfoques como el aprendizaje basado en problemas; también avanzar en una mejor y más amplia contextualización en el mundo agroalimentario. Otro campo con amplias posibilidades es el apoyo al desarrollo de competencias transversales, como se ha podido constatar con la creación de OAs en formato screencast por los estudiantes. Un reto importante sería también proponer las orientaciones metodológicas necesarias para optimizar su uso, dado su carácter de objeto de aprendizaje como material didáctico adaptable y versátil, no vinculado explícitamente a la estructura de un material curricular específico. En ese sentido, cabe indicar que el modelo propuesto en el Proyecto de Docencia en Red de la UPV exige incluir elementos como objetivos, resultados de aprendizaje y contenidos, así como un pequeño resumen final.

En cualquier caso, desde la investigación educativa sería necesario profundizar en el conocimiento de las condiciones concretas en que se utilizan este tipo de materiales en función de su lugar en el proceso de aprendizaje. Obviamente, no es lo mismo utilizarlos

como punto de partida en una estrategia de clase inversa, donde la interactividad puede ser un factor clave, que como material de revisión y autoevaluación. En este sentido, es importante considerar la relación de estos materiales con la clase presencial, de modo que no sean una repetición de esta, sino que la enriquezcan, presentando aspectos potencialmente interesantes y problemáticos que amplíen la visión del alumnado acerca de la materia impartida.

Por último, es fundamental profundizar en su papel de apoyo al trabajo experimental, no solo para presentar los objetivos, la metodología y los aspectos operativos de la sesión, sino también como oportunidad para vincularlo a los aspectos tecnológicos y de la vida cotidiana relacionados. Por otra parte, la producción de OAs relacionados con operaciones específicas de laboratorio, tales como el calibrado de un aparato o el montaje de un equipo, puede ser de extraordinaria utilidad, sobre todo por la posibilidad de utilizarse *in situ* durante las sesiones de laboratorio.

Referencias

- Agustian, H. Y., y Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: A proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 518–532. <https://doi.org/10.1039/C7RP00140A>
- Baruque, L. B., y Melo, R. N. (2004). Learning theory and instruction design using learning objects. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 13(4), 343–370. <https://citeserx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c2be3e797c9c5587cf4120e354362b26e421d290#page=9>
- Ben-Zvi, N., y Gai, R. (1994). Macro- and micro-chemical comprehension of real-world phenomena: Classroom knowledge versus the experience of the senses. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 730.
- Ben-Zvi, R., Silberstein, J., y Mamlok, R. (1990). Macro-micro relationships: A key to the world of chemistry. *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, 183–197.
- Cardona Serrate, F., y Llorens-Molina, J. A. (2020). Docencia inversa en la asignatura Fundamentos Químicos para la Ciencia y Tecnología de los Alimentos. En INNODOCT 2019 (pp. 517–525). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INN2019.2019.10099>
- Galagovsky, L., Di Giacomo, M. A., y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: El caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1–22.
- Gilbert, J. K., y Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 1–8). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Kalolo, J. F. (2019). Digital revolution and its impact on education systems in developing countries. *Education and Information Technologies*, 24, 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9780-2>

