

Desarrollo de prácticas en el laboratorio químico en formato híbrido apoyadas en el trabajo en equipo y vídeos instructivos

Development of hybrid practice sessions in the chemistry lab reinforced by teamwork activities and video-enhanced learning

Manuel César Martí Calatayud 

mcmarti@iqn.upv.es

Universitat Politècnica de València (España)

M. Cifuentes-Cabezas

Universitat Politècnica de València (España)

A.D. Rodríguez-López

Universitat Politècnica de València (España)

L. Hernández-Pérez

Universitat Politècnica de València (España)

J. Carrillo-Abad

Universitat Politècnica de València (España)

Manuel César Martí Calatayud

mcmarti@iqn.upv.es

Universitat Politècnica de València (España)

M. Cifuentes-Cabezas

Universitat Politècnica de València (España)

A.D. Rodríguez-López

Universitat Politècnica de València (España)

L. Hernández-Pérez

Universitat Politècnica de València (España)

J. Carrillo-Abad

Universitat Politècnica de València (España)

Resumen

En este trabajo se presenta la adaptación a la docencia híbrida de una asignatura basada en prácticas de laboratorio tras la irrupción de la pandemia COVID-19. Este estudio se llevó a cabo en la

Abstract

This work presents the adaptation of a course mainly based on practice sessions in the chemical laboratory into a blended learning format after the irruption of the COVID-19 pandemic. The

asignatura Experimentación en Ingeniería Química II, de tercer curso del grado en Ingeniería Química de la Universitat Politècnica de València. El desarrollo de asignaturas experimentales con un formato semipresencial tiene lugar bajo condiciones muy restrictivas de aforo e higiene, pese a que el trabajo en equipo y la interacción entre alumnos suele ser más importante que en asignaturas teóricas. Con el fin de posibilitar que los alumnos adquieran experiencia en el manejo de equipos y plantas piloto en un laboratorio de ingeniería química, se planteó la formación de equipos de trabajo de 4 a 5 alumnos, divididos en dos subgrupos con presencialidad alterna en las prácticas de laboratorio. Para suplir la no presencialidad en cada práctica de uno de los subgrupos, se crearon vídeos instructivos de las tareas realizadas por sus compañeros en el laboratorio. Además, los datos experimentales son tratados por cada equipo al completo en prácticas informáticas, de forma que todos son partícipes de los cálculos y análisis de datos recabados en el laboratorio. El número de visionados de los vídeos instructivos, así como la opinión del alumnado confirmaron la estrategia de docencia híbrida adoptada como una opción adecuada para asegurar la formación en asignaturas de índole experimental, permitiendo al mismo tiempo cumplir con las medidas restrictivas de aforo en un laboratorio químico.

Palabras clave: docencia híbrida, vídeos instructivos, prácticas de laboratorio, ingeniería química, trabajo en equipo.

study was conducted during the course “Experimentation in Chemical Engineering II” of the third academic year of the B.Sc. in Chemical Engineering of the Polytechnic University of València. The development of experimental courses under the context of the pandemic takes place under strict room occupancy and hygiene rules, although teamwork and interaction between students tends to be more important than in theory classes. To make feasible that students gain experience in the use of equipment and pilot plants in the chemical laboratory, we proposed the formation of teams of 4 to 5 students, divided in two sub-groups that alternated their attendance to the practice sessions. In order to mitigate the absence of one of the sub-groups in each session, we created instructive videos including the experimental part conducted in the laboratory. In addition to this, the experimental data gathered in the lab were treated by the complete team, so that all team members could participate in the treatment and analysis of experimental results. The number of views per video, as well as the response of the students in a survey confirmed the blended learning strategy as an adequate alternative to ensure the training of students in hands-on experiments, as well as to accomplish with the restrictive room-occupancy rules in laboratories in times of COVID-19.

Key words: blended learning, screencast videos, laboratory practice sessions, chemical engineering, teamwork.

I. Introducción

Las prácticas experimentales permiten a los estudiantes entender y asimilar conceptos teóricos impartidos en otras asignaturas de forma más visual y didáctica. Además, ayudan a los estudiantes a adquirir experiencia en procedimientos concretos, mejorando

sus hábitos de trabajo de campo y sus habilidades de resolución de problemas (Kapilan et al., 2021). En el caso de las prácticas en el laboratorio químico, estas también pueden servir como un instrumento de mejora de las habilidades de trabajo en equipo, comunicación y análisis, así como del manejo de sustancias peligrosas, pictogramas y directrices de seguridad (Lancashire y Vanhoostenberghe, 2021). No obstante, en el caso de asignaturas con un contenido enteramente basado en prácticas de laboratorio (PL), algunos estudiantes tienen problemas para entender el fundamento teórico de las actividades a llevar a cabo en cada sesión; lo cual supone una dificultad en el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento crítico y el aprendizaje profundo de conceptos (Kapilan et al., 2021).

En las últimas décadas, los rápidos avances en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el aumento del acceso a internet por parte de la población ha proporcionado nuevas herramientas educativas útiles tanto para los docentes como para los estudiantes (Domingues et al., 2010). Las TIC están transformando los procesos de aprendizaje, ya que el mayor acceso a la información ha incrementado la colaboración entre docentes y estudiantes, ampliando el ámbito de aprendizaje al trabajo fuera del aula (Granjo y Rasteiro, 2020; Sypsas y Kalles, 2018).

El estallido de la pandemia COVID-19 en España a partir de marzo de 2020 supuso un hito histórico en la forma de ejercer la docencia, puesto que conllevó la necesidad de pasar de un modelo presencial clásico a un modelo completamente en línea hasta finalizar el curso 2019-20 y, posteriormente, a un modelo híbrido semipresencial durante el curso 2020-21. Aunque las clases teórico-prácticas e incluso las prácticas de informática han sido fácilmente adaptables a la docencia en línea gracias a múltiples plataformas como Zoom o Teams (Babinčáková y Bernard, 2020; Balamuralithara y Woods, 2009), la adaptación de las prácticas de laboratorio supuso un gran quebradero de cabeza para los docentes.

