

TIC en el laboratorio: Cómo enseñar Bioquímica en tiempos del COVID-19

Miguel Arroyo¹, Olga Cañadas², María José Feito¹, Mar Lorente², Isabel de la Mata¹, María Navarro², Bárbara Olmeda¹, Ana Saborido², Antonio Sánchez-Torralba²

Resumen: Durante el curso 2020-2021 el laboratorio integrado de Bioquímica y Biología Molecular I se desarrolló, de modo presencial, pero con sesiones prácticas de horario reducido. El Campus Virtual se empleó para promover el aprendizaje activo, implicando a los estudiantes en la preparación previa y en el trabajo posterior al laboratorio. Los contenidos disponibles para cada práctica fueron: (i) vídeos explicativos sobre la base teórica y el desarrollo experimental; (ii) plantilla específica para la elaboración del cuaderno de laboratorio; (iii) hoja de auto-evaluación; (iv) archivo con resultados experimentales de cursos anteriores. Además, al comienzo de cada sesión de laboratorio se realizaba un cuestionario de opción múltiple, con resolución instantánea, permitiendo al profesor evaluar la comprensión de puntos concretos. Con este diseño, los estudiantes llevaron a cabo la parte experimental de la asignatura adquiriendo los conocimientos, habilidades y competencias requeridos, y demostrando que su aprendizaje había sido eficaz.

Palabras clave: Campus Virtual; aprendizaje activo; autoevaluación; Bioquímica.

1. Introducción / Antecedentes

El curso académico 2020-2021 ha resultado un importante reto para la Universidad debido a las medidas de protección instauradas para prevenir el contagio por COVID-19. Junto con el desarrollo de toda o parte de la enseñanza de modo virtual, las líneas básicas de actuación consistieron en la reducción de aforo en aulas y laboratorios, el mantenimiento de la distancia interpersonal en todo momento y medidas extraordinarias de higiene. Es evidente que estos planteamientos generan dificultades todavía mayores en el caso de los laboratorios integrados, ya que son asignaturas obligatorias de carácter práctico que se desarrollan en su totalidad en el laboratorio.

Las clases prácticas de laboratorio son un componente esencial dentro de la formación universitaria en el área de Ciencias, cuyo objetivo es capacitar a los estudiantes para el mundo profesional. El laboratorio de prácticas es un entorno complejo en el que los requerimientos para estudiantes y profesores son elevados, donde el alumno no solo tiene que desarrollar las actividades formativas previstas, sino que debe adquirir las habilidades prácticas, intelectuales y personales necesarias para desenvolverse en un laboratorio. Los estudiantes tienen que adoptar Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), aprender a aplicar

¹ Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Biológicas: Miguel Arroyo Email: arroyo@bio.ucm.es. ORCID: 0000-0002-1593-9817. Olga Cañadas Email: ocanadas@ucm.es. ORCID: 0000-0002-1932-3796. María José Feito Email: mjfeito@ucm.es. ORCID: 0000-0001-8623-4913. Bárbara Olmeda Email: barbara_olmeda@bio.ucm.es. ORCID: 0000-0001-6004-1603. Isabel de la Mata Email: idlmata@ucm.es. ORCID: 0000-0002-6637-2451.

² Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Químicas. Mar Lorente Email: mmlorent@pdi.ucm.es. ORCID: 0000-0003-0982-0956. María Navarro Email: joana@bio.ucm.es ORCID: 0000-0002-8181-3147. Ana Saborido. Email: asaborid@ucm.es. ORCID: 0000-0002-9375-6215. Antonio Sánchez-Torralba Email: antons04@ucm.es. ORCID: 0000-0002-8767-3122.

las técnicas específicas de la disciplina, manejar la instrumentación, resolver diferentes clases de problemas cualitativos y cuantitativos, elaborar un cuaderno de laboratorio, diseñar experimentos, interpretar datos y presentar resultados, trabajar en equipo, interactuar con los profesores y los otros estudiantes, etc.

Todas estas exigencias simultáneas dan lugar a que las sesiones de laboratorio supongan una gran sobrecarga cognitiva para el alumno, que brega con demasiada información (Reid y Sha, 2007). Con frecuencia el estudiante se centra en el aprendizaje de las habilidades prácticas (“lo que se hace y cómo se hace”), postergando u olvidando los conceptos subyacentes y los objetivos finales del experimento que realiza (“para qué y por qué se hace”) (Bruck *et al.*, 2010). La sobrecarga cognitiva está asociada, al menos en parte, a una insuficiente preparación previa de las sesiones de laboratorio y, en este sentido, las *actividades pre-laboratorio* son claves (Agustian y Seery, 2017). Una extensión en el tiempo durante el cual se presenta la información permite que no solo las manos, sino la cabeza del estudiante estén enfocadas en el experimento que realiza.

