

Docencia remota síncrona de laboratorios de Física y Química: una propuesta basada en entornos virtuales de aprendizaje para estudiantes del Máster de Profesorado

Pedro Alberto Enríquez¹, José Ángel Martínez-González²,
María Pilar Puyuelo¹, Francisco Javier Guallar¹, María Larriva²

¹Universidad de la Rioja

²Universidad CEU San Pablo, Madrid

Resumen: En los proyectos PID-13 2017/2018 y PID-41 2018/19, nuestro equipo desarrolló e implementó materiales para la formación de los estudiantes del Máster de Profesorado en el uso de los teléfonos inteligentes como una herramienta didáctica para el desarrollo de prácticas de laboratorio. La pandemia provocada por el nuevo virus SARS-CoV-2 nos hizo plantearnos adaptaciones adecuadas para continuar con la formación de nuestro alumnado en la docencia práctica de las ciencias en condiciones de confinamiento, y apoyándonos en entornos virtuales. En esta comunicación presentamos una experiencia piloto realizada con los estudiantes de la asignatura Complementos de Formación Disciplinar en el curso 2020/21, en la que completamos una sesión de laboratorio remota síncrona, combinando el uso de un entorno virtual (BB Collaborate) y de herramientas digitales colaborativas (Padlet). De esta forma, mientras se desarrollaba la práctica, los estudiantes pudieron interactuar con los profesores, así como establecer contactos con sus compañeros. Con este diseño, se transmitió la complejidad de la docencia experimental, haciendo hincapié en la adquisición de las destrezas básicas requeridas en un laboratorio, la puesta a punto de protocolos experimentales en función de los recursos materiales disponibles, el análisis crítico de los de datos reflexionando sobre la influencia del error experimental en los resultados y la necesidad de compartir los resultados de cara a comunicar y a promover la adquisición de nuevo conocimiento.

Palabras clave: prácticas de Física y Química, aprendizaje online, docencia remota síncrona, *smartphone*, formación del profesorado.

1. Introducción

Las prácticas de laboratorio son una parte esencial de la docencia de la Ciencias Experimentales en todos los niveles de enseñanza, particularmente en Educación Secundaria. Unas prácticas diseñadas adecuadamente deben estimular un aprendizaje significativo y favorecer que el alumnado confronte sus conocimientos previos con los conceptos teóricos (abstractos) introducidos en las clases y las realidades concretas (propiedades experimentales) observadas

empíricamente en las prácticas, mientras se familiarizan con el método científico, desarrollan el sentido crítico, y adquieren destrezas básicas específicas del trabajo experimental (Johnstone, 2001; Abrahams, 2008; Sharma, 2021).

La formación de los futuros profesores de enseñanza secundaria en la docencia experimental de la Física y la Química se desarrolla fundamentalmente en las asignaturas Aprendizaje y enseñanza de la Física y la Química, y Complementos para la formación disciplinar (Física y Química) del Máster de Formación de Profesorado. Las actividades descritas en esta comunicación corresponden a la última asignatura que, dentro de sus cuatro módulos, dedica uno a la docencia práctica de la Física.

La asignatura de complementos para la formación tiene una dedicación docente de 6 ECTS, se imparte en el primer semestre del curso y, desde hace unos años, en formato semipresencial. Esto se traduce en que, de la carga docente semanal (6 h), dos de ellas se dedican a actividades presenciales (e.g., las prácticas de laboratorio, seminarios, etc.) y el resto a actividades se realizan en línea.

En el curso 20/21, como consecuencia de la pandemia de SARS-CoV-2 y las medidas de contingencia para prevenir la propagación de la enfermedad, todas las actividades docentes del Máster se realizaron en la modalidad de enseñanza remota, con excepción de las prácticas de laboratorio y el Prácticum. En consecuencia, cabía la opción de que las prácticas de laboratorio que formaban parte del curso se pudieran impartir en formato presencial. Sin embargo, una vez comenzado el curso, se consultó a los alumnos matriculados por su disponibilidad durante el periodo de prácticas, y se encontró que sólo ocho de los veinticuatro alumnos matriculados en el curso vivían en poblaciones cercanas a Logroño. Si además se consideraban otros factores como las restricciones de movilidad (confinamientos perimetrales) y la razonable preocupación de nuestro alumnado por contagiarse, sólo diez alumnos estaban dispuestos a participar en las sesiones de prácticas de laboratorio de forma presencial. En esta situación, ¿existe alguna forma de desarrollar las prácticas de modo que todos los alumnos pudiesen completar el programa de prácticas, ya fuera en el campus o en su casa?

Ante la imposibilidad de que todos los alumnos realizaran las prácticas presencialmente en el laboratorio, se valoró sustituirlas por el visionado de videos o demostraciones como las que ofrece *The Royal Society of Chemistry* a través de su canal de YouTube (RSC, s.f.). El equipo también consideró utilizar herramientas de simulación como las desarrolladas por el proyecto PhET de la Universidad de Colorado (PhET, s.f.), o una combinación de ambas. Tanto el visionado de prácticas pregrabadas como el uso de herramientas de simulación puede ser muy positivo para la formación de los alumnos, ya que ambos permiten revisar procedimientos, asimilar conceptos teóricos, reproducir o visualizar experimentos que por su coste o peligrosidad no son viables en un laboratorio ordinario, realizar exploraciones guiadas aplicando el método científico, y adaptar los tiempos a las necesidades de cada alumno, etc. Sin embargo, se consideró que esta no era la mejor alternativa para la formación de profesores de enseñanza secundaria que en el futuro pueden enfrentarse a una disyuntiva similar, pues estas alternativas no sirven para trasladar las interacciones alumno-profesor, alumno-alumno y los procesos de enseñanza-aprendizaje derivados de estas interacciones que son comunes en las prácticas presenciales.

Desde el curso 2017-2018, nuestro equipo viene desarrollando, en el marco de la docencia de la asignatura Complementos de Formación Disciplinar, una serie de actividades prácticas orientadas a la formación de los alumnos en el uso de los sensores de los dispositivos móviles (*smartphones*

y tabletas) como herramientas para el desarrollo de prácticas de Física y Química dentro o fuera del entorno formal de un laboratorio (Enriquez, 2020). La experiencia adquirida en cursos previos nos animó a proponer un programa de prácticas en un formato dual, presencial para los alumnos que pudieran venir al laboratorio y remoto para aquellos que no pudieran.

Brevemente, el programa de las prácticas de laboratorio desarrolladas fue el siguiente:

(i) *Introducción al análisis de video (con Tracker)*. En esta sesión se explicaba cómo pueden utilizarse los vídeos (como los que se pueden grabar con la cámara de un teléfono inteligente) para estudiar los resultados de distintos experimentos sencillos de mecánica y otras disciplinas, y como estos se pueden utilizar en el aula. Con este fin se introdujo a los alumnos en el uso del programa de uso libre Tracker (Tracker, s.f.) La sesión se desarrolló simultáneamente en formato presencial y remoto utilizando la herramienta BbCollaborate del Campus Virtual. Además, utilizando el Campus Virtual los alumnos podían consultar los video tutoriales de apoyo a esta sesión.

(ii) *Construyendo un espectroscopio con una caja de zapatos*. En esta sesión los alumnos construían un espectroscopio de bajo coste utilizando una caja de cartón (que podía ser una antigua caja de zapatos) como harían con sus estudiantes en un centro de secundaria. Utilizando el espectroscopio, los alumnos obtenían el espectro de emisión de distintas lámparas, que podían observar a simple vista y registrar con la cámara del teléfono móvil. Posteriormente con el programa Tracker (Tracker, s.f.), los alumnos extrajeron los espectros de las imágenes y comparaban estos con los publicados en distintas fuentes (Figura 1). La actividad se realizó tanto en formato presencial como remoto asíncrono. La actividad se apoyó con video-tutoriales disponibles en el Campus Virtual.

Figura 1. Detalles del material de apoyo para la construcción de un espectroscopio. A la izquierda, la caja con los elementos necesarios para montar el instrumento. En el centro, detalle que ilustra cómo obtener el espectro de una lámpara de bajo consumo. A la derecha, fotograma del videotutorial donde se explica cómo utilizar las líneas del espectro para obtener el espectro completo de emisión de la lámpara.



(iii) *Midiendo la constante de Planck utilizando diodos emisores de luz (LED)*. En este experimento se determinaron los voltajes de activación de LED de distintos colores y a partir de estos se estimó la constante de Planck. Este experimento sólo pudo realizarse en el laboratorio.

(iv) *Experimentos de Física utilizando los sensores del teléfono inteligente*. Los alumnos, individualmente o en parejas, debían completar entre tres (opción presencial) y cinco prácticas (opción remota) utilizando los sensores del teléfono inteligente para hacer las medidas (Figura 2). Tras completar los experimentos, los alumnos tenían que hacer una reflexión y valoración de

la dificultad de la actividad, y como trasladarla a un grupo de estudiantes de secundaria. La práctica se realizó en formato remoto asíncrono.

Figura 2. Ejemplo de uno de los montajes realizado por uno de nuestros alumnos. Su propuesta de adaptación versó en estudiar el comportamiento de un péndulo simple utilizando los sensores de su teléfono móvil. En el centro y la derecha, capturas de la pantalla del móvil con los resultados de las mediciones obtenidos con la aplicación Phypox (Phypox, s.f.)



El programa de prácticas propuesto cumplía el objetivo de trasladar las prácticas de laboratorio a un entorno remoto, sin embargo, carecía de un elemento esencial de la experiencia del trabajo en el laboratorio: la realización de un experimento bajo la supervisión directa de los profesores y en compañía del resto de los estudiantes. Aprovechando la experiencia previa en innovación educativa del equipo, se diseñó un nuevo experimento de laboratorio a completar en la modalidad remota pero interactiva: el proyecto eNCLaUsTra2.

El proyecto eNCLaUsTra2 tiene origen en la experiencia de una parte del equipo, que colabora regularmente con centros de Educación Secundaria de la Comunidad de Madrid en actividades de innovación educativa (STEM Santa Eugenia, 2020). Fruto de dicha colaboración, en el curso 2019/20 diseñaron una experiencia piloto para acercar el laboratorio a los alumnos de 1º de Bachillerato que se encontraban en su casa durante los meses más duros de la pandemia y el confinamiento. Este taller experimental (CONFINa2) trasladaba al entorno doméstico una práctica de espectroscopía y supuso una primera experiencia en la migración al entorno doméstico de una experiencia práctica de laboratorio. En el desarrollo de la experiencia se primaba la interacción con el profesor, el trabajo colaborativo y la puesta en común de los resultados y dificultades a la hora de realizar el experimento, por encima de otros factores como la exactitud o la incertidumbre de las medidas. Una herramienta fundamental para su realización fue el uso del *smartphone* como instrumento de medida. Así, CONFINa2 fue el germen del taller *proyecto eNCLaUsTra2*, cuyo nombre hace referencia al claustro de profesores en formación al que va dirigido y que esperamos encuentre útiles nuestras enseñanzas en su futura práctica docente.

El proyecto *eNCLaUsTra2*, se planteó con los siguientes objetivos:

1. Trasladar al entorno virtual un ejemplo de docencia práctica de las Ciencias Experimentales, que fomente la interacción con el responsable de las prácticas, el trabajo autónomo de los alumnos y la colaboración entre ellos. Además, en la práctica debían utilizarse materiales de bajo costo, fácilmente disponibles en el entorno doméstico o reemplazables por otros equivalentes.

2. Trabajar con herramientas de enseñanza-aprendizaje basadas en la comunicación en línea síncrona.
3. Mejorar las destrezas de los participantes en el uso de dispositivos móviles (tabletas o *smartphones*) como instrumentos de medición.
4. Introducir la utilización en el aula de herramientas digitales colaborativas como Padlet, que permiten trasladar el trabajo colaborativo presencial a un entorno virtual.
5. Mostrar a nuestro alumnado la viabilidad de la propuesta y valorar las dificultades que pueden encontrar para trasladarla al aula. Esto es particularmente importante dado que nuestros alumnos están formándose para ser docentes en Educación Secundaria.

2. Método

Brevemente, el proyecto eNCLaUsTRa2 propone la realización de una práctica de espectroscopía utilizando un *smartphone* como detector y materiales accesibles (y de bajo coste) a un grupo de alumnos que no comparten el mismo espacio físico, pero sí se conectan al mismo tiempo para realizar la práctica de manera síncrona. Esto se consigue a través de una plataforma de comunicación que facilita la comunicación entre todos los agentes implicados en la actividad. En este caso, utilizamos la plataforma *Blackboard Collaborate* (BB Collaborate), disponible en el Campus Virtual de la Universidad de La Rioja.

Una de nuestras intenciones era que el alumnado fuera consciente, no solamente de las ventajas, sino de la complejidad que tiene el trasladar al entorno virtual la docencia experimental. Para ello, se hizo hincapié en: (i) la puesta a punto de un protocolo experimental para determinar el valor de la propiedad a medir, (ii) la adaptación de este protocolo en función de los recursos materiales disponibles, (iii) los factores que podían generar errores en las mediciones, (iv) el análisis de los datos obtenidos y su representación gráfica y (v) la discusión de los resultados incluyendo propuestas de mejora del protocolo experimental.

eNCLaUsTRa2 se dividió en dos sesiones: el preestreno y la sesión en línea síncrona llevada a cabo días después. Al finalizar la última sesión se envió a una encuesta anónima y voluntaria a los participantes para evaluar la consecución de los objetivos del taller.

2.1. Sesión 1. Preestreno

Para la primera sesión o preestreno se preparó un video de aproximadamente siete minutos de duración donde se presentaba el taller y se proponían tres tareas que los alumnos debían intentar completar antes de la siguiente sesión (Figura 3). Difundimos el video a través del aula virtual de la asignatura siete días antes de la sesión 2.

La primera tarea propuesta fue visualizar el video "*Smartphone Spectroscopy*" publicado la Real Sociedad de Química británica en su canal de YouTube (RSC, 2020). En el video se determina la relación entre los cambios en la absorción de luz con la concentración de una serie de disoluciones preparadas a partir de un zumo comercial. Para ello, en el video se emplea un *smartphone* como medidor de luz gracias a la aplicación de uso libre *Physics Toolbox Suite* (Vieyra Software, s.f.). Cabe señalar que la sensibilidad de los sensores con los que cuenta cualquier *smartphone* los hace idóneos no solo para registrar datos, sino también para documentar experimentos. Además, el

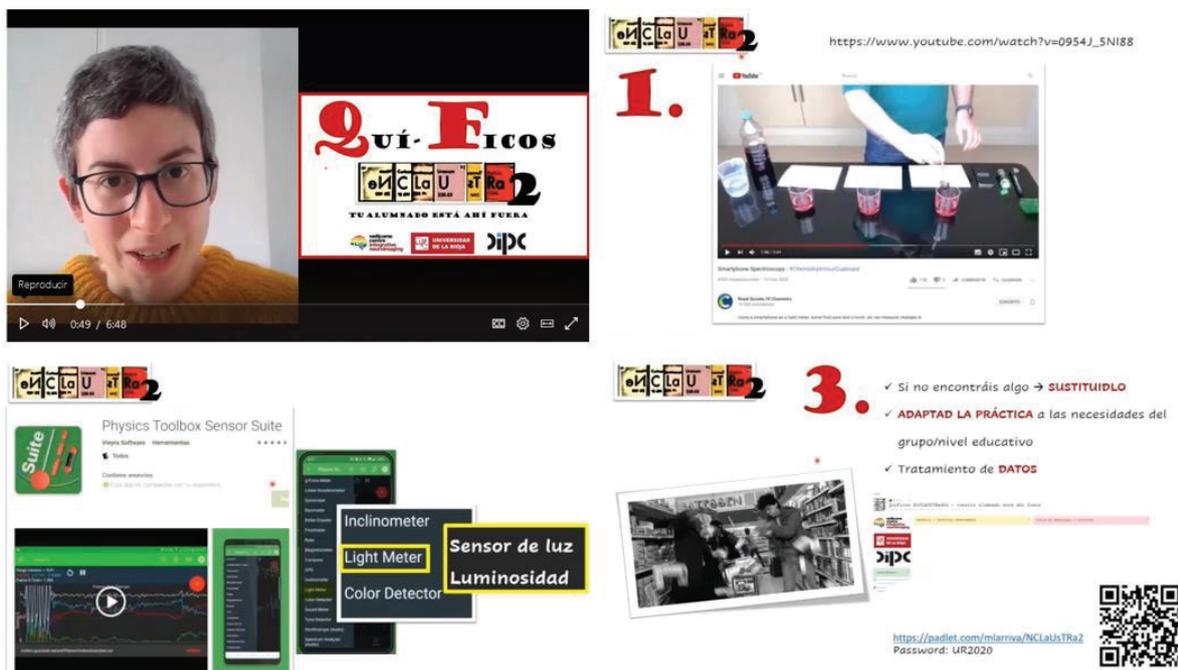
smartphone tiene la ventaja de ