

Prácticas de laboratorio de Ampliación de Química en modalidad a distancia

Chemistry laboratory practices in remote teaching

Mónica Montoya¹, Iciar Pablo-Lerchundi², Fabio Revuelta³, Patricia Almendros⁴

¹ Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Autónoma de Madrid monica.montoya@upm.es

² Universidad Politécnica de Madrid iciar.depablo@upm.es

³ Universidad Politécnica de Madrid fabio.revuelta@upm.es

⁴ Universidad Politécnica de Madrid p.almendros@upm.es

Recibido: 5/5/2023

Aceptado: 20/10/2023

Copyright ©

Facultad de CC. de la Educación y Deporte.

Universidad de Vigo



Dirección de contacto:

Mónica Montoya

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Agronómica, Alimentaria y de

Biosistemas

Universidad Politécnica de Madrid

Av. Puerta de Hierro 2-4

28040 Madrid

Resumen

Las prácticas de laboratorio se hacen imprescindibles en las titulaciones universitarias científico-tecnológicas, especialmente en asignaturas de ciencias experimentales como la Química. En el laboratorio se potencian competencias específicas de la asignatura y competencias transversales como la autonomía o el trabajo en equipo. Sin embargo, la crisis epidemiológica por la COVID-19 ha impulsado una gran adaptación del sistema educativo a la modalidad a distancia, tanto de las clases teóricas, como de las prácticas de laboratorio. En este contexto, en la asignatura de Ampliación de Química para el Grado en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Madrid se rediseñaron las prácticas de laboratorio, comparando este trabajo tres modalidades utilizadas en cursos sucesivos: presencial (año pre-pandémico), on-line (año pandemia) e híbrida (año post-pandémico). Los resultados muestran que las prácticas a distancia produjeron mejores calificaciones y redujeron la tasa de absentismo, aunque el formato digital utilizado resultó poco estimulante. Dadas las ventajas observadas, el uso de laboratorios virtuales podría ser una alternativa al modelo presencial empleado tradicionalmente.

Palabras clave

Química, Enseñanza Superior, Trabajos Prácticos, Laboratorio

Abstract

Laboratory practices are cornerstones in scientific-technological university degrees, especially in subjects of experimental sciences like Chemistry. The laboratory increases the specific competences associated with the corresponding subject as well as other transversal competences, such as autonomous or teamwork. However, COVID-19 pandemic has forced a dramatic adaptation of the educational systems to on-line teaching, not only of the theory lectures but also of the laboratory practices. Within this context, the laboratory practices of the module Extension of Chemistry (Ampliación de Química) of the Degree in Biotechnology of the Universidad Politécnica de Madrid were redesigned, comparing this work the three alternatives that were implemented over three academic courses: presential (pre-pandemic term), on-line (pandemic term) and hybrid (post-pandemic term). The results show that off-site

laboratory practices rendered better qualifications and reduced the absenteeism rate, though the digital format was not particularly exciting. Due to the observed advantages, virtual laboratories can well be a suitable alternative to traditional on-site laboratory practices.

Key Words

Chemistry, Higher Education, Laboratory Practices, Laboratory

1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio son una parte esencial de la enseñanza en las titulaciones universitarias de las ramas de conocimiento de ciencias e ingeniería. Esta parte práctica de los planes de estudio tiene como objetivo que los estudiantes complementen la información proporcionada en las clases teóricas mediante la materialización de los conocimientos adquiridos en laboratorios equipados a través de la realización de ejercicios prácticos en relación con el perfil profesional (Sáenz et al., 2015). Además, les permite poner en práctica y ensayar el método científico. Asimismo, se pretende que el estudiante desarrolle competencias generales y transversales como son el trabajo autónomo y ordenado o el trabajo en equipo. El desarrollo de las prácticas de laboratorio, generalmente, se ha llevado a cabo de forma presencial. Sin embargo, la crisis epidemiológica provocada por la COVID-19 obligó a realizar cambios, suponiendo esta modificación, por tanto, un reto para toda la comunidad educativa. Según la UNESCO, gobiernos de casi 200 países decretaron la suspensión de la enseñanza presencial en todos los niveles educativos, entre ellos el Gobierno de España (O'Hagan, 2020; Real Decreto 463, 2020). Según esta organización internacional, el 91% de los estudiantes se vieron afectados a nivel mundial por la pandemia, al igual que más de 60 millones de docentes que tuvieron que adaptarse de una forma rápida a la nueva situación planteada (IESALC-UNESCO, 2020). De este modo, aprovechando las posibilidades que hoy ofrecen las tecnologías digitales, se implementó un sistema educativo a distancia (García Aretio, 2020). Según las condiciones histórico-sociales, los docentes han ido utilizado nuevas metodologías y transformando su forma de enseñar, y esto mismo se observó durante el inicio de la actual pandemia, donde el profesorado se enfrentó a diversos retos al impartir clases en línea y dar un giro a su práctica educativa (García García, 2020; Ruiz-Galende et al., 2021; 2022). De este modo, la crisis sanitaria obligó a la búsqueda acelerada de soluciones innovadoras de las instituciones educativas, lo que puede presentarse como una oportunidad de aprovechar estos recursos en períodos posteriores (Tam y El-Azar, 2020).

En el área de la Química, la presencialidad se hace imprescindible en las prácticas de laboratorio debido a la importancia que adquiere sobre sus resultados el manejo de los equipos, el seguimiento de protocolos estandarizados, desarrollo de hábitos de seguridad, etc. Sin embargo, la crisis del coronavirus obligó a readaptar el segundo semestre del curso 2019/2020 a la no presencialidad y a implementar en el curso 2020/2021 una "presencialidad adaptada", fundamentada en la modalidad a distancia o modalidad híbrida, combinando clases a distancia con docencia presencial (Martín-Núñez et al., 2022). Esto hizo necesario llevar la enseñanza a entornos virtuales, mediante el uso de vídeos producidos por el profesorado o el uso de la videoconferencia para clases de teoría

síncronas (De la Torre et al., 2013; Vary, 2020). Aunque esta metodología de enseñanza-aprendizaje supuso un reto para el sistema universitario, también se convirtió en una oportunidad. La ventaja de esta modalidad a distancia radica en una disminución de costes para la Universidad debido a la menor necesidad de infraestructura. Algunas de las metodologías *on-line*, como los laboratorios virtuales, ya se estaban empleando con anterioridad a la pandemia en las prácticas de laboratorio (Lara Ramírez et al., 2022), puesto que su uso está ampliamente extendido en varias áreas de conocimiento (Rodríguez García et al., 2021; Santiago y Pulido-Melián, 2020; Universidad Europea, 2022) entre ellas, la Química (GRAÓ, 2022; Universidad Politécnica de Madrid, 2022) y la Biotecnología (Universidad Pablo de Olavide, 2020). Con los laboratorios virtuales se han obtenido buenos resultados de aprendizaje y un alto grado de satisfacción por parte del alumnado (Monge y Méndez, 2012). Sin embargo, el escenario COVID-19 en el cual se implantó la docencia a distancia, en ocasiones sin que existieran las condiciones pedagógicas para hacerlo, desembocó en un peor rendimiento académico (Cifuentes-Faura, 2020; García-Peñalvo et al., 2020; Area Moreira et al., 2020).