Otro modo de poner la responsabilidad del aprendizaje en manos del estudiante es su participación en la evaluación. En una *evaluación formativa* se valora tanto lo que se sabe, como lo que se es capaz de hacer con lo que se sabe. La evaluación indica al alumno su nivel de conocimientos y de competencia en el laboratorio. Por otro lado, la retroalimentación asociada a la evaluación le proporciona información sobre cómo mejorar y se puede utilizar para motivar a los estudiantes, conseguir que aprendan de sus errores y mejoren su rendimiento (Gibbs y Simpson, 2004).

2. Contexto

La experiencia recogida en este trabajo se enmarca en la asignatura Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular I (BBM1), que se imparte en el segundo curso de las titulaciones del Grado en Bioquímica y del Doble Grado en Química y Bioquímica de la Universidad Complutense. Se trata de una asignatura totalmente experimental, un laboratorio integrado, cursado habitualmente por entre 50 y 65 alumnos, cuyo desarrollo se prolonga durante 3 meses. Supone más de 100 horas de trabajo presencial, con sesiones de prácticas de 4 horas, donde los alumnos trabajan en grupos de 2 ó 3 personas. Está dividida en cuatro bloques de complejidad creciente en los que aumenta progresivamente la autonomía del alumno, lo que posibilita la adquisición gradual de los objetivos y competencias. Esta organización permite al profesorado acompañar y guiar al alumno en su formación ya que se mantiene un contacto prolongado, intenso y continuado.

Con el propósito de implicar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje en el laboratorio, en curso 2019-2020 se planteó y desarrolló un Proyecto de Innovación Educativa titulado “Desarrollo de estrategias de aprendizaje activo en el laboratorio de Bioquímica BBM1” (nº 231). Las herramientas desarrolladas en dicho proyecto, junto con alguna estrategia adicional, fueron de gran utilidad para sobrellevar las circunstancias sanitarias del curso 2020-2021.

Durante el curso 2020-2021, la aplicación de medidas extraordinarias frente al COVID-19 para que la docencia se desarrollara de acuerdo a las condiciones de seguridad sanitaria establecidas supuso: dividir a los alumnos en cuatro grupos independientes de 16-17 personas y reducir la presencialidad de los estudiantes en el laboratorio, de modo que las sesiones prácticas pasaron de 4 horas a 3 horas de duración. Por tanto, un 25% de la docencia de la asignatura se impartió de modo no presencial. Además, a medio

cuatrimestre debido a la detección simultánea de 3 casos positivos por COVID entre los estudiantes del segundo curso del Grado en Bioquímica, los alumnos fueron confinados y sus clases presenciales en la Facultad se suspendieron durante 2 semanas. Durante ese periodo el 100% de la docencia se desarrolló de modo virtual.

En estas circunstancias la utilización del Campus Virtual fue clave para poder impartir satisfactoriamente la docencia práctica de forma no presencial. La organización y las herramientas del Campus Virtual se emplearon para promover el aprendizaje activo de los estudiantes tanto en la preparación previa de las sesiones prácticas, como en el trabajo posterior a las mismas. Para cada sesión práctica estaban disponibles en el Campus Virtual: (i) uno o varios videos didácticos; (ii) una plantilla específica para la elaboración del cuaderno de laboratorio; (iii) un breve cuestionario tipo test; (iv) herramientas de autoevaluación; y (v) un archivo con resultados experimentales de cursos anteriores. En la Figura 1, a modo de ejemplo, se muestra el aspecto que presenta el Campus Virtual de la asignatura para dos de las sesiones prácticas.

The image shows two panels representing virtual lab sessions. The left panel is for 'PRÁCTICA 1.3. Diluciones y curvas de calibrado' and features a photo of six test tubes labeled C1 to C6 with a 'patrones' label. Below the photo is a list of resources: 'PRÁCTICA 1.3: Hoja de presentación', 'VÍDEO 1 Práctica 1.3: "Medidas en el laboratorio" [20 min]', 'VÍDEO 2 Práctica 1.3: "Diluciones y curvas de calibrado" [16 min]', 'VÍDEO 3 Práctica 1.3: "Desarrollo experimental de la práctica" [11 min]', 'Videotutorial "Cómo preparar diluciones seriadas en el laboratorio" [3 min]', 'Videotutorial "Como utilizar un espectrofotómetro" [3 min]', 'Plantilla Cuaderno Laboratorio y Autoevaluación Práctica 1.3', 'Material EXTRA de apoyo a la Práctica 1.3 (opcional)', and 'Datos experimentales Práctica 1.3'. The right panel is for 'PRÁCTICA 2.4. Caracterización espectroscópica de proteínas' and features a photo of a hand using a spectrophotometer. Below the photo is a list of resources: 'Hoja de presentación Práctica 2.4', 'Relación de actividades a realizar antes de acudir presencialmente a realizar la práctica en el laboratorio', 'VIDEO 1 Práctica 2.4: "Caracterización espectroscópica de proteínas" [9 min]', 'VIDEO 2 Práctica 2.4: "Cómo caracterizar proteínas utilizando la espectroscopia de absorción UV-visible" [8 min]', 'Plantilla cuaderno y autoevaluación Práctica 2.4', 'Material EXTRA de apoyo para la Práctica 2.4', and 'Datos experimentales Práctica 2.4'. At the bottom of the right panel, there is a red button that says 'No mostrado a los estudiantes'.

Figura 1. Presentación en el Campus Virtual de las actividades y contenidos correspondientes a dos sesiones prácticas de la asignatura. Fuente: elaboración propia.

3. Actividades pre-laboratorio

La etapa de pre-laboratorio persigue favorecer el proceso de aprendizaje. Permite al alumno la visualización, planificación y/o diseño del trabajo a realizar. Las actividades pre-laboratorio son tareas o actividades que los estudiantes tienen que completar antes de llegar al laboratorio. Estas actividades potencian la preparación de la sesión práctica y ayudan a establecer la conexión entre el experimento a realizar y los conceptos teóricos subyacentes (Agustian y Seery, 2017). Por un lado, facilitan el aprendizaje en entornos complejos ya que descargan la memoria de trabajo del alumno, que puede concentrarse en los objetivos globales de la tarea a realizar y no en los detalles de la misma. Por otro lado, agilizan la realización práctica del trabajo experimental, dejando tiempo disponible para el análisis, el procesamiento de resultados y la obtención de conclusiones. Además, contribuyen a la asimilación a largo plazo de los conocimientos, lo que hace posible su

transferencia a otras actividades o laboratorios. Se emplearon tres tipos de actividades pre-laboratorio.