Durante el inicio de la pandemia, la realización de prácticas de laboratorio experimentales fue completamente imposible debido a las condiciones de confinamiento estricto adoptadas en el estado español. No obstante, una vez se fueron relajando las medidas y se implementó el modelo híbrido semipresencial, la realización de experimentos siguió estando sujeta a estrictas normas sanitarias (King et al., 2021). Durante estos periodos, varios docentes han propuesto la sustitución de las actividades en el laboratorio químico por actividades alternativas llevadas a cabo desde casa mediante laboratorios virtuales (Babinčáková y Bernard, 2020; Granjo y Rasteiro, 2018; Kenney, 2021; King et al., 2021).

En particular, el uso de vídeos instructivos para la explicación, la preparación de los experimentos y/o el análisis de los datos obtenidos es una práctica creciente durante los últimos años (Córdoba-Díaz et al., 2021; Nadelson et al., 2015; Pena Martín et al., 2021; Prats Moya et al., 2021; Schmidt-McCormack et al., 2017; Vizoso-Vázquez et al., 2021). Estos vídeos eliminan parte de la carga cognitiva presencial asociada a la realización del experimento y permiten trasladar el principal foco de las sesiones en el laboratorio al razonamiento sobre los cálculos y los fenómenos que dominan el ensayo (Box et al., 2017; Teo et al., 2014). El uso de este formato permite, además, que haya una retransmisión en vivo de la práctica y/o esté depositada en la intranet o repositorio institucional, permitiendo al alumnado su consulta cada vez que lo estime necesario.

Además, la disposición de estos materiales también permite al alumnado enfermo o en cuarentena seguir la realización de la práctica de forma satisfactoria desde su casa.

El presente trabajo describe la solución adoptada en la asignatura Experimentación en Ingeniería Química II del grado de Ingeniería Química de la Universitat Politècnica de València (UPV), para la adaptación de las prácticas de laboratorio durante la etapa de docencia semi-presencial establecida durante el curso 2020-21. Teniendo en cuenta las restricciones de aforo a aproximadamente un 50% de su capacidad en condiciones pre-pandémicas, y que aumentar las horas de las prácticas no es una alternativa factible debido a las limitaciones de calendario del estudiantado y profesorado, y a la reducida disponibilidad de los laboratorios (ocupados durante el desarrollo de prácticas de otras asignaturas); se decidió disminuir al 50% la asistencia presencial de los alumnos. Cada grupo (de alrededor unos 20 estudiantes), se organizó por equipos de trabajo, de los cuales, solamente la mitad de los componentes asistía a cada práctica de forma presencial. La presencialidad de cada mitad de equipo de trabajo se planteó de forma alterna, acudiendo el 50% del equipo a realizar las PL pares, y el otro 50% del equipo a realizar las PL impares. Se desarrollaron vídeos explicativos de cada práctica para mostrar a los alumnos del grupo que no asistían el trabajo experimental desarrollado en el laboratorio. Además, las sesiones de tratamiento de datos experimentales recabados en el laboratorio se realizaron en línea de forma síncrona mediante el uso de la plataforma Microsoft Teams, permitiendo que todos los miembros del grupo trabajaran con los datos obtenidos en el laboratorio. Los resultados obtenidos a partir del número de visualizaciones de los vídeos *screencast*, junto con los resultados de una encuesta realizada al estudiantado confirman un elevado grado de participación y de satisfacción de este con el desarrollo de la asignatura.

2. Contexto de la asignatura

La asignatura Experimentación en Ingeniería Química II se imparte durante el primer cuatrimestre (septiembre – diciembre) del tercer curso en el grado de Ingeniería Química de la UPV. La asignatura se plantea como un refuerzo y complemento experimental de otras asignaturas del grado en las que los alumnos reciben formación teórica sobre procesos relevantes en el ámbito profesional de la ingeniería química (Operaciones de Separación, Cinética Química y Catálisis, y Reactores Químicos).

La asignatura consta de un total de 4,5 créditos ECTS, todos ellos de carácter práctico, distribuidos en 12 prácticas, 8 de ellas de laboratorio (PL) y las cuatro restantes de tratamiento en aula informática (PI) de los datos experimentales recabados en el laboratorio durante las PL. El curso se distribuye en cuatro grupos de matrícula, cada uno de ellos teniendo una sesión semanal de la asignatura (grupos de lunes a jueves).

Cada grupo de matrícula se divide en equipos de 4 o 5 componentes que trabajan con una de las plantas piloto o montajes de laboratorio disponibles. Todos los miembros de un equipo trabajan de forma conjunta y realizan un informe de cada PL. Las sesiones en aula informática sirven para tratar los datos recabados en las dos sesiones PL anteriores, y para consultar dudas a los profesores responsables de cada práctica. Al final de un ciclo de 2 PL y de PI, cada equipo entrega los informes de las prácticas de laboratorio, que son corregidas y devueltas a los alumnos para que puedan estudiar para

el examen final de la asignatura. Además de los informes de prácticas, la evaluación de la asignatura se completa con un único examen al final del cuatrimestre.

3. Adaptaciones introducidas entre las alternativas posibles

En este apartado se describe la estrategia seguida durante el curso para la adaptación de las sesiones de laboratorio a las restricciones de aforo impuestas como medida preventiva contra la COVID-19. La Generalitat Valenciana publicó un Protocolo de actuación para el comienzo del curso universitario 2020-21 donde hacía especial referencia a la organización del espacio en los laboratorios, indicando una limitación del aforo de una persona por cada 5 m² de superficie total. La UPV incluyó dicho protocolo en su Plan de Prevención, añadiendo a la limitación de aforo la recomendación de establecer, en la medida de lo posible, grupos pequeños y estables.

Ante dichas restricciones, se plantearon diversas posibilidades, las cuales se detallan a continuación:

- A. Reducir el número de sesiones: Realizar 4 PL y 2 sesiones de tratamiento de datos.

Las PL se realizarían con la mitad de alumnos que en un curso convencional; para que todos los estudiantes asistieran a las mismas sesiones, cada sesión práctica sería realizada dos veces. El número de alumnos por equipo de trabajo para la realización de cada práctica sería de 2 a 3.

- B. Implantación de dos turnos en cada sesión.

Se establecen equipos de trabajo de 4 o 5 alumnos, una pareja (o trío) asisten a la primera parte de la PL y la otra mitad finaliza la práctica en el segundo turno.

- C. Eliminar las sesiones PI de tratamiento de datos para redistribuir todas las sesiones experimentales.