- Kohler, S., y Dietrich, T. C. (2021). Potentials and limitations of educational videos on YouTube for science communication. *Frontiers in Communication*, 6, 581302. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.581302>
- Llorens-Molina, J. A. (2009). Design and assessment of an online prelab model in general chemistry: A case study. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 4(2), 15–31.
- Llorens-Molina, J. A., y de Jaime, J. L. (2018). Screencasts in the classroom: Design and assessment. *INTED2018 Proceedings*, 2959–2967. <https://doi.org/10.21125/inted.2018.0558>
- Llorens-Molina, J. A., Atarés, L., y Lacuesta, R. (2014). Diseño de objetos de aprendizaje en formato polimedia para el desarrollo de actividades pre-laboratorio en química general. *Jornadas INRED, UPV*, 116–129.
- Llorens, J. A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el desarrollo curricular* (Colección aprendizaje). Visor.
- Maceiras, R., Cancela, A., y Goyanes, V. (2010). Aplicación de nuevas tecnologías en la docencia universitaria. *Formación Universitaria*, 3(1), 21–26. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062010000100003>
- Más, C. J. F., y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300–308.
- Mayer, R. E., Fiorella, L., y Stull, A. (2020). Five ways to increase the effectiveness of instructional video. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 837–852. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09745-4>
- Molina, J. A. L., Pedro, M. V. G., y Miranda, W. T. (2022). Uso de Lessons como herramienta de aprendizaje y evaluación formativa. En *Actas del Congreso Internacional Virtual USATIC 2022. Ubicuo y social: Aprendizaje con TIC* (p. 46). ISBN 978-84-18321-43-6.
- Nadelson, L. S., Scaggs, J., Sheffield, C., y McDougal, O. M. (2015). Integration of video-based demonstrations to prepare students for the organic chemistry laboratory. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 476–483. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9555-2>
- Reina, A., García-Ortega, H., Hernández-Ayala, L. F., Guerrero-Ríos, I., Gracia-Mora, J., y Reina, M. (2021). CADMIO: Creating and curating an educational YouTube channel with chemistry videos. *Journal of Chemical Education*, 98, 3593–3599. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00542>
- Rudenko, D., y Grushevskaya, V. (2024, December 29). YouTube as an instrument of learning in higher education: Opportunities and challenges. *European Conference on e-Learning* (pp. 684–XVII). <https://www.proquest.com/openview/7130fc064b720a812239e464fa7bbab1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1796419>
- Schmidt-McCormack, J. A., Muniz, M. N., Keuter, E. C., Shaw, S. K., y Cole, R. S. (2017). Design and implementation of instructional videos for upper-division undergraduate laboratory courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 749–762. <https://doi.org/10.1039/C7RP00139E>

Smith, D. K. (2014). iTube, YouTube, WeTube: Social media videos in chemistry education and outreach. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1594–1599. <https://doi.org/10.1021/ed400416m>

Stieff, M., Werner, S. M., Fink, B., y 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.8b00146>

Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136. <https://doi.org/10.1080/09500690802402830>

Vera, M. D. M. S. (2012). Diseño de recursos digitales para entornos e-learning en la enseñanza universitaria. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 15(2), 53–74. <https://doi.org/10.5944/ried.15.2.2491>

Anexo

Relación de vídeos en formato polimedia en media.upv.es

1. Aspectos generales de química orgánica. Interpretación de propiedades físicas

- 1.1. 5 ideas importantes para empezar con la química orgánica: <https://media.upv.es/player/?id=0fb3a881-211e-7847-92d5-3f55963a7f69>
- 1.2. Una breve introducción histórica a la química orgánica: <https://media.upv.es/player/?id=be6305e4-169e-6c46-a0fe-83dcc3cbcca3>
- 1.3. Hibridación de orbitales. Principales enlaces en química orgánica: <https://media.upv.es/player/?id=18a07680-0284-11eb-a0bb-f5f73c245483>
- 1.4. Construcción de estructuras de Lewis: <https://media.upv.es/player/?id=43778a90-30e2-11e8-b149-53b0e4073187>
- 1.5. Resonancia: <https://media.upv.es/player/?id=0d0ddd90-7b76-11e8-8d13-4f673becc660>
- 1.6. Estados de transición e intermedios de reacción en química orgánica: <https://media.upv.es/player/?id=fe1e4fc1-aa87-ac46-81ec-275ed0224098>
- 1.7. Intermedios de reacción de química orgánica. Radicales libres: <https://media.upv.es/player/?id=ca6c8b96-a0c0-934d-8b0a-59532e3dbc31>
- 1.8. Polaridad de las moléculas: <https://media.upv.es/player/?id=423f2a01-edea-bc44-9b7f-d31b199f09e6>
- 1.9. Demostración experimental de la existencia de los radicales libres: <https://media.upv.es/player/?id=210c0ad7-d6e0-764b-9be9-f287a5382f5b>
- 1.10. Naturaleza de las fuerzas intermoleculares: <https://media.upv.es/player/?id=a2286b5a-e3a1-fc47-ab01-558a82832cbf>
- 1.11. Fuerzas intermoleculares: definición e importancia: <https://media.upv.es/player/?id=55be4e30-dbc8-824f-aa37-62824951d9e4>
- 1.12. Fuerzas intermoleculares y propiedades físicas: <https://media.upv.es/player/?id=02fe686b-ac5d-c84b-af0c-898a04b0626a>
- 1.13. Oxidación-reducción en química orgánica: <https://media.upv.es/player/?id=555cb0a6-7868-8848-aac1-1ca679811687>
- 1.14. Solubilidad: <https://media.upv.es/player/?id=e2959a52-49f8-4f4a-878a-8a55cb67d1ee>
- 1.15. Tensoactividad: <https://media.upv.es/player/?id=c5ef4000-b439-11ed-9299-eba0e50de926>
- 1.16. Síntesis de un gel de polienol (papel de los enlaces de hidrógeno): <https://media.upv.es/player/?id=aae46a53-adc4-4158-9bf9-1b413c2c08d7>
- 1.17. Experimento: Viscosidad de los alcoholes y fuerzas intermoleculares: <https://media.upv.es/player/?id=338059d7-adc3-cc4a-8b8b-832dfc6782a8>

- 1.18. Propiedades físicas de las aminas: <https://media.upv.es/player/?id=4654d450-71e7-11ea-8c87-2ba15c40d192>
- 1.19. Estructura y propiedades de los polímeros <https://media.upv.es/player/?id=f373ce57-ac26-e546-a72d-f4440e25e975>
- 1.20. Clasificación de los polímeros. <https://media.upv.es/player/?id=ac48788e-890e-2b41-b8be-3c6f3f944811>

2. Reactividad

- 2.1. Efecto inductivo en las moléculas orgánicas: <https://media.upv.es/player/?id=31b8348c-540f-1a4c-b3a1-1dfba0000fb3>
- 2.2. Del metano al dióxido de carbono: <https://media.upv.es/player/?id=87cb9c10-7e89-11ec-a6ad-c97d9e79bc86>
- 2.3. Reacciones que transcurren mediante carbocationes como intermedios. Interpretación de la regla de Markovnikov: <https://media.upv.es/player/?id=a27c8609-8513-ca46-b68c-412ef61a9064>
- 2.4. Acidez de los Ácidos Carboxílicos: <https://media.upv.es/player/?id=3f16190a-76b0-764a-88b0-06a6ffe0358e>
- 2.5. Reacción entre eltolueno y el cloro: <https://media.upv.es/player/?id=18503610-b750-11ed-9a61-93bba90db995>
- 2.6. Basicidad de las aminas. La anilina.: <https://media.upv.es/player/?id=d7450ec0-b74f-11ed-90f5-33ee33c3bf5f>
- 2.7. Reactividad de las aminas: <https://media.upv.es/player/?id=7983f430-725c-11ea-8c87-2ba15c40d192>
- 2.8. Acidez del fenol: <https://media.upv.es/player/?id=3e5a6dd0-b43a-11ed-9a61-93bba90db995>
- 2.9. Deshidratación de alcoholes: <https://media.upv.es/player/?id=99b37ee0-9d0b-11ea-aaef-d1acf0f281d>
- 2.10. Adición electrófila de halógenos al doble enlace. Propuesta experimental: <https://media.upv.es/player/?id=8e5c2f10-8c80-11ea-8842-9f9926e21c94>
- 2.11. Adición electrófila de halógenos al doble enlace: <https://media.upv.es/player/?id=50c43580-8c80-11ea-8842-9f9926e21c94>
- 2.12. Compuestos heterocíclicos aromáticos: <https://media.upv.es/player/?id=81a1c510-07e4-11e7-b987-ab956caf10fc>
- 2.13. Piridina y pirrol: Dos compuestos heterocíclicos y aromáticos: <https://media.upv.es/player/?id=a5b49f60-7e89-11ec-a6ad-c97d9e79bc86>
- 2.14. Reacciones de sustitución nucleofílica SN1 (Ensayo de Lucas): <https://media.upv.es/player/?id=6c9c25c0-07e4-11e7-b987-ab956caf10fc>
- 2.15. Aromaticidad – Interactivo: <https://media.upv.es/player/?id=d508bd60-fcec-11e6-99b8-01421013858a>
- 2.16. Reacciones de oxidación de alquenos – Interactivo: <https://media.upv.es/player/?id=c2376330-fcec-11e6-99b8-01421013858a>

- 2.17. Reacciones de esterificación: <https://media.upv.es/player/?id=e3edaaf0-51e3-11e8-a02d-b13f2cd6ec94>
- 2.18. Adición al grupo carbonilo: <https://media.upv.es/player/?id=d1a1d470-51e3-11e8-a02d-b13f2cd6ec94>
- 2.19. Estabilidad de los cicloalcanos: <https://media.upv.es/player/?id=ecfefdf0-11d1-11e6-b754-2d95cd34df42>
- 2.20. Condensación aldólica: <https://media.upv.es/player/?id=6049c930-d6f8-11e5-a693-39491eb92ab3>
- 2.21. Triglicéridos. Reacciones de transesterificación y saponificación: <https://media.upv.es/player/?id=22bff4a0-c419-11e5-8125-1f877190137c>
- 2.22. Tautomería ceto-enólica: <https://media.upv.es/player/?id=e0a83f50-c418-11e5-8125-1f877190137c>

3. Actividades experimentales (utilizadas en algunos casos como actividades pre-laboratorio)

- 3.1. Oxidación del etanol con dicromato de potasio en medio ácido. <https://media.upv.es/player/?id=de1fc780-1d3c-11eb-92d3-ed4a7c6ba524>
- 3.2. Con o sin cafeína. <https://media.upv.es/player/?id=547881d0-9d11-11ea-aaef-d1acfb0f281d>
- 3.3. Síntesis de la resina urea-formaldehido. <https://media.upv.es/player/?id=368325bc-3556-dd4b-a04f-d13fe10b4788>
- 3.4. Obtención de jabón y biodiesel a partir de aceite de cocina usado. <https://media.upv.es/player/?id=f5e98507-704b-bf46-a2ef-b6057d5366a5>
- 3.5. Síntesis y purificación del ácido acetilsalicílico. <https://media.upv.es/player/?id=9b27255a-6c1d-424a-b09f-4acd88113475>
- 3.6. Estudio experimental de la acción de la α-amilasa salival sobre el almidón. <https://media.upv.es/#/portal/video/db09f220-e506-11ed-9fa4-f922ee94d329>
- 3.7. Extracción de la cafeína del té. <https://media.upv.es/player/?id=e037027d-eb7d-4ca9-b71b-3d80b000b2a4>
- 3.8. Extracción de cafeína a partir de una bebida de cola. <https://media.upv.es/player/?id=17513eff-94c9-da40-bce5-8b3c3f9dbd7e>
- 3.9. Síntesis del Nilón 10-6 <https://media.upv.es/player/?id=622e2c7a-7a3e-2e49-9759-0a367966a846>

4. Isomería

- 4.1. Tipos de Isomería. Isomería estructural. <https://media.upv.es/player/?id=b61b0660-7dc0-11ec-a5ef-3ddfc009c24a>
- 4.2. Estereoisomería. <https://media.upv.es/player/?id=c93f3b80-7dc0-11ec-a5ef-3ddfc009c24a>
- 4.3. Isomería estructural. <https://media.upv.es/player/?id=8c6d1030-7c39-11eb-a419-614e205a3b21>

- 4.4. Quiralidad y actividad óptica en las moléculas orgánicas. <https://media.upv.es/player/?id=f06d089f-8cd3-6644-aca3-e6072ff7840c>
- 4.5. Estereoisomería de los hidratos de carbono. <https://media.upv.es/player/?id=6772d650-7f4d-11ea-80d7-e7d14f712660>
- 4.6. Proyección de Fisher. <https://media.upv.es/player/?id=e37bc5b0-7839-11ea-88e4-4320a99623b9>
- 4.7. Empleo de la notación E-Z en la isomería Cis-Trans. <https://media.upv.es/player/?id=ed5f81a2-036b-5e4c-b8b9-01c42ad03a87>
- 4.8. Isomería Cis-Trans. <https://media.upv.es/player/?id=236d3b07-5841-5944-ae5d-8d19a1e2a4c9>
- 4.9. Estereoisomería óptica. Asignación de las configuraciones R/S a los centros quirales. <https://media.upv.es/player/?id=0907299c-cb42-c345-8747-6fbfd1708897>
- 4.10. ¿Qué son las formas MESO? El ácido tartárico como ejemplo. <https://media.upv.es/player/?id=c87d91c0-7e87-11ec-a6ad-c97d9e79bc86>
- 4.11. Relaciones de estereoisomería a partir de las proyecciones de Fisher. <https://media.upv.es/player/?id=b667a2f0-7dc4-11ec-8d3b-7bb24959cb08>
- 4.12. Moléculas con dos estereocentros: enantiómeros y diastereoisómeros. <https://media.upv.es/player/?id=bd076a70-7dc2-11ec-a5ef-3ddfc009c24a>

5. Productos naturales

- 5.1. Composición química de los aceites esenciales. <https://media.upv.es/player/?id=360ffb90-be01-11e5-9d0d-61186baca167>
- 5.2. Los alcoholes en las plantas. Algunos ejemplos de interés. <https://media.upv.es/player/?id=2918478a-2087-814d-8faa-07988c81cb11>
- 5.3. Aldehídos y cetonas: algunos ejemplos. <https://media.upv.es/player/?id=2d292120-46e7-11e8-a54c-0dc1649295ed>
- 5.4. Algunos ácidos carboxílicos de interés. <https://media.upv.es/player/?id=24a939e0-46e7-11e8-a54c-0dc1649295ed>
- 5.5. Hidrocarburos monoterpénicos regulares. <https://media.upv.es/player/?id=3c498910-905a-11ea-9b90-f9f51479ad48>
- 5.6. Factores de variabilidad en la composición química de los aceites esenciales. <https://media.upv.es/player/?id=40e2b160-d6f8-11e5-a693-39491eb92ab3>
- 5.7. Monosacáridos: representaciones moleculares. <https://media.upv.es/player/?id=7b1e3400-9d21-11ea-aaef-d1acfb0f281d>
- 5.8. Polisacáridos: almidón y celulosa. <https://media.upv.es/player/?id=15759ee0-7fcb-11ea-80d7-e7d14f712660>
- 5.9. Azúcares reductores. Ensayo de Felting. <https://media.upv.es/player/?id=0a15f810-7f4e-11ea-80d7-e7d14f712660>
- 5.10. Disacáridos. <https://media.upv.es/player/?id=cedb4f70-7f4d-11ea-80d7-e7d14f712660>

5.11. Lípidos: <https://media.upv.es/player/?id=635fe040-76b4-11ea-9e7e-8526e9f29ea0>

5.12. Amidas, carbamatos y urea: <https://media.upv.es/player/?id=2ef3ea00-7262-11ea-818c-a59696e7c8ff>

6. Métodos analíticos

6.1. Obtención de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor (equipo Clavenger). <https://media.upv.es/player/?id=f7e7ccc9-d2e0-164e-8f45-241f58838275>

6.2. Separación e identificación de los ácidos tartárico, málico y láctico en muestras de vinos mediante cromatografía sobre papel. <https://media.upv.es/player/?id=962e6722-3695-1046-82bc-57336619bb94>

6.3. Procesos de extracción en la vida cotidiana. <https://media.upv.es/player/?id=6f295fd0-0815-11eb-8233-3faee55bc74e>

6.4. Determinación de temperaturas de fusión. <https://media.upv.es/player/?id=a7c1c6c2-ba36-9e4b-9d2f-20a7f1c18ad5>

6.5. Extracción-Destilación Simultáneas. Equipo Likens-Nickerson. <https://media.upv.es/player/?id=1824da08-0074-a448-95e7-b2b09494c434>

6.6. Determinación por refractometría del contenido en azúcares de la algarroba triturada. <https://media.upv.es/player/?id=51191850-6d93-11e9-a7d3-3df1cef1857d>

6.7. Extracción sólido-líquido con equipo soxhlet: determinación del contenido en grasas de la semilla de girasol. <https://media.upv.es/player/?id=f7c3e100-667f-11e9-a3b0-cf96b1704ae8>

6.8. Reconocimiento de grupos funcionales. <https://media.upv.es/player/?id=ad3ea250-b87f-11e7-9aae-59f0880c7499>

6.9. Estudio de la actividad antioxidante de aceites esenciales mediante un método bioautográfico. <https://media.upv.es/player/?id=99316aa0-07e4-11e7-b987-ab956caf10fc>

6.10. Introducción a la cromatografía en capa fina. Aplicación a la identificación y evaluación de la pureza en la síntesis del A.A.S. <https://media.upv.es/player/?id=ef5226ee-c90e-43a0-b637-670d94cd55c3>

7. Ejemplos de *screencasts* creados por el alumnado

7.1. <https://media.upv.es/#/portal/video/14a4f500-1a33-11e9-81f0-f33ddab24e85>

7.2. <https://media.upv.es/#/portal/video/b4afd520-1a32-11e9-81f0-f33ddab24e85>

7.3. <https://media.upv.es/#/portal/video/2bbe2780-1a32-11e9-81f0-f33ddab24e85>