En este contexto, en las prácticas de laboratorio de la asignatura básica de Ampliación de Química se implementó la docencia práctica a distancia, buscando facilitar la adquisición de competencias por parte del alumnado en una situación adversa y sin penalizar los resultados de aprendizaje. Esta asignatura se encuentra enmarcada dentro del Módulo Básico del Grado en Biotecnología de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Se trata de una asignatura obligatoria, impartida en el segundo semestre del primer curso del grado, con una carga de 6 ECTS, lo que supone un total de 162 horas de trabajo por parte del alumnado (60 horas de trabajo presencial, de las cuales 10 horas se asignan a enseñanza en laboratorio, y 102 horas de trabajo no presencial). La asignatura se compone de un total de 8 temas, 5 de los cuales están relacionados con las prácticas de laboratorio (Tabla 1). La parte práctica en laboratorio pretende reforzar la formación de los estudiantes potenciando el desarrollo de habilidades y destrezas adicionales, la familiarización con el trabajo de laboratorio, la instrumentación y los métodos experimentales. Además, el trabajo de laboratorio complementa la docencia teórica, permitiendo una aplicación de los principales contenidos. Las prácticas de laboratorio se realizan comúnmente de forma presencial, al igual que las clases teóricas, sin embargo, debido a la situación epidemiológica asociada al COVID-19, dichas prácticas de laboratorio tuvieron que ser adaptadas para realizarse a distancia durante el curso 2019/2020 y adaptadas a la “nueva normalidad” en el curso 2020/2021.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. A continuación, en el apartado 1, se presentan los objetivos y la metodología. Los apartados 2 y 3 recogen los resultados de nuestro estudio, así como su discusión. Finalmente, el trabajo termina con las principales conclusiones alcanzadas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de las diferentes modalidades desarrolladas en la parte experimental de la asignatura durante tres cursos sucesivos: pre-COVID (2018/19, docencia tradicional, consistente en prácticas de laboratorio presenciales); COVID (2019/20, docencia totalmente a distancia) y post-COVID (2020/21, combinación de ambas modalidades), en la tasa de aprobados y rendimiento, la tasa de abandono y la satisfacción del alumnado. Esto nos permite evaluar el impacto de la COVID-19 en el proceso de enseñanza-aprendizaje, analizando la modalidad docente empleada: totalmente presencial, totalmente a distancia o modelo híbrido.

2.2 Muestra

El estudio se compone de una muestra de 101, 104 y 99 estudiantes matriculados en 1º de grado en Biotecnología en los cursos pre-COVID (2018/19), COVID (2019/20) y post-COVID (2020/21), respectivamente. El porcentaje de mujeres y hombres de la muestra fue de 65% y 35%, respectivamente, en promedio de los tres cursos. El alumnado, independientemente del curso académico, puede considerarse heterogéneo respecto a adquisición de conocimientos, participación y motivación. Además, estos estudiantes han tenido poca experiencia previa en el trabajo en laboratorio, únicamente la llevada a cabo en el primer semestre del curso académico.

2.3 Procedimiento e instrumentos

En los cursos pre-COVID (2018/19) y post-COVID (2020/21) las prácticas de laboratorio se realizaron de forma presencial, la empleada habitualmente, en 5 sesiones de 2 horas cada una, llevándose a cabo un total de 10 prácticas (Tabla 1). Además, los estudiantes dispusieron de un guion explicativo de cada una de las prácticas que se iban a realizar, el cual debían leer antes de la realización de la misma en el laboratorio. En el curso post-COVID las prácticas presenciales se complementaron adicionalmente con vídeos explicativos en laboratorio de las mismas (Figura 1), donde los profesores de la asignatura realizaban la práctica paso a paso en el laboratorio. Los vídeos tenían una duración máxima de 10 minutos y estaban disponibles en la plataforma Moodle una semana antes del inicio de la práctica en el laboratorio, para que los estudiantes tuvieran tiempo suficiente de visualizarlos antes de su realización en la sesión presencial. En este curso, además, se pidió al alumnado que respondiera a una encuesta de satisfacción que constaba de un total de 14 preguntas, doce de ellas de escala Likert con 10 niveles, una dicotómica (sí/no) y una pregunta abierta, para valorar el material utilizado, la metodología y posibles propuestas de mejora.

	Prácticas Realizadas	Temas
Sesión 1	P.1. Propiedades anfotéricas de los aminoácidos. Determinación de los pKa de un aminoácido. P.2. Preparación de disoluciones <i>buffer</i> usadas en biotecnología.	T.2. Equilibrio ácido-base
Sesión 2	P.3. Preparación de disoluciones ácido-base de distinto pH: disoluciones <i>buffer</i> . P.4. Determinación del punto isoelectrico de una proteína.	T.2. Equilibrio ácido-base
Sesión 3	P.5. Estudio de reacciones de oxidación-reducción implicadas en la cuantificación de vitamina C en complejos vitamínicos y medicamentos. P.6. Variación del poder rotatorio de enantiómeros con el pH en biomoléculas. P.7. Determinación del hierro (III) de un medicamento mediante una volumetría de oxidación-reducción.	T.3. Equilibrio redox
Sesión 4	P.8. Preparación de oxalato de calcio: estudio de reacciones de formación de precipitados, oxidación-reducción, ácido-base y formación de complejos. P.9. Formación de quelatos estables: aplicación a la determinación de cationes metálicos en fármacos.	T.4. Equilibrio en disolución de formación de precipitados. T.5. Equilibrio en disolución de formación de complejos.
Sesión 5	P.10. Preparación y propiedades de las disoluciones coloidales. Estabilidad. Geles	T.8. Dispersiones coloidales

Tabla 1. Prácticas realizadas en cada una de las sesiones de la asignatura de Ampliación de Química



Figura 1. Capturas de pantalla de uno de los vídeos explicativos en laboratorio de las prácticas empleados en el curso 2020/21

En el curso COVID (2019/20), derivado de la situación pandémica, las prácticas de laboratorio tuvieron que ser adaptadas a la situación sobrevenida del confinamiento y

como consecuencia se implementaron en modalidad totalmente a distancia. Para llevar a cabo estas prácticas no-presenciales se crearon una serie de vídeo-tutoriales (Figura 2) con una duración máxima de 10 minutos a los que los estudiantes podían acceder a través de la plataforma Moodle. Estos vídeo-tutoriales constaban de una presentación de *Power Point* con un audio explicativo para cada una de las 10 prácticas, que estaban divididas en 5 sesiones. Los estudiantes tuvieron los vídeos disponibles durante dos semanas, al mismo tiempo que en las clases teóricas *on-line* se trataban los temas asociados con las distintas prácticas. Al igual que en el curso post-COVID, se pidió al alumnado que respondiera una encuesta de satisfacción que constaba de un total de 11 preguntas, siete de ellas de escala Likert con 4 niveles, tres dicotómicas (sí/no) y una de respuesta múltiple, para valorar el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje.

The image shows a screenshot of a video tutorial slide. At the top, there are logos for 'E.T.S.I. AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS' and 'UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID'. The main title is 'SESIÓN III. PRÁCTICAS DE AMPLIACIÓN DE QUÍMICA GRADO EN BIOTECNOLOGÍA 2019/2020'. Below this, there is a section titled 'Procedimiento Experimental' with four numbered steps: 1. Weighing 525 mg of a tablet and adding 20 ml of H₂O₂ and distilled water. 2. Diluting the mixture to 25 ml. 3. Adding MnO₄⁻ to a flask on a stand. 4. Final setup of the flask on a stand.

Figura 2. Capturas de pantalla de uno de los vídeos-tutoriales de las prácticas a distancia empleados en el curso 2019/20

Para la evaluación de las prácticas, que fue igual en los tres cursos, los alumnos debían cumplimentar un informe de prácticas tras la finalización de cada una de las sesiones, que debía ser entregado en una fecha concreta. De la nota media de estos 5 informes se obtuvo una calificación final de prácticas que suponía un 10% de la nota final de la asignatura. Además, en el examen de la convocatoria ordinaria se incluyó una pregunta relacionada con las prácticas de laboratorio. En el curso 2019/20, debido al cierre de los centros educativos, el examen se realizó en formato *on-line* con un tiempo muy ajustado, sin posibilidad de regresar de nuevo a una pregunta anterior. Durante esta prueba, los alumnos debían tener la cámara del ordenador conectada en todo momento.

2.4 Análisis de datos

Para el análisis de los datos se han tenido en cuenta la nota de la pregunta de prácticas en el examen de la convocatoria ordinaria, la nota final de dicho examen, la nota final de prácticas y la de la asignatura. Para comparar las notas (de prácticas, pregunta de prácticas, nota del examen en la convocatoria ordinaria y nota de la asignatura) en los tres cursos académicos se ha visto que las distribuciones de probabilidad acumuladas se ajustan a una distribución de Weibull. Se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) y test de separación de medias (Test LSD; $p < ,05$) para determinar la existencia de diferencias significativas entre la tasa de aprobados, rendimiento y abandono para las distintas metodologías empleadas, utilizando el software *Statgraphics-Plus 5.1* (Manugistic Inc., Rockville, MD, USA).

3. RESULTADOS

3.1 Influencia de la modalidad de impartición de prácticas en las distintas calificaciones de la asignatura

Como hemos mencionado anteriormente, la evaluación del grado de adquisición de las competencias específicas que se deben alcanzar en las prácticas de la asignatura de Ampliación de Química se llevó a cabo de dos formas. Por un lado, los estudiantes tuvieron que entregar los informes correspondientes a cada una de las sesiones de prácticas, calculándose la nota de acuerdo a la media de estos 5 informes presentados. En el curso 2019/20 (COVID) hubo una mayor proporción de estudiantes con notas finales de prácticas superiores a 8 puntos sobre 10 (92,3%) que en los cursos anterior (82,8%) y posterior (85,3%) aunque estadísticamente no se observaron diferencias significativas respecto a la nota media entre los tres cursos académicos analizados (Figura 3a).

Por otro lado, además de la evaluación de las prácticas a través de informes, el examen ordinario de la asignatura incluyó una pregunta sobre el contenido trabajado en las prácticas de laboratorio. En los cursos pre-COVID y COVID, el 59,6% y 79,2% de los estudiantes obtuvieron, al menos, la mitad de la puntuación en la pregunta de prácticas del examen, respectivamente. Sin embargo, en el curso post-COVID únicamente el 8,2% de los estudiantes obtuvo esa calificación en dicha pregunta (Figura 3b). Por otro lado, si se estudia la relación entre la nota obtenida en esa pregunta específica de prácticas en el examen y el resto de las preguntas del examen, se observa que en el caso del curso post-COVID solo un 4,1% de los estudiantes obtuvieron una nota más alta en la pregunta específica de prácticas que en el resto de las preguntas, frente al 40-50% de los estudiantes de los cursos pre-COVID y COVID. Estos resultados muestran que los alumnos del curso post-COVID tuvieron mayores dificultades con la parte práctica de la asignatura que el resto de los cursos. En el curso COVID el 91,7% de los estudiantes superaron la asignatura, mientras que en los otros dos cursos el porcentaje medio de estudiantes que superaron la asignatura fue del 67,7%, obteniéndose los peores resultados en el curso post-COVID (Figura 3c).

Respecto a la nota final de la asignatura, se observa una tendencia similar (Figura 3d) en el curso pre-COVID (nota media de 6,6) y en el curso COVID (nota media de 6,8) y una disminución de la misma ($p < ,05$) en el curso post-COVID (nota media de 5,9).

Además, el número de estudiantes que no superaron la asignatura disminuyó significativamente hasta un 10,1% en el curso COVID mientras que supuso el 19,0% y el 27,1% del alumnado suspenso en los cursos pre-COVID y post-COVID, respectivamente. Por otro lado, la tasa de absentismo, calculada como la proporción de estudiantes matriculados en la asignatura menos los estudiantes que se han presentado al examen frente al total de matriculados, disminuyó durante el curso COVID (0,08) respecto a los otros dos cursos (0,13 en promedio, $p > 0,05$).

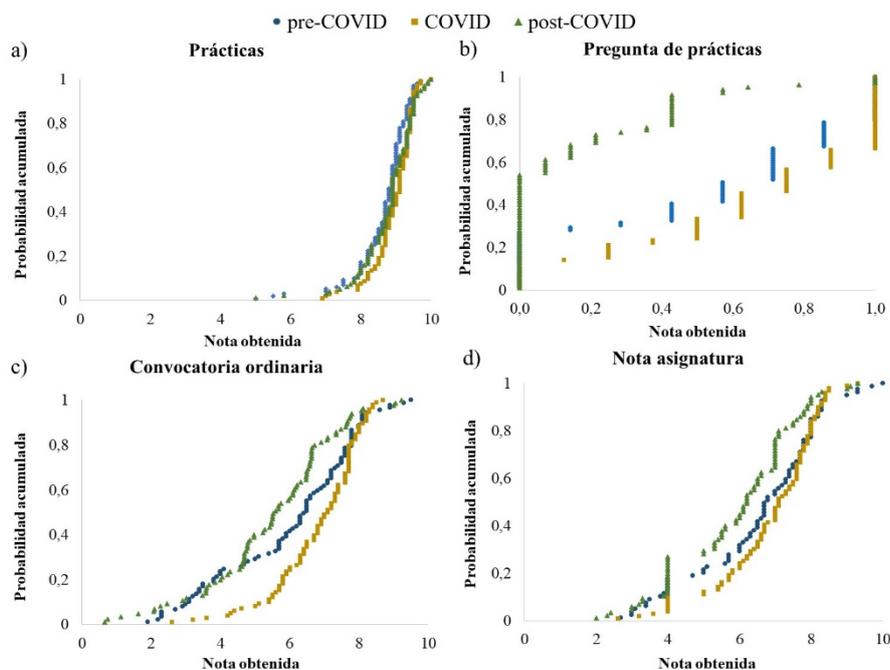


Figura 3. Distribución de probabilidad acumulada en función de a) la nota final de prácticas, b) la nota de la pregunta de prácticas en el examen (sobre 1 punto, valor de la pregunta de prácticas en el examen), c) la nota de la convocatoria ordinaria, y d) la nota final de la asignatura para los cursos 2018/19 (pre-COVID), 2019/20 (COVID) y 2020/21 (post-COVID)

3.2 Satisfacción de los alumnos con el desarrollo de las prácticas

Los resultados recogidos de las encuestas en el curso 2019/20 (COVID) mostraron que, en general, los estudiantes estaban satisfechos con las actividades realizadas. Sin embargo, los estudiantes también indicaron que las prácticas a distancia les resultaron poco estimulantes y que éstas incidieron poco en su aprendizaje, obteniendo una puntuación de menos de 4 puntos en ambos cursos (Figura 4 y Tabla 2). Además, consideraron que el grado de utilidad era escaso, mostrando una puntuación menor de 2 puntos.

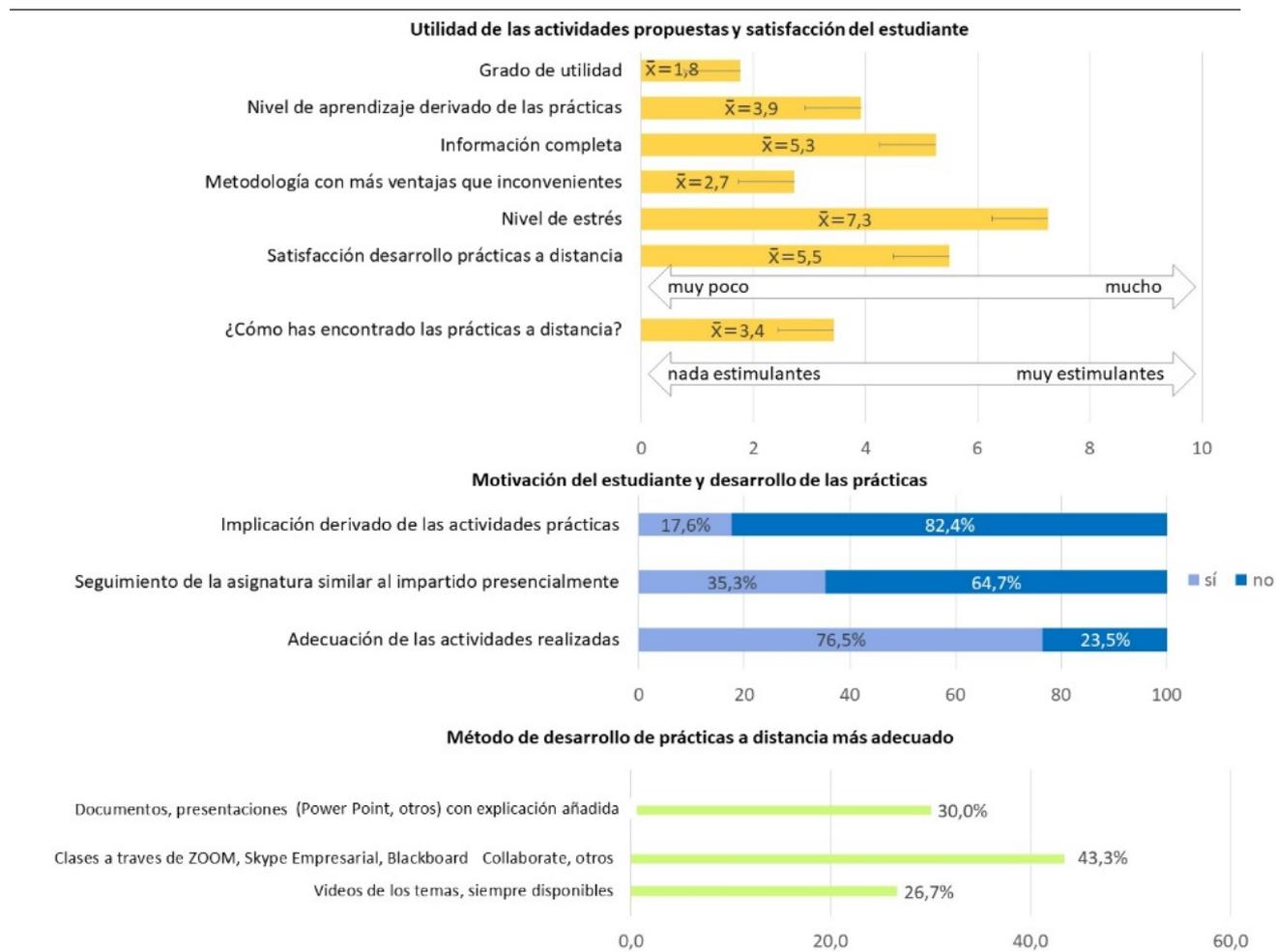


Figura 4. Respuestas a la encuesta de los alumnos que siguieron las prácticas a distancia en el curso 2019/20 durante el confinamiento por la COVID-19

En el curso 2020/21 (post-COVID) también se realizó una encuesta a los estudiantes, aunque esta se adaptó a la modalidad empleada para la obtención de información más completa. Respecto a los resultados recogidos, se observa que, en general, los estudiantes estaban bastante satisfechos con las actividades realizadas (Figura 5 y Tabla 2), ya que las encontraron útiles y estimulantes y consideraron que habían influido positivamente en su aprendizaje. Este porcentaje de satisfacción aumentó considerablemente, pasando de 5,5 a 7,3 puntos sobre 10 respecto al curso anterior, en el que solo se utilizaron videotutoriales. Los resultados de las encuestas del curso post-COVID también indicaron que la utilidad de los vídeos era adecuada respecto a la opinión de los alumnos del curso COVID. Sin embargo, aunque el 67,1% de los estudiantes visualizaron más de la mitad de los vídeos, consideraron que los vídeos empleados en esta modalidad tuvieron poca influencia en el éxito en la pregunta de prácticas del examen. Los estudiantes también indicaron que la modalidad híbrida utilizada en el curso post-COVID presentó una mejora respecto a la modalidad tradicional de solo prácticas presenciales (6,9 puntos) y solo vídeos (8,9 puntos), modalidades empleadas en los dos cursos anteriores pre-COVID y COVID, respectivamente. Por otro lado, dentro de las posibilidades de mejora propuestas en las encuestas, los estudiantes informaron de que no existía sincronía temporal entre las clases de teoría y las prácticas de laboratorio. Por otro lado, comparando el nivel de estrés

entre los cursos COVID y post-COVID, observamos que ha sido similar (7,3 y 7,0 respectivamente), independientemente de la metodología de prácticas aplicada (Figuras 4 y 5).

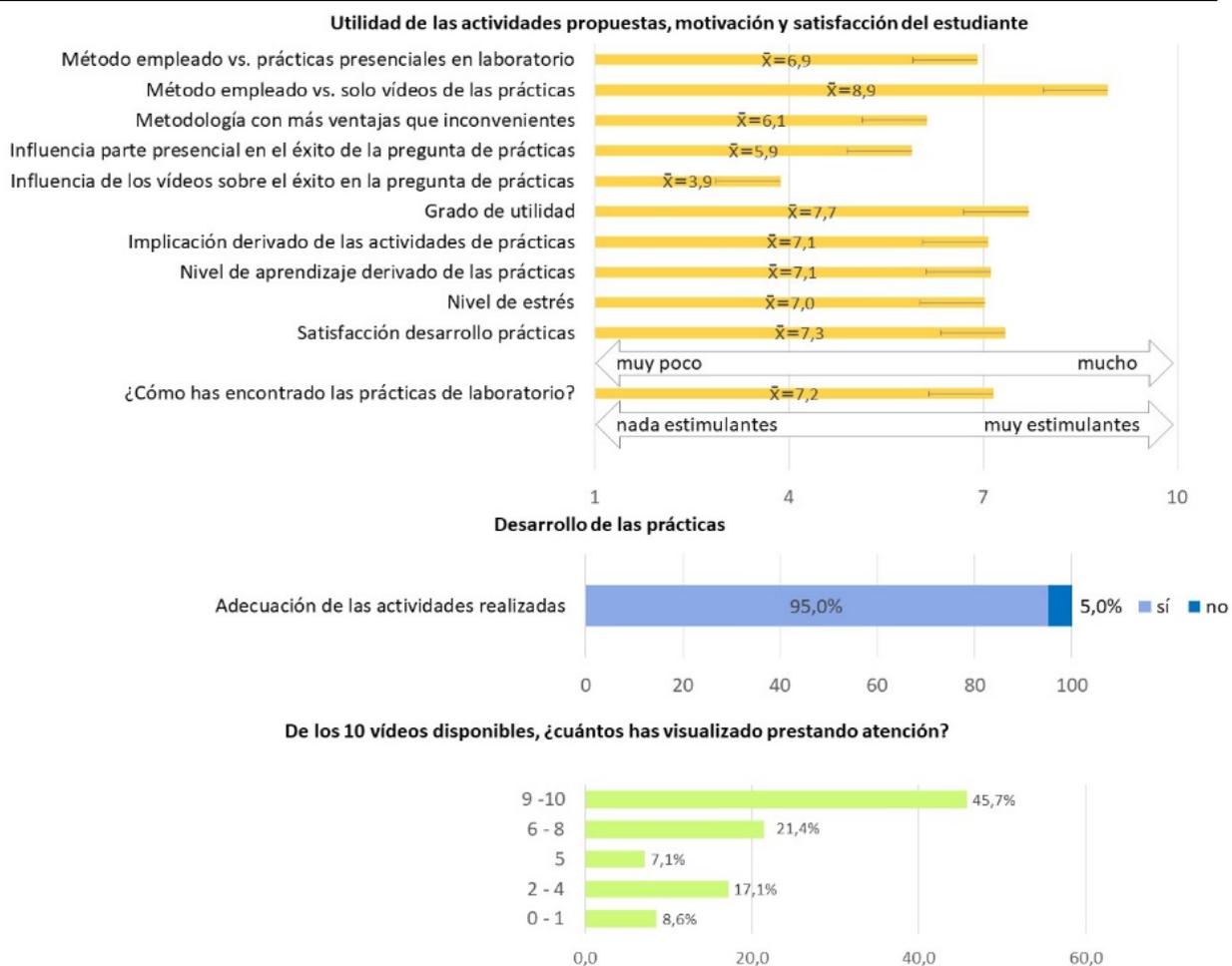


Figura 5. Respuestas a la encuesta de los estudiantes que han realizado las prácticas a través de la modalidad de prácticas presenciales y vídeos explicativos en laboratorio siempre disponibles en el curso 2020/21, post-COVID

2019/20 (COVID)	2020/21 (POST-COVID)
1. ¿Qué grado de utilidad pueden tener las prácticas realizadas a distancia?	1. Consideras que este método ha supuesto una mejora respecto a solo prácticas presenciales en laboratorio
2. ¿Cuánto han incidido las prácticas a distancia realizadas en tu aprendizaje?	2. Consideras que este método ha supuesto una mejora respecto a solo vídeos de la realización de la práctica
3. ¿Consideras que la información proporcionada en cada una de las prácticas era completa?	3. ¿Esta metodología de prácticas tiene más ventajas que inconvenientes?
4. ¿Esta metodología de prácticas a distancia tiene más ventajas que el método presencial?	4. ¿En qué medida la parte presencial de prácticas en laboratorio ha influido en el éxito en la pregunta de prácticas?
5. ¿Qué nivel de estrés has sentido?	5. ¿En qué medida la parte de vídeos de prácticas ha influido en el éxito en la pregunta de prácticas del examen?
6. En general, ¿estás satisfecho/a con el desarrollo de las prácticas a distancia?	6. ¿Qué grado de utilidad pueden tener las prácticas realizadas?
7. ¿Cómo has encontrado las prácticas a distancia?	7. ¿Cuánto han hecho que te impliqués en la asignatura las actividades planteadas en las prácticas?
8. ¿Crees que las actividades planteadas en las prácticas han hecho que te impliqués más en la asignatura?	8. ¿Cuánto han incidido las prácticas de laboratorio realizadas en tu aprendizaje?
9. ¿Las prácticas a distancia te han ayudado a seguir esta parte de la asignatura como si se estuviese impartiendo en un modo presencial?	9. ¿Qué nivel de estrés has sentido?
10. ¿Has encontrado adecuadas las actividades realizadas a través de esta modalidad?	10. En general, ¿estás satisfecho/a con el desarrollo de las prácticas de laboratorio?
11. ¿Qué otro método de desarrollo de prácticas a distancia consideras más adecuado al empleado?	11. ¿Cómo has encontrado las prácticas de laboratorio?
	12. ¿Has encontrado adecuadas las actividades realizadas a través de esta modalidad?
	13. De los 10 vídeos disponibles, ¿cuántos has visualizado prestando atención?

Tabla 2. Preguntas completas de las encuestas de los cursos 2019/20 (COVID) y 2020/21 (post-COVID)

4. DISCUSIÓN

En este trabajo se analiza el efecto del desarrollo de prácticas de laboratorio en modalidad a distancia respecto al formato tradicional presencial, tanto durante la situación epidemiológica ocasionada por la COVID-19, que se desarrolló en un contexto excepcional de alta incertidumbre, como durante el curso 2020/21, en el que comenzó a reestablecerse la situación pre-pandémica. Nuestros resultados sugieren que la modalidad de prácticas no presencial empleada incrementó la tasa de rendimiento y disminuyó la de absentismo, mientras que se observó una disminución en el número de estudiantes que superaron la asignatura en el curso post-COVID (Figura 3c). Esto podría deberse al efecto de la pandemia durante los estudios de Bachillerato que dan acceso a la Universidad. Díez-Gutiérrez y Gajardo-Espinoza (2020a) informaron de la controversia existente sobre política educativa entre las distintas administraciones respecto a la forma de evaluar el tercer trimestre de Bachillerato en el marco pandémico. Respecto a las notas medias de prácticas, no se observaron diferencias entre las dos modalidades. Lebrón et al. (2021)

tampoco observaron diferencias significativas entre las notas medias de prácticas desarrolladas en modalidad presencial y las realizadas a distancia, aunque estos autores, por el contrario, sí que vieron una tendencia de calificaciones más altas en modalidad presencial. Además, para conseguir las competencias esenciales evaluadas de la asignatura se observó que no fue necesaria la presencialidad, lo que coincide con lo indicado por estos autores. Sin embargo, en otros estudios se han observado resultados contrarios. Por ejemplo, Fojtík (2018) sugirió que la poca experiencia de los estudiantes en esta modalidad de enseñanza a distancia resultó en la obtención de peores resultados que si se llevase a cabo de forma tradicional (presencial). Aunque con ambas modalidades se pueden obtener competencias específicas como son la capacidad de análisis y síntesis o la resolución de problemas (Niculcara et al., 2009), la competencia específica de manejo de instrumental de laboratorio y equipos, parte esencial para el perfil profesional de las titulaciones de ciencias, únicamente se puede obtener con la metodología presencial (Cifuentes-Faura, 2020; Mengascini et al., 2004). En este sentido, Díez-Gutiérrez y Gajardo-Espinoza (2020b) indicaron que, aunque las tecnologías digitales son una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de la enseñanza, no son una alternativa completamente efectiva a la educación presencial.

Respecto a la satisfacción de los estudiantes en las distintas modalidades de prácticas, cabe destacar que el alumnado estaba satisfecho con el desarrollo de las mismas pero que la modalidad de prácticas a distancia (curso COVID) les resultó poco estimulante, lo que disminuyó su motivación. Boggess (2020) observó que es necesario que el profesorado haga un diseño adecuado de los materiales que se van a emplear y que se adapten adecuadamente a la forma de enseñanza establecida. En nuestro caso de estudio, esta metodología tuvo que implantarse de una manera rápida y sin experiencia previa debido a la situación pandémica sobrevenida. Estos resultados coinciden con los observados por Cifuentes-Faura (2020) y Van de Vord, (2010) los cuales sugieren que para que el aprendizaje a distancia sea efectivo, es necesario un tiempo de preparación y adaptación por parte del sistema educativo. Además, nuestros resultados demuestran que los estudiantes consideran que esta modalidad de prácticas a distancia es menos útil que la asistencia a prácticas presenciales o su realización en forma de clases on-line a través de plataformas digitales como, por ejemplo, *Zoom*. Sin embargo, es necesario tener en cuenta el factor de fatiga referida a la réplica síncrona a través de la pantalla en una clase presencial, lo que se conoce como “fatiga *Zoom*” (Wiederhold, 2020). En el curso post-COVID (modalidad híbrida), más del 70% de los estudiantes visualizaron los vídeos de las prácticas previamente a la asistencia al laboratorio. Esta visualización de los vídeos previa a la sesión práctica en el laboratorio permite que el nivel de conocimientos al inicio de la sesión sea más homogéneo (Hinojo Lucena et al., 2019; Sousa Santos et al., 2021). Asimismo, la aceptación de la metodología por parte del alumnado resulta clave para el correcto aprovechamiento y el éxito en el proceso de enseñanza – aprendizaje (Almendros et al., 2021). Para que la efectividad de la docencia a distancia sea adecuada es necesario un compromiso por parte del alumnado, el cual debe presentar un alto grado de auto-disciplina (Akçayır y Akçayır, 2018; Sosa Díaz y Palau Martín, 2018).

Con respecto al nivel de estrés sufrido por los estudiantes en los cursos COVID y post-COVID es reseñable que este era elevado y puede verse derivado, entre otros, de la crisis epidemiológica (Cobo-Rendón et al., 2020; Romero y Tenorio, 2021). Si bien, algunos autores consideran que unos niveles de estrés altos implican lograr un estado de alerta adecuado que puede facilitar la realización de las tareas y exigencias de los

universitarios (Looker y Gregson, 1998), otros estudios plantean que un elevado nivel de estrés altera el sistema de respuestas a nivel cognitivo, conductual y fisiológico, influyendo negativamente en el rendimiento académico y dificultando los procesos de aprendizaje en el aula (Bedoya-Lau et al., 2014; Román Collazo et al., 2008; Maldonado, 2000; Vogel y Schwabe, 2016). Por todo ello, es necesario que los procesos de enseñanza llevados a cabo en situaciones con una alta incidencia del estrés consideren este aspecto, adaptando el proceso docente (modelo pedagógico y evaluación del aprendizaje) a dichas circunstancias. Por otro lado, dentro de las posibilidades de mejora propuestas en las encuestas en el curso post-COVID, los estudiantes informaron que no existía sincronía temporal entre las clases de teoría y las prácticas de laboratorio, lo cual les hubiese resultado de gran utilidad para llegar al laboratorio con los conocimientos teóricos adquiridos. Este hecho no se observó durante el curso COVID con una modalidad a distancia donde tenían disponibles los vídeo-tutoriales una vez se habían impartido los conocimientos teóricos. La falta de disponibilidad de infraestructuras adecuadas y el número reducido de estudiantes que pueden usarlas limitó el hecho de sincronizar las clases de teoría y prácticas en formato presencial. Por ello, el uso de laboratorios virtuales podría ser una alternativa a la presencialidad, pudiendo así llevar a cabo las prácticas de laboratorio una vez desarrollado el temario correspondiente en clase teórica. La combinación de diferentes metodologías es un recurso cada vez más utilizado en las aulas universitarias. La elección de éstas y su adecuada combinación son esenciales para mejorar la efectividad respecto a los resultados académicos y/o la motivación de los estudiantes.

5. CONCLUSIONES

Este estudio estuvo motivado por la necesidad de conocer el efecto de la adaptación de la docencia práctica experimental presencial a la no presencialidad derivada de la pandemia de COVID-19. Nuestros resultados sugieren que la modalidad de prácticas a distancia empleada (vídeo-tutoriales a base de presentaciones de *Power Point* con audio integrado) fue satisfactoria ya que se observaron beneficios tanto en las calificaciones como en una disminución en la tasa de absentismo. Las prácticas no presenciales, por tanto, no interfirieron en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, en el curso 2019/20 (COVID) se observó una disminución en la motivación del alumnado, que encontró esta modalidad de prácticas poco estimulante. Por lo tanto, una alternativa al empleo de vídeo-tutoriales podría ser la implementación de laboratorios virtuales, ya que no se observaron efectos negativos derivados de la docencia no presencial en laboratorio. Por otro lado, la combinación de vídeos explicativos en laboratorio y prácticas presenciales (curso post-COVID) reflejó una mayor motivación y un aumento de la satisfacción del alumnado respecto a las prácticas tradicionales presenciales (curso pre-COVID). Los estudiantes indicaron que esta docencia bimodal les supuso una mejora en su aprendizaje respecto a la modalidad presencial o a distancia por separado, aunque este aspecto no se reflejó en las calificaciones. Es necesario realizar mejoras en la enseñanza bimodal con prácticas presenciales y vídeos explicativos en laboratorio, ya que la asincronía entre las clases de teoría y las clases prácticas ha podido suponer un menor aprovechamiento de estos recursos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha estado financiado por los Proyectos de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid IE22.2009 y APS22.2003. M. Montoya es beneficiaria de una ayuda para la recualificación del sistema universitario español –Modalidad Margarita Salas– para 2021-2023 del Ministerio de Universidades y la Universidad Politécnica de Madrid (RD 289/2021) financiada por la Unión Europea-NextGenerationEU.

BIBLIOGRAFÍA

- Akçayır, G. y Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334-345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Almendros, P., Montoya, M., Pablo-Lerchundi, I., Almendros, P., Montoya, M. y Pablo-Lerchundi, I. (2021). Aula invertida y trabajo colaborativo en Química. *Educación química*, 32(4), 142-153. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78412>
- Area Moreira, M., Bethencourt Aguilar, A. y Martín Gómez, S.. (2020). De la enseñanza semipresencial a la enseñanza online en tiempos de Covid19.: Visiones del alumnado. *Campus Virtuales*, 9(2), 35-50. <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/733/411>
- Bedoya-Lau, F.N., Matos, L.J. y Zelaya, E.C. (2014). Niveles de estrés académico, manifestaciones psicósomáticas y estrategias de afrontamiento en alumnos de la facultad de medicina de una universidad privada de Lima en el año 2012. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 77(4), 262-270.
- Bogges, L.B. (2020). Innovations in online faculty development: An organizational model for long-term support of online faculty. *Revista española de pedagogía*, 78(275), 73-87. <https://doi.org/10.22550/REP78-1-2020-01>
- Cifuentes-Faura, J. (2020). Docencia online y Covid-19: La necesidad de reinventarse. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 13(Especial), 115-127. <https://doi.org/10.55777/rea.v13iEspecial.2149>
- Cobo-Rendón, R., Vega-Valenzuela, A. y García-Álvarez, D. (2020). Consideraciones institucionales sobre la Salud Mental en estudiantes universitarios durante la pandemia de Covid-19. *CienciaAmérica*, 9(2), 277-284. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i2.322>
- De la Torre, L., Heradio, R., Jara, C.A., Sanchez, J., Dormido, S., Torres, F. y Candelas, F.A. (2013). Providing collaborative support to virtual and remote laboratories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(4), 312-323. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.20>
- Díez-Gutiérrez, E.J. y Gajardo-Espinoza, K. (2020a). Políticas educativas en tiempos de coronavirus: La confrontación ideológica en España. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 9(3), 83-101. <https://doi.org/10.15366/riejs2020.9.3.005>
- Díez-Gutiérrez, E.J. y Gajardo-Espinoza, K. (2020b). Educar y evaluar en tiempos de Coronavirus: La situación en España. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 10(2), 102-134. <https://doi.org/10.17583/remie.2020.5604>
- Fojtík, R. (2018). Problems of distance education. *Icte Journal*, 7(1), 14-23.
- García Aretio, L. (2020). COVID-19 y educación a distancia digital: Preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 9-32. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28080>
- García García, M.D. (2020). La docencia desde el hogar. Una alternativa necesaria en tiempos del Covid 19. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(4), 304-324. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1386>
- García-Peñalvo, F.J., Corell, A., Abella-García, V. y Grande, M. (2020). Online assessment in higher education in the time of COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 21, 1-26. <https://doi.org/10.14201/eks.23086>

- GRAÓ (2022). *Laboratorios virtuales de química—Publicacions Editorial Graó*. [software] <https://www.grao.com/es/producto/laboratorios-virtuales-de-quimica>
- Hinojo Lucena, F.J., Aznar Díaz, I., Romero Rodríguez, J.M. y Marín Marín, J.A. (2019). Influencia del aula invertida en el rendimiento académico: Una revisión sistemática. *Campus virtuales: revista científica iberoamericana de tecnología educativa*, 8(1), 9-18. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/184523>
- IESALC-UNESCO (2020). El coronavirus COVID-19 y la educación superior: Impacto y recomendaciones. <https://www.iesalc.unesco.org/2020/04/02/el-coronavirus-covid-19-y-la-educacion-superior-impacto-y-recomendaciones/> (Consultado el 21 de julio de 2020).
- Lara Ramírez, L.E., Pérez Vega, M. I., Villalobos Gutiérrez, P.T., Villa-Cruz, V., Orozco López, J. O. y López Reyes, L.J. (2022). Uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje activo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4.211-4.223. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1794
- Lebrón, J.A., Jiménez-Rosado, M., Ostos, F.J. y Perez-Puyana, V. (2021). Comparativa de la enseñanza presencial y no presencial de asignaturas científicotécnicas en la Universidad de Sevilla. *Afinidad*, 78(592), Article 592. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/385606>
- Looker, T. y Gregson, O. (1998). *Superar el estrés*. Pirámide.
- Maldonado, M.D. (2000). Programa de intervención cognitivo-conductual y de técnicas de relajación como método para prevenir la ansiedad y el estrés en alumnos universitarios de enfermería y mejorar el rendimiento académico. *Cuadernos de medicina psicosomática y psiquiatría de enlace*, 53, 43-57.
- Martín-Núñez, J.L., Bravo-Ramos, J.L., Sastre-Merino, S., Pablo-Lerchundi, I., Caravantes Redondo, A. y Núñez-del-Río, C. (2022). Teaching in Secondary Education Teacher Training with a Hybrid Model: Students' Perceptions. *Sustainability*, 14(6), 3272. <https://doi.org/10.3390/su14063272>
- Mengascini, A., Menegaz, A., Murriello, S. y Petrucci, D. (2004). "...Yo así, locos como los vi a ustedes, no me lo imaginaba". Las imágenes de ciencia y de científico de estudiantes de carreras científicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 22(1), 65-78. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/21477>
- Monge Nájera, J. y Méndez Estrada, V.H. (2012). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: La opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Revista Educación*, 31(1), 91-108. <https://doi.org/10.15517/revedu.v31i1.1255>
- Niculcara, C., Fernández, J., Villara, S.G., Oliver, L.C., López, L.D. y Benítez, M.G. (2009). Metodología de diseño de proyectos de Ingeniería Química a partir del fomento del aprendizaje cooperativo. *Afinidad*, 66(539), 7-14. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/276650>
- O'Hagan, C. (2020). *Startling digital divides in distance learning emerge*. UNESCO. <https://en.unesco.org/news/startling-digital-divides-distance-learning-emerge>
- Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. Boletín Oficial del Estado, núm. 67, de 14 de marzo de 2020, pp. 25390 a 25400. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-3692>
- Rodríguez García, N.J., Nieto Sánchez, I.C. y Mora Alfonso, J.N. (2021). Laboratorios virtuales y remotos en electrónica y telecomunicaciones: Una revisión técnica en educación. *Visión electrónica*, 15(2), Article 2. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/17345>
- Román Collazo, C.A, Ortiz Rodríguez, F. y Hernández Rodríguez, Y. (2008). El estrés académico en estudiantes latinoamericanos de la carrera de Medicina. *Revista Iberoamericana de Medicina*, 46(7). <https://rieoei.org/historico/deloslectores/2371Collazo.pdf>

- Romero, M. y Tenorio, S. (2021). *La educación en tiempos de confinamiento: perspectivas de lo pedagógico* (Versión 1) [Computer software]. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.4948987>
- Ruiz-Galende, P., Montoya, M., Pablo-Lerchundi, I., Almendros, P. y Revuelta, F. (2021). *El aula invertida para la docencia de Física*. <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/2407>
- Ruiz-Galende, P., Montoya, M., de Pablo Lerchundi, I., Almendros, P. y Revuelta, F. (2022). Teaching Physics to first-year university students with the flipped classroom. En F.J. García-Peñalvo, M.L. Sein-Echaluce y Á. Fidalgo-Blanco (Eds.). *Trends on active learning methods and emerging learning technologies* (pp. 185-201). Springer.
- Sáenz, J., Chacón, J., De La Torre, L., Visioli, A. y Dormido, S. (2015). Open and Low-Cost Virtual and Remote Labs on Control Engineering. *IEEE Access*, 3, 805-814.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2442613>
- Santiago, D.E. y Pulido-Melián, E. (2020). Prácticas de laboratorio en la formación a distancia: Un caso práctico. En *VII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC, Las Palmas de Gran Canaria, 19 y 20 de noviembre de 2020*, pp. 63-70.
<https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/76449>
- Sosa Díaz, M.J. y Palau Martín, R. (2018). Flipped classroom para adquirir la competencia digital docente: Una experiencia didáctica en la Educación Superior. *Pixel-Bit*, 52.
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i52.03>
- Sousa Santos, S., Peset González, M.J. y Muñoz Sepúlveda, J.A. (2021). La enseñanza híbrida mediante flipped classroom en la educación superior. *Revista de educación*, 391, 123-142.
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-391-473>
- Tam, G. y El-Azar, D. (2020). *Ways the coronavirus pandemic could reshape education*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/3-ways-coronavirus-is-reshaping-education-and-what-changes-might-be-here-to-stay/>
- Universidad Europea. (2022). *MyLabs—Laboratorios virtuales para dar clase | Universidad Europea—General Information about Login*.
<https://loginon.co.uk/info/mylabs-laboratorios-virtuales-para-dar-clase-universidad-europea.html>
- Universidad Pablo de Olavide. (2020, marzo 20). Estudiantes de Biotecnología realizan sus prácticas con laboratorios virtuales en línea a través del Aula Virtual. *DUPO - Diario de la Universidad Pablo de Olavide*.
<https://www.upo.es/diario/comunidad/2020/03/estudiantes-de-biotecnologia-realizan-sus-practicas-con-laboratorios-virtuales-en-linea-a-traves-del-aula-virtual/>
- Universidad Politécnica de Madrid. (2022). *UPM[3DLabs]*.
<https://3dlabs.upm.es/web/index.php>
- Van de Vord, R. (2010). Distance students and online research: Promoting information literacy through media literacy. *The Internet and Higher Education*, 13(3), 170-175.
<https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2010.03.001>
- Vary, J.P. (2020). *Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales, Ames, Iowa, 10-12 de mayo de 1999*. <https://akb.au.int/handle/AKB/59054>
- Vogel, S. y Schwabe, L. (2016). Learning and memory under stress: Implications for the classroom. *Npj Science of Learning*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/npjscilearn.2016.11>
- Wiederhold, B.K. (2020). Connecting Through Technology During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic: Avoiding “Zoom Fatigue”. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 23(7), 437-438. <https://doi.org/10.1089/cyber.2020.29188.bkw>