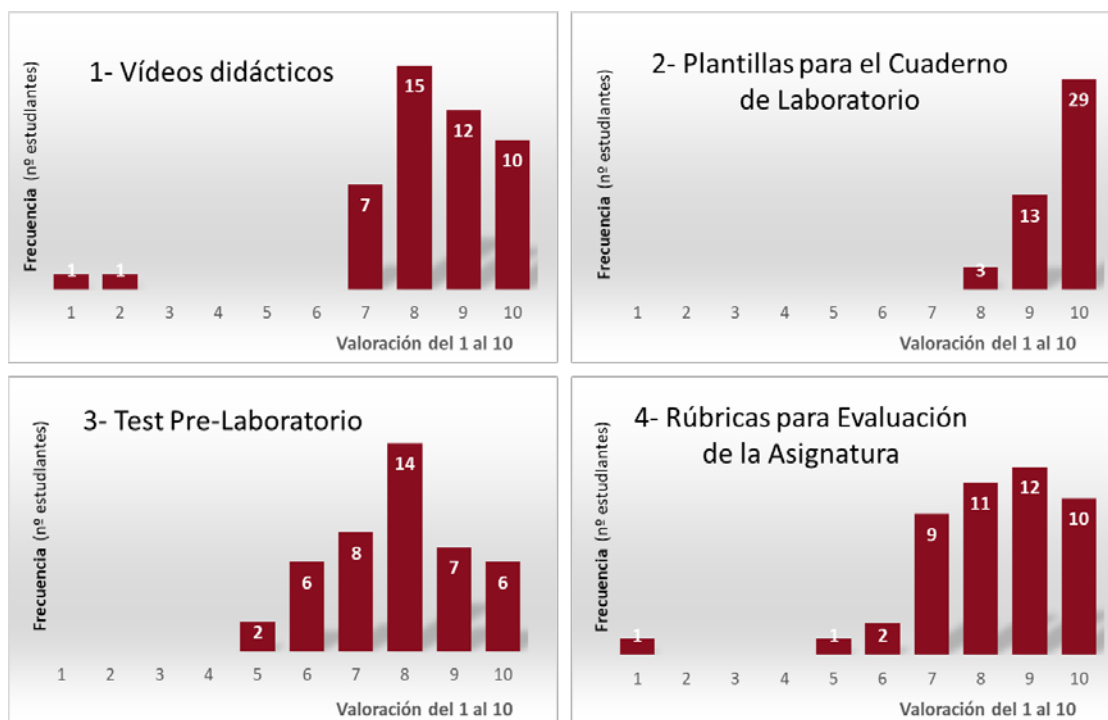
3.1 Vídeos didácticos

Una de las estrategias de aprendizaje más efectiva fueron los vídeos didácticos, diseñados de modo específico para la asignatura y realizados por los profesores. Los vídeos adecuadamente planteados despiertan el interés del alumno, proporcionándole información previa al laboratorio. Permiten explicar los conceptos teóricos subyacentes, orientar sobre el manejo de los equipos, así como visualizar la actividad concreta a realizar. Además, ofrecen la posibilidad de revisarlos cuantas veces sea necesario y posibilitan que los estudiantes trabajen con ellos en el momento que les convenga. De modo esporádico se han utilizado también videotutoriales sobre técnicas o tareas concretas bien realizados por los alumnos de la asignatura en cursos previos o bien procedentes de Internet.

Para la creación y edición de los vídeos se han empleado diversos programas y aplicaciones tales como *Camtasia*, *OBS Studio* o *PowerPoint*. Los vídeos se incluían directamente en el Campus Virtual o en el caso de ser archivos muy grandes, se empleaba un enlace al Drive de *Google*.

Puesto que los estudiantes debían visualizar los vídeos antes de acudir al laboratorio, las 3 horas de la sesión práctica se aprovecharon para llevar a cabo la parte experimental prevista, disponiendo de tiempo para destinarlo a destrezas de orden superior, tales como analizar, evaluar e interpretar los resultados con la ayuda de los profesores. Los resultados de la encuesta de valoración realizada a los estudiantes al final de la asignatura reflejan una buena calificación para esta actividad, $8,2 \pm 1,9$ sobre 10 (Gráfico 1).

Gráfico 1. Resultados de la encuesta de valoración de distintas actividades realizada por los estudiantes en el curso 2019-2020 al final de la asignatura



Los resultados reflejan la distribución de las respuestas de 45 alumnos. Dentro de cada barra la cifra indica el número de respuestas emitidas para dicha puntuación. Fuente: elaboración propia

3.2. Plantilla para el cuaderno de laboratorio

Entre las habilidades fundamentales que el estudiante de Ciencias tiene que adquirir en el laboratorio se encuentra el dominio del método utilizado para registrar y documentar los resultados experimentales obtenidos. Para ello se utiliza el cuaderno de laboratorio, donde debe realizarse un registro claro, detallado y preciso de cada una de las actividades y experimentos llevados a cabo.

Aun disponiendo de unas líneas generales sobre cómo debe elaborarse un cuaderno de laboratorio, la tarea resultaba compleja para los estudiantes de segundo curso del Grado. Por tanto, para cada una de las prácticas de los dos primeros bloques de la asignatura se preparó una plantilla que facilitara el registro de los experimentos.

Tanto la información directa proporcionada por los estudiantes a los profesores, como la evaluación de los cuadernos de laboratorio presentados por los alumnos, permiten concluir que las plantillas para el registro de los experimentos en el cuaderno de laboratorio han resultado de gran utilidad. Cabe destacar que esta herramienta recibió una valoración excelente por parte de los alumnos en la encuesta realizada, $9,6 \pm 0,6$ sobre 10 (Grafico 1).

3.3 Cuestionario tipo test

Con anterioridad al comienzo de cada sesión de laboratorio los estudiantes completaban un pequeño cuestionario tipo test, con de 4 ó 5 preguntas de opción múltiple, sobre los experimentos a realizar. Se empleó la aplicación *Socrative* (www.socrative.com) que es sencilla de manejo, permite un acceso rápido y cómodo a los estudiantes a través de su teléfono móvil, y posibilita al profesor ver las respuestas en tiempo real. Además, los resultados de la evaluación pueden ser fácilmente analizados y exportados a un archivo Excel. Se consideró más conveniente el uso de *Socrative* que la herramienta Cuestionario de *Moodle* debido a que la primera permite un seguimiento en tiempo real de las respuestas de los alumnos y elabora un informe final detallado de los resultados del test.

Esta actividad contribuye a que el estudiante llegue a la sesión de prácticas habiéndose preparado para lo que tiene que hacer en el laboratorio y consigue que pueda seguir adecuadamente las explicaciones del profesor. Además, proporciona al profesor información directa y objetiva sobre los aspectos de la práctica que le resultan más difíciles de entender a los estudiantes y que requieren explicaciones adicionales. En la encuesta de valoración los estudiantes han asignado a esta actividad un $7,8 \pm 1,4$ sobre 10 (Grafico 1).

4. Actividades y herramientas complementarias

Tras la realización de los experimentos en el laboratorio, la etapa post-laboratorio es también importante para el aprendizaje: al alumno debe reflexionar, argumentar y extraer conclusiones sobre la actividad realizada, así como extrapolarla hacia situaciones del ámbito profesional. La evaluación permite constatar el grado de aprendizaje adquirido, así como identificar las carencias o puntos débiles y potenciar los puntos fuertes.

4.1 Evaluación

La evaluación formativa es una parte importante del aprendizaje, no solo formula un juicio sobre los niveles de aprendizaje alcanzados, sino que busca contribuir a que esos

niveles mejoren. Se realiza durante el proceso de aprendizaje y no al final de este, momento en el que se pueden resolver problemas y tomar decisiones. Las actividades de autoevaluación requieren reflexión y desarrollan el espíritu crítico del estudiante.

A través del Campus Virtual se proporcionaron al alumno herramientas de evaluación, consistentes en hojas de autoevaluación diseñadas para los experimentos realizados y su registro escrito, junto con rúbricas de evaluación para el cuaderno de laboratorio y los informes finales obligatorios de la asignatura. En la encuesta de valoración los estudiantes han asignado a las rúbricas de evaluación un $8,2 \pm 1,7$ sobre 10 (Gráfico 1).

4.2 Resultados experimentales de cursos anteriores / Docencia virtual

Para poder desarrollar las sesiones prácticas de modo no presencial, en el caso de que la situación sanitaria así lo requiriera, se habían incorporado al Campus Virtual archivos con conjuntos de resultados experimentales sin procesar para los distintos experimentos previstos. Estos archivos aparecían como “No mostrados a los estudiantes” y solo pasaban a ser visibles cuando se consideró necesario.

Los archivos con resultados experimentales fueron imprescindibles durante las dos semanas de docencia virtual. En ese periodo, se llevaron a cabo las sesiones de laboratorio mediante videoconferencia a través de las aplicaciones *Blackboard Collaborate* o *GoogleMeet*. Con anterioridad a la sesión los estudiantes disponían de los contenidos y herramientas ya descritos para la preparación previa de los experimentos.

Cada sesión comenzaba con un breve planteamiento del experimento por parte del profesor. A continuación, los alumnos diseñaban el experimento, como si se fuera a realizar y lo anotaban en el cuaderno de laboratorio. Los estudiantes trabajaron en equipos, los mismos que funcionaban en las sesiones de laboratorio presenciales. La videoconferencia abierta permitía al profesor solucionar las dudas y atender a los requerimientos de los alumnos durante toda la sesión. Se discutían los distintos diseños propuestos, se analizaban los problemas que podían surgir en el procedimiento práctico y, finalmente, se proporcionaba a los alumnos un archivo con resultados experimentales “teóricamente” obtenidos en el experimento. Cada equipo procedía a analizar, discutir y obtener conclusiones sobre los resultados. Mediante una herramienta *Tarea* los equipos ponían el registro del experimento a disposición del profesor para su revisión.

La eficacia del procedimiento empleado quedó patente cuando, tras finalizar las dos semanas de confinamiento, los alumnos volvieron al laboratorio y fueron capaces de realizar los experimentos más complejos de las sesiones finales de la asignatura, basados en los experimentos que habían llevado a cabo de modo virtual con anterioridad.

5. Conclusiones

La organización y las herramientas del Campus Virtual se emplearon para promover el aprendizaje activo del alumnado tanto en la preparación previa de las sesiones prácticas, como en el trabajo posterior a las mismas. Además, la utilización del Campus Virtual fue imprescindible para poder impartir satisfactoriamente la docencia práctica de forma no presencial. Las calificaciones obtenidas por el alumnado reflejan que las plantillas para el cuaderno del laboratorio y la utilización de TIC (*e.g.* elaboración de vídeos didácticos y tests *on-line*), mejoran el aprendizaje de la asignatura.

Referencias bibliográficas

Agustian, H.Y. y Seery, M.K. 2017. "Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: A proposed framework for their design". *Chemistry Education Research and Practice*, 18: 518-532.

Bruck, L.B., Towns, M. y Bretz, S.L. 2010. "Faculty perspectives of undergraduate chemistry laboratory: Goals and obstacles to success". *Journal of Chemical Education* 87, nº 12: 1416-1424.

Gibbs, G. y Simpson, C. 2004. "Conditions under which assessment supports student learning". *Learning and Teaching in Higher Education*, 1: 3-31.

Reid, N. y Shah, I. 2007. "The role of laboratory work in University Chemistry". *Chemistry Education Research and Practice*, 8, nº 2:172-185.