Al igual que en la Alternativa A, las prácticas se realizarían con la mitad de alumnos que en un curso convencional. Al eliminar las sesiones de tratamiento de datos, en lugar de 4 prácticas distintas, se llevarían a cabo 6 (un curso convencional tiene 8 prácticas distintas).

- D. Los grupos se dividen en dos y cada mitad asiste a una de las prácticas de laboratorio.

Como en la Alternativa B se establecen equipos de trabajo de 4 o 5 alumnos, pero en este caso, una pareja (o trío) de cada equipo asistiría a las PL impares y la segunda pareja (o trío) de cada equipo asistiría a las PL pares.

Excepto en la Estrategia C (en que se suprimirían), las sesiones informáticas para el tratamiento de datos se realizarían *online* vía Teams con el fin de minimizar los contactos estrechos entre compañeros. En ellas, todos los miembros del equipo trabajarían de forma conjunta, poniendo en común y tratando los datos experimentales recogidos en las dos prácticas anteriores.

En la Tabla 1 se muestra el análisis de ventajas e inconvenientes de cada una de las estrategias consideradas.

Tabla 1. Alternativas consideradas inicialmente y análisis de ventajas e inconvenientes.

Estrategia	Ventajas	Inconvenientes
A. Reducir el número de sesiones dividiendo los grupos a la mitad: realizar 4PL+2PI	<ul style="list-style-type: none"> • Sencillo, no supone ninguna alteración organizativa con respecto a un curso convencional 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del contenido de la asignatura en un 50% • Desigualdad de conocimientos adquiridos frente a un curso convencional • Falta de refuerzo de asignaturas teóricas
B. Turnos durante cada sesión	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los alumnos pueden ver y tocar los ensayos de laboratorio en todas las prácticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil de realizar una planificación exacta (los experimentos tienen una duración variable en función de las destrezas de los estudiantes y del tipo de práctica) • En el momento en que los alumnos se sienten seguros con el ensayo y/o manejo de los equipos, deben abandonar el laboratorio • Posibles aglomeraciones durante el cambio de turno
C. Eliminación de las sesiones PI de tratamiento de datos para realizar 6 sesiones experimentales	<ul style="list-style-type: none"> • Cada estudiante asiste a las 6 PL completas 	<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos encontrarían problemas durante el tratamiento y discusión de los datos • Serían necesarias tutorías extra para la resolución de dudas • Se debería escoger 2 PL a suprimir, reduciendo el contenido de la asignatura en un 25%.
D. Los grupos se dividen en dos y cada mitad asiste a una PL	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes asisten a prácticas completas • No supone una reducción en el contenido impartido/trabajado • Se minimizan los problemas de aglomeración en pasillos por cambios de turno 	<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos no pueden estar en contacto con todos los experimentos • Es necesario reforzar el trabajo en equipo para el tratamiento de datos experimentales por todos los miembros del equipo

4. Metodología: adaptación a las restricciones de aforo e implementación de un formato de docencia híbrida

Tras analizar las diferentes alternativas, teniendo en cuenta la situación sanitaria y las ventajas e inconvenientes expuestos anteriormente, la estrategia escogida para la adaptación a las restricciones de aforo fue la Alternativa D. Para suplir la carencia que supone para cada alumno no asistir presencialmente a cuatro de las ocho sesiones de laboratorio, se optó por un aprendizaje asistido por vídeos. A continuación, se detalla la metodología seguida, así como, la secuencia de actividades llevadas a cabo antes, durante y tras la realización de las PL, así como los aspectos más importantes relativos a la organización de la asignatura en formato híbrido y su evaluación.

A) Guion de la práctica

Los guiones de las prácticas de laboratorio se suben a la plataforma PoliformaT (Sistema de gestión de cursos Sakai adoptado por la UPV) con una semana de antelación a las prácticas. Se deben leer antes de acudir a la práctica y, en caso necesario, buscar las fichas de seguridad de los reactivos a emplear.

B) Pre-informe

Al comienzo de la práctica debe entregarse un informe previo con cálculos y preguntas preliminares. La función del pre-informe es fomentar que los alumnos revisen el guion de la práctica antes de su realización y cuenten con los conocimientos necesarios para su posterior ejecución.

C) Desarrollo de las PL

a. Asistencia del 50% de cada equipo de trabajo a las PL

Los equipos de trabajo constan de 4 o 5 miembros, que se dividen en dos mitades y se turnan en la presencialidad de las sesiones en el laboratorio. Una pareja (o trío) de cada equipo asiste a las PL impares y la segunda pareja (o trío) a las PL pares. Con esta organización de las prácticas, se asegura la realización de todas las PL por parte de los equipos de trabajo. Todos los miembros de un equipo tienen disponibles los guiones de las prácticas y han de contribuir a la realización del pre-informe, aunque no asistan a esa sesión de forma presencial.

b. Vídeos instructivos: VideoLab

Los alumnos disponen de un vídeo instructivo de cada práctica de laboratorio con la explicación teórica asociada a esta y una demostración a través de grabaciones en el laboratorio del procedimiento experimental seguido. Estos vídeos se desarrollan especialmente para suplir la no-presencialidad en el desarrollo de las PL de la pareja (o trío) de cada equipo de trabajo que no asiste a las prácticas.

D) Sesiones de tratamiento de datos y trabajo en equipo *online* vía Microsoft Teams

Cada dos prácticas experimentales (PL impar + PL par) se realiza una sesión de tratamiento de datos. Estas prácticas se realizan *online*, a través de Microsoft Teams, y participan todos los alumnos de cada equipo de trabajo. Cada equipo debe trabajar de forma conjunta en la obtención de resultados y elaboración de las memorias de ambas prácticas.

E) Evaluación de las sesiones prácticas

La evaluación de las sesiones prácticas se realiza a través del trabajo académico (una memoria por cada PL), que los alumnos deben entregar de manera grupal. Además, también se realiza una prueba escrita de respuesta abierta (PER) al final del cuatrimestre, la cual está compuesta por cuatro preguntas correspondientes a prácticas distintas. Para fomentar que todos los alumnos estudien todas las prácticas para el examen, con independencia de si han asistido al laboratorio o solamente han visualizado los vídeos, se exige un mínimo de 2 puntos sobre 10 en cada una de las preguntas. Por ejemplo, un alumno que obtenga una puntuación

de 10 en tres de las cuatro preguntas de examen, y un 0 en la pregunta restante, no superaría la asignatura.

F) Encuesta

Tras la finalización del curso, los alumnos fueron encuestados acerca de su opinión sobre la organización de la asignatura en un contexto de docencia híbrida por la pandemia, así como sobre la utilidad de los vídeos instructivos de las distintas prácticas de laboratorio. La encuesta se realizó de forma totalmente anónima y voluntaria a través de la aplicación Microsoft Forms. En total, respondieron 28 alumnos sobre un total de 71 estudiantes.

5. Implementación de la metodología y resultados

5.2 VídeoLAB

Como se ha comentado previamente, el profesorado creó vídeos instructivos para el seguimiento adecuado de las tareas experimentales realizadas en el laboratorio por el alumnado que no asiste a una determinada PL (ver enlaces a los vídeos en el Anexo). Los vídeos se van activando cada semana en que comienza una nueva PL a través de una sección en PoliformaT denominada VídeoLAB (Figura 1a). En esta sección cada práctica dispone de su correspondiente subpágina de acceso (Figura 1b).



Figura 1. Vista de la Sección VídeoLAB en PoliformaT: a) sección inicial para el acceso a los vídeos de cada práctica; b) apartado correspondiente a la PL1 que incluye el vídeo de la práctica y un enlace externo al mismo.

La Figura 2 presenta el esquema del vídeo para una de las prácticas. En los vídeos se muestra, en primer lugar, una introducción teórica acerca de la temática de la práctica en cuestión. Esta introducción teórica es análoga a la que realiza el profesor en pizarra en el laboratorio para los alumnos que asisten a la sesión. Tras enumerar los objetivos y materiales y reactivos empleados, el vídeo incluye tomas en el laboratorio en las que se desarrollan las actividades experimentales más importantes de la práctica. Finalmente, el vídeo concluye enumerando los parámetros que se han obtenido en el laboratorio y que serán necesarios en la sesión de tratamiento de datos en aula informática.

a)

Experimentación en Ingeniería Química II

CATÁLISIS HETEROGÉNEA: Hidrólisis del $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ catalizada por un sólido

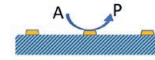


Departamento de Ingeniería Química y Nuclear

b)

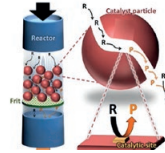
Contexto teórico

- Catálisis heterogénea \rightarrow coexisten dos fases en el reactor:
 - Catalizador: sólido
 - Reactivos: gas, líquido



- Diferencias con catálisis homogénea:

- Sitios activos sobre un soporte sólido
- Distribución homogénea en el reactor: lechos
- Separación del catalizador mediante operaciones físicas
- Regeneración del catalizador



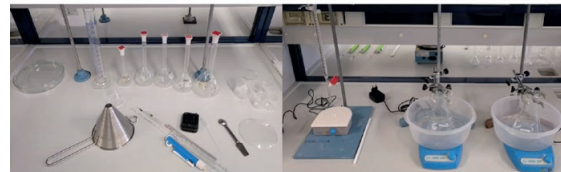
c)

Objetivos

- Obtención de la ecuación cinética experimental de una reacción catalítica en fase heterogénea
- Analizar el efecto de la carga de catalizador sólido sobre la velocidad de reacción

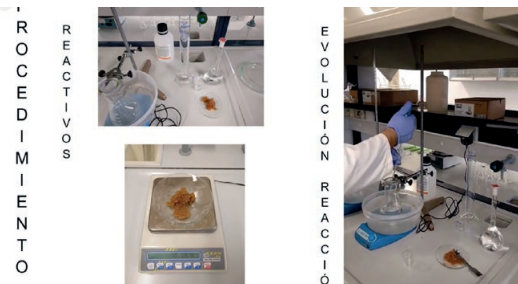
d)

Materiales y montaje experimental



- Reactivos:
 - Acetato de metilo
 - Agua, acetona
 - Resina
- Matraz Erlenmeyer
- Baño de agua
- Sistema de agitación
- Cronómetro
- Pipetas y buretas
- Filtro

e)



f)

Datos recopilados

- m_1, m_2, m_3 de resina de intercambio catiónico
- V_{NaOH} inicial, $V_{\text{NaOH},0}$
- V_{NaOH} del producto de reacción



- X_A
- $f(X_A)$
- Ecuación cinética, k, k_c
- Efecto de la carga de catalizador sobre $-r_A$

Figura 2. Representación esquemática de la práctica PL4: a) diapositiva inicial del vídeo; b) contexto teórico; c) objetivos; d) materiales y montaje experimental; e) procedimiento experimental; f) datos recopilados.

5.2 Sesiones en Teams

Cada dos PL se realiza una PI para el tratamiento de datos experimentales asociados a las dos PL anteriores. Puesto que el trabajo colaborativo y en equipo correspondiente al tratamiento de datos experimentales se puede realizar a distancia con ayuda de las herramientas de office y mediante Teams, estas prácticas tienen lugar en formato no presencial de acuerdo a la siguiente organización:

- En el canal de Teams asignado a cada grupo de matrícula el profesor inicia una reunión a la que se unen todos los alumnos.
- El profesor pasa lista a los asistentes y realiza un breve recordatorio sobre la práctica, en especial para aquellos que no hayan asistido.
- Si algún alumno tiene dudas de carácter general, se plantean en el canal, de forma que el profesor pueda resolverlas para toda la clase. Si existe alguna duda particular referente a los resultados de un equipo de trabajo, un componente

inicia una llamada con el profesor e invita al resto de miembros a la llamada. El profesor pone la reunión con toda la clase en espera mientras resuelve las dudas planteadas. Una vez finalizada la consulta particular del equipo de trabajo, todos retoman la conexión al canal general.

Al comienzo del curso se instruye a los alumnos en el uso de herramientas de trabajo colaborativo de Office365, a través de las cuales varios miembros de un equipo de trabajo pueden trabajar de forma simultánea en un mismo archivo.

5.3 Evento asociado al desarrollo de la COVID-19 durante el curso

Como particularidad de la presente innovación educativa, cabe destacar un acontecimiento inesperado asociado a la evolución de la pandemia que tuvo lugar durante el curso. En concreto, se produjo un brote de COVID-19 entre los universitarios residentes en un Colegio Mayor ubicado dentro del Campus de Vera de la UPV y sus contactos, lo cual conllevó la cancelación de la docencia presencial en el Campus de Vera durante dos semanas (5/10/2020 – 18/10/2020). Dichas semanas se correspondieron con la impartición de las PL3 y PL4, tal como se muestra en el cronograma original de la asignatura en la Figura 3a.

Debido a que cada memoria de prácticas constituye un 6% de la nota de la asignatura, y a que no existe un marco de adaptación de la guía docente para la situación sobrevenida, se optó por no cancelar las prácticas y reestructurar su organización. La organización de las prácticas PL3, PL4 y PI1 (de tratamiento de las PL3 y PL4), se reestructuró siguiendo el calendario que se presenta en la Figura 3b. Se decidió suprimir la PI1 asociada al tratamiento de datos de la PL3 y PL4. En sustitución de la PI, en la fecha asignada a la sesión de tratamiento de datos se realizó la PL3 de manera presencial. Por otro lado, la PL4 se realizó en la fecha inicialmente asignada, pero de manera *online* vía Teams, en la cual todos los miembros de cada equipo emplearon datos de cursos anteriores.

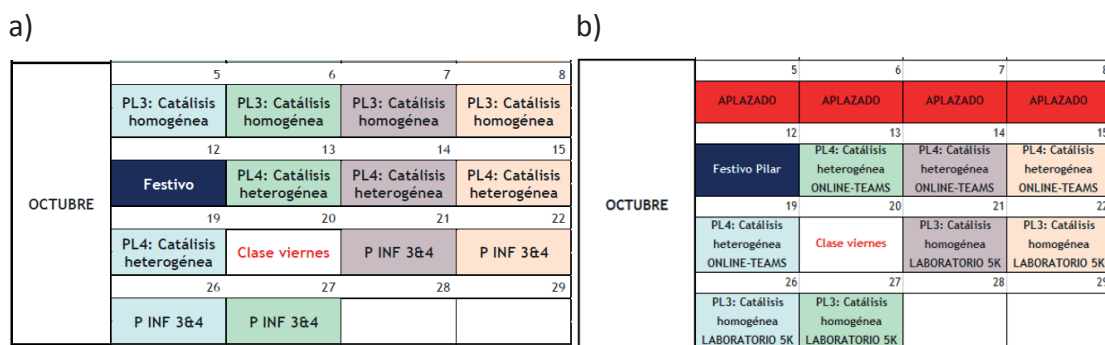


Figura 3. a) Calendario original de las prácticas referente al mes de octubre. b) Calendario adaptado al cierre presencial de la UPV durante dos semanas en el mes de octubre.

6. Seguimiento de los vídeos instructivos

Con el fin de evaluar el seguimiento de los vídeos por parte del alumnado, se extrajeron el número de visitas por semana a los vídeos de cada PL. La evolución de visitas se muestra en la Figura 4, organizada por semanas del cuatrimestre y por vídeo. En primer

lugar, cabe comentar que los vídeos se van activando de forma secuencial según tienen lugar las PL. Es decir, en la primera semana del curso se activa el vídeo correspondiente a la PL1, mientras que la semana siguiente se activa el vídeo correspondiente a la PL2, y así sucesivamente. En cuanto a la evolución temporal del número de visualizaciones, se observa como, por norma general, los vídeos son visualizados en mayor medida las semanas en que tiene lugar cada práctica. No obstante, puesto que, cada tres semanas tiene lugar la sesión de tratamiento de datos y que la entrega de las memorias de las 2 PL se establece cada cuatro semanas, también se aprecia cómo los vídeos correspondientes a cada pareja de prácticas son también visitados (o vuelven a ser visitados) durante un período aproximado de 4 semanas. Se debe destacar, que la PL4 fue la práctica con un número mayor de visualizaciones (con 110 visitas en una sola semana, semana 6). Este hecho coincide con el hecho de que la PL4 fue la única práctica que tuvo lugar en formato *online* para todo el alumnado debido a las restricciones por el brote de COVID-19 en el Campus de Vera de la UPV. Por tanto, es destacable que, los alumnos sienten una mayor necesidad de apoyarse en los materiales y vídeos dispuestos por el profesorado en el caso de que la docencia sea totalmente no presencial.

Por último, también se aprecia que durante la realización de los primeros parciales del cuatrimestre (semanas 8 y 9, en el que no se evalúa la asignatura Experimentación en Ingeniería Química II), se produce un descenso en el número de visualizaciones. Por el contrario, en la semana 16, previa al período de exámenes del segundo parcial (en que sí se evalúa la asignatura), y durante las dos semanas correspondientes al período de exámenes (semanas 17 y 18) se produce un aumento generalizado del número de visualizaciones de los 8 vídeos. Esta tendencia confirma que, los vídeos no solo sirven para compensar el trabajo no presencial en el laboratorio y para la realización de las memorias de prácticas, sino que también sirvieron de repaso y afianzamiento de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la asignatura.

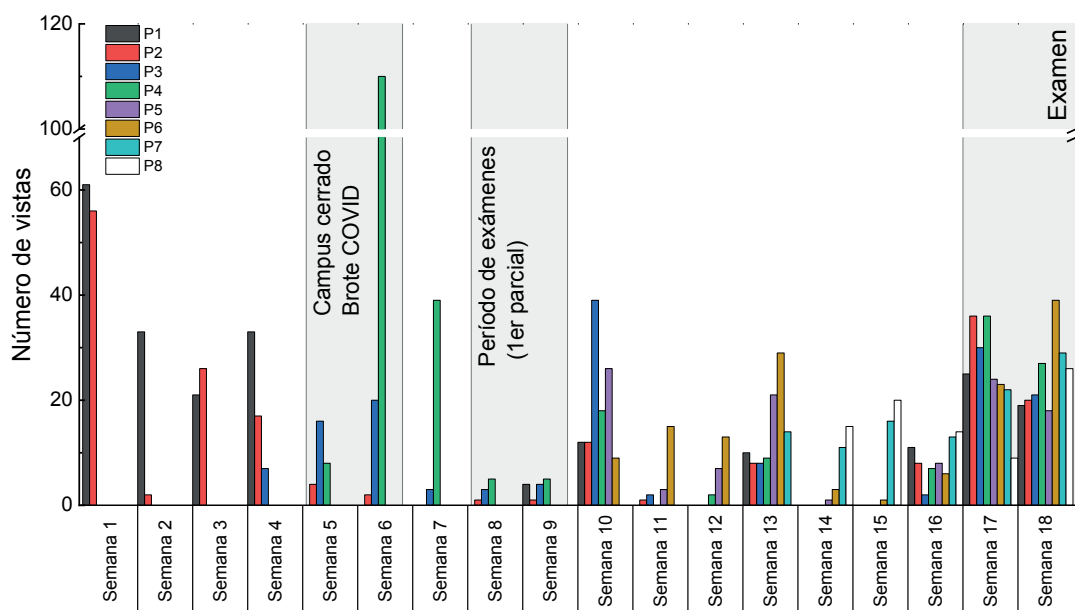


Figura 4. Número de visualizaciones de los vídeos a lo largo de las semanas del cuatrimestre.

7. Resultados de la encuesta y discusión

Una vez terminado el curso se realizó una encuesta al alumnado, voluntaria y anónima (vía Microsoft Forms), sobre las innovaciones introducidas y la estrategia seguida en la asignatura. La encuesta fue respondida por el 40% de los estudiantes, los resultados de la cual se recogen en la Tabla 2.

En general, los estudiantes consideraron de utilidad los vídeos de las prácticas (Pregunta 1). En cuanto a los vídeos que cada estudiante visualizó (Pregunta 2), el 41% asegura que solo vio los vídeos de las prácticas a las que no asistió, el 11% afirma que visualizó todos los vídeos, y el 44% no los vio para la realización de las memorias, pero admitió su interés en verlos para la preparación de los exámenes (dato que se confirmó a posteriori, como se puede observar en la Figura 4, semanas 16, 17 y 18).

Con respecto al tratamiento de datos (Pregunta 3), el 85% de los estudiantes afirma haber participado de manera equitativa en la realización de los informes previos y las memorias de todas las prácticas. La realización de las prácticas informáticas vía TEAMS es vista por la mayoría de los alumnos como la forma más segura de trabajar con los datos recabados en el laboratorio (Pregunta 4).

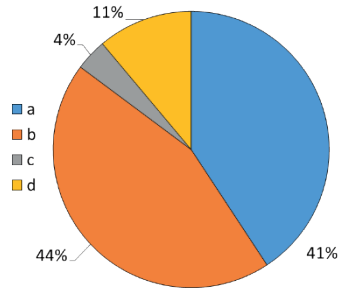
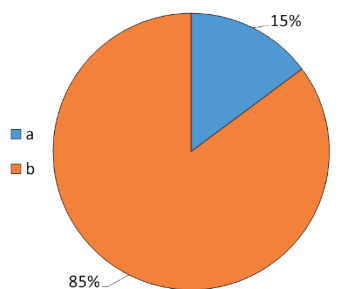
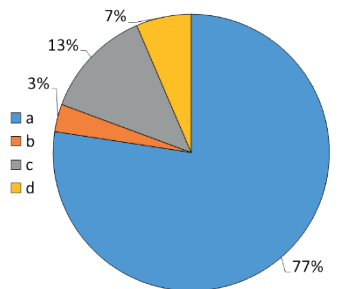
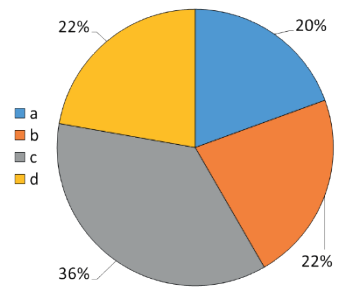
Por otro lado, el resto de las estrategias consideradas inicialmente (y descritas en el apartado 3) fueron presentadas a los alumnos en la encuesta para conocer su opinión. El 22% de los estudiantes hubieran preferido eliminar las PI y asistir a todas las PL, mientras que el 9% mostró su preferencia por la opción de realizar las sesiones prácticas por turnos. Las respuestas dadas por los alumnos ponen de manifiesto que la estrategia empleada tuvo una aceptación muy elevada (36%), además de confirmarse como una opción adecuada para adaptarse a la situación sanitaria, permitiendo formar a los alumnos en la gestión de procedimientos de experimentación aplicada bajo un contexto de docencia híbrida. Por último, cabe comentar que el alumnado considera que las medidas de seguridad adoptadas en el laboratorio fueron adecuadas y les permitió realizar trabajo experimental en el laboratorio de ingeniería química, sin sentirse desprotegidos ante la situación pandémica.

Tabla 2. Resultados de la encuesta realizada por los estudiantes.

Pregunta 1. ¿Te han sido de utilidad los vídeos de las prácticas (sección VídeoLAB)?									
<p>a. Sí, me han ayudado a comprender la parte experimental de las prácticas a las que no he asistido.</p> <p>b. Sí, aunque existen algunos conceptos que no me han quedado del todo claros en los vídeos.</p> <p>c. Considero que los vídeos son prescindibles, con el guion de la práctica es suficiente.</p>	<table border="1"> <caption>Data for Pie Chart: Pregunta 1</caption> <thead> <tr> <th>Opción</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>96%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table>	Opción	Porcentaje	a	96%	b	0%	c	4%
Opción	Porcentaje								
a	96%								
b	0%								
c	4%								

(Tabla 2, continúa en la página siguiente)

(Tabla 2, continúa de la página anterior)

Pregunta 2. En cuanto a la visualización de los vídeos...											
<p>a. Solo he visto los vídeos de las prácticas a las que no he asistido.</p> <p>b. Los he visto todos, también de las prácticas a las que he asistido, para reforzar conceptos.</p> <p>c. No he hecho mucho caso de los vídeos, en general.</p> <p>d. Para la realización de las memorias no los he visto, pero sí me servirán de cara a la preparación del examen.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Pregunta 2 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Option</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>44%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>11%</td> </tr> </tbody> </table>	Option	Percentage	a	41%	b	44%	c	4%	d	11%
Option	Percentage										
a	41%										
b	44%										
c	4%										
d	11%										
Pregunta 3. Sobre la realización de las memorias, informes previos, etc.											
<p>a. He hecho solo el trabajo correspondiente a las prácticas en las que asistí al laboratorio.</p> <p>b. En general, mi grado de participación en todas las prácticas ha sido similar.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Pregunta 3 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Option</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>85%</td> </tr> </tbody> </table>	Option	Percentage	a	15%	b	85%				
Option	Percentage										
a	15%										
b	85%										
Pregunta 4. Sobre la realización de las PI vía TEAMS:											
<p>a. Es una forma útil de trabajar en grupo sin que sea difícil mantener la distancia interpersonal de seguridad, además de evitar desplazamientos y posibles contagios.</p> <p>b. Las haría presenciales en aula de informática; vía TEAMS no se trabaja de forma eficiente.</p> <p>c. Esta alternativa me ha permitido trabajar en las mismas condiciones que mis compañeros, cuando debía estar confinado.</p> <p>d. Eliminaría las PI y dejaría solo las PL. Podemos tratar los datos sin necesidad de las sesiones PI.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Pregunta 4 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Option</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>77%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table>	Option	Percentage	a	77%	b	3%	c	13%	d	7%
Option	Percentage										
a	77%										
b	3%										
c	13%										
d	7%										
Pregunta 5. Si en lugar de realizar 8PL + 4PI, las 12 semanas del cuatrimestre se hubieran empleado en realizar 6 PL en dos turnos en semanas alternas (para cumplir con el aforo), eliminando con ello las 4 sesiones PI y la sección VídeoLAB...											
<p>a. Sólo 6 PL me parecería muy poco contenido para una asignatura experimental.</p> <p>b. Lo hubiera preferido, así habría asistido a todas las prácticas de laboratorio, aunque fueran solo 6.</p> <p>c. No me parecería bien eliminar las PI, han sido necesarias para realizar el tratamiento adecuado de los datos.</p> <p>d. Se pueden asimilar los conceptos de las 8PL asistiendo al 50%, y trabajando las otras 4 mediante los vídeos y el tratamiento de datos, sin necesidad de reducir el temario.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Pregunta 5 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Option</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>36%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>22%</td> </tr> </tbody> </table>	Option	Percentage	a	20%	b	22%	c	36%	d	22%
Option	Percentage										
a	20%										
b	22%										
c	36%										
d	22%										

(Tabla 2, continúa en la página siguiente)

(Tabla 2, continúa de la página anterior)

<p>Pregunta 6. Si se hubiera exigido la presencialidad a las 8PL, asegurando las normas de aforo mediante la organización por turnos dentro de una misma sesión:</p> <p>- La mitad del grupo realiza la primera parte de la práctica (de 15:15 h a 16:45 h).</p> <p>-La otra mitad del grupo finaliza la práctica en el segundo turno (de 16:45 h a 19:15 h).</p>											
<p>a. Hubiera habido conflicto acerca de quién acude a las 15:15 h y quién a las 16:45 h.</p> <p>b. Sería muy difícil cuadrar los tiempos de cada turno, pues cada persona necesita un tiempo diferente para realizar la parte experimental.</p> <p>c. Me parece una buena alternativa para que todos hubiéramos asistido a todas las prácticas.</p> <p>d. Prefiero asistir a 4PL, pero hacerlas enteras. Las otras las puedo seguir con los vídeos y a partir del tratamiento de datos.</p>	<table border="1"> <caption>Data for Question 6 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>47%</td> </tr> </tbody> </table>	Response	Percentage	a	9%	b	35%	c	9%	d	47%
Response	Percentage										
a	9%										
b	35%										
c	9%										
d	47%										
<p>Pregunta 7. ¿Qué opinas sobre las medidas de seguridad e higiene adoptadas en la asignatura?</p>											
<p>a. Son adecuadas, me he sentido suficientemente protegido.</p> <p>b. Son adecuadas, pero considero que alguna de ellas es exagerada.</p> <p>c. He echado en falta alguna medida.</p>	<table border="1"> <caption>Data for Question 7 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Response	Percentage	a	100%	b	0%	c	0%		
Response	Percentage										
a	100%										
b	0%										
c	0%										

La media de las calificaciones finales obtenidas por los alumnos durante el curso en el que se implantó la metodología de docencia híbrida fue 7.40, mientras en el curso anterior, la calificación final media fue 7.66. La calificación final descendió de un año a otro, pero no significativamente. Esta variación podría deberse, además del cambio de docencia 100% presencial a docencia híbrida, a otros factores como son el hecho de que se trate de grupos poblacionales distintos o a una merma en el nivel de conocimientos adquiridos durante el desarrollo de las asignaturas precedentes como consecuencia de la irrupción de la pandemia en el curso 2019-20.

En vista de los resultados obtenidos, la metodología empleada posibilitó la adaptación de una asignatura experimental a las restricciones relacionadas con la pandemia COVID-19. Las calificaciones obtenidas por los alumnos en la realización de los informes de prácticas y en el examen de evaluación final corroboran la utilidad de la metodología, pues no hay una diferencia significativa respecto a las calificaciones obtenidas en el curso anterior. Además, los vídeos instructivos han sido una herramienta tecnológica que ha servido como apoyo para el estudio y trabajo individual de los estudiantes. La disponibilidad de los vídeos ha permitido contrarrestar el inconveniente de no poder asistir presencialmente a la realización de todas las sesiones experimentales.

8. Conclusiones

El presente trabajo presenta una experiencia docente de adaptación de prácticas de laboratorio de ingeniería química a un formato de docencia híbrida. Esta innovación fue llevada a cabo con el fin de adaptar una asignatura de carácter 100% experimental y

con una carga muy elevada de prácticas de laboratorio durante el contexto de docencia semipresencial establecida en las universidades públicas valencianas durante el curso 2020-21. Tras evaluar diversas posibilidades de adaptación, el profesorado optó por asegurar el cumplimiento de las normas de aforo reducido en un laboratorio químico mediante la formación de equipos de trabajo entre los alumnos de cada grupo, dividiéndose a su vez cada equipo en dos mitades que se alternan la presencialidad en prácticas de laboratorio pares e impares. Con el fin de suplir la no presencialidad del alumnado en un 50% de las sesiones en el laboratorio, se desarrollaron vídeos explicativos sobre la experimentación llevada a cabo en el laboratorio. El seguimiento de las visualizaciones de estos vídeos, y las opiniones del alumnado demuestran un elevado nivel de aceptación por la estrategia de docencia híbrida escogida. Además, cabe comentar que el seguimiento de las visualizaciones permite al profesorado analizar patrones de “consumo” de los materiales ofertados al alumnado. El paso a un tipo de docencia completamente a distancia durante el un corto período de 15 días permitió observar un notable aumento en las visualizaciones de los vídeos de las prácticas, lo cual denota la elevada utilidad de estos materiales cuando existe una ausencia de presencialidad. Asimismo, los materiales creados son visitados de forma generaliza en el período preparatorio de los exámenes.

Anexo: Enlaces a los vídeos de las prácticas

PL1

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=52036910-ee24-11ea-a4fa-c73112eb846b>

PL2

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=6ada5960-f20e-11ea-b27b-15c1d2f844d1>

PL3

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=d44dd7d0-0561-11eb-9f3a-d189e1456f32>

PL4

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=38c79570-0a44-11eb-8233-3faee55bc74e>

PL5

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=7b4830a0-22ac-11eb-8c87-e70caadd47c7>

PL6

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=4b6de470-2742-11eb-9296-05fcb72d19f3>

PL7

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=2fdee200-340c-11eb-ae9e-937b912bc4a5>

PL8

<https://media.upv.es/player/embed.html?id=4c42aef0-3a2d-11eb-860b-0b6c360cd52f>

Referencias bibliográficas

- Babinčáková, M., Bernard, P. (2020). *Online experimentation during covid-19 secondary school closures: Teaching methods and student perceptions. Journal of Chemical Education, 97(9)*, 3295–3300. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00748>
- Balamuralithara, B., Woods, P.C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: the simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education, 17(1)*, 108–118. <https://doi.org/10.1002/cae.20186>
- Box, M.C., Dunnagan, C.L., Hirsh, L.A. S., Cherry, C.R., Christianson, K.A., Gibson, R.J., Wolfe, M.I., Gallardo-Williams, M.T. (2017). Qualitative and Quantitative Evaluation of Three Types of Student-Generated Videos as Instructional Support in Organic Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education, 94(2)*, 164–170. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00451>
- Córdoba-Díaz, D., Fraguas-Sánchez, A.I., Córdoba-Díaz, M., Aparicio-Blanco, J., Fernández-Carballido, A., Negro-Álvarez, S., Barcia-Hernández, E., García De, G.D., Minguillón, F., Torres-Suárez, A.I., Martín, C., Córdoba-Díaz, D., Fraguas-Sánchez, A.I., Córdoba-Díaz, M., Aparicio-Blanco, J., Fernández-Carballido, A., Negro-Álvarez, S., Barcia-Hernández, E., García, G.D., ... Martín-Sabroso, C. (2021). *Recursos para la virtualización de prácticas de laboratorio de materias de carácter tecnológico: aplicación y validación de los mismos en Tecnología Farmacéutica, 28*, 17–23. <https://doi.org/10.24215/18509959.28.e2>
- Domingues, L., Rocha, I., Dourado, F., Alves, M., Ferreira, E.C. (2010). Virtual laboratories in (bio)chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers, 5(2)*, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2010.02.001>
- Granjo, J.F. O., Rasteiro, M.G. (2018). LABVIRTUAL—A platform for the teaching of chemical engineering: The use of interactive videos. *Computer Applications in Engineering Education, 26(5)*, 1668–1676. <https://doi.org/10.1002/cae.22007>
- Granjo, J.F. O., Rasteiro, M.G. (2020). Enhancing the autonomy of students in chemical engineering education with LABVIRTUAL platform. *Education for Chemical Engineers, 31*, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.03.002>
- Kaplan, N., Vidhya, P., Gao, X.Z. (2021). Virtual Laboratory: A Boon to the Mechanical Engineering Education During Covid-19 Pandemic. *Higher Education for the Future, 8(1)*, 31–46. <https://doi.org/10.1177/2347631120970757>
- Kenney, J. (2021). *A Virtual Lab Format for Online Teaching During COVID-19*. 1–5.
- King, C.E., Trevino, C., Biswas, P. (2021). *Online Laboratory Experiment Learning Module for Biomedical Engineering Physiological Laboratory Courses. Biomedical Engineering Education, 1(1)*, 201–208. <https://doi.org/10.1007/s43683-020-00034-9>
- Lancashire, H., Vanhoestenbergh, A. (2021). Rapid Conversion of a Biomedical Engineering Laboratory from in Person to Online. *Biomedical Engineering Education, 1(1)*, 181–186. <https://doi.org/10.1007/s43683-020-00031-y>
- Nadelson, L.S., Scaggs, J., Sheffield, C., McDougal, O.M. (2015). Integration of Video-Based Demonstrations to Prepare Students for the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Science Education and Technology, 24(4)*, 476–483. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9535-3>

- Pena Martín, C., Crespo Villalba, M.B., Martínez Azorín, M., Alonso Vargas, M.Á., Villar García, J.L., Pérez Botella, J., Carrillo López, A.F. (2021). Adaptación de prácticas de laboratorio de Botánica a docencia on lin. In *Memòries del Programa de Xarxes-13CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària*.
- Prats Moya, M.S., Burgos Bolufer, N., Chraiteh, C.M., K, A.C., Maestre Pérez, S., Martínez Amoros, N., Martínez Rodríguez, A., Roca Olmos, D., Sanchez Albert, M., Torrijo Boix, S. (2021). Adaptación de prácticas en la asignatura Ciencia y Tecnología Culinaria a la docencia dual y/o online. En *Memòries del Programa de Xarxes-13CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària*.
- Schmidt-Mccormack, J.A., Muniz, M.N., Keuter, E.C., Shaw, S.K., 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/c7rp00078b>
- Sypsas, A., Kalles, D. (2018). Virtual laboratories in biology, biotechnology and chemistry education: A literature review. *ACM International Conference Proceeding Series*, 70–75. <https://doi.org/10.1145/3291533.3291560>
- Teo, T.W., Tan, K.C. D., Yan, Y.K., Teo, Y.C., Yeo, L.W. (2014). How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 550–567. <https://doi.org/10.1039/c4rp00003j>
- Vizoso-Vázquez, Á., Rodríguez_Torres, A.M., Freire-Picos, M.Á. (2021). *Adaptación de la docencia práctica de materias de Bioquímica en tiempos de la pandemia por el Covid-19*. 433–442. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498180.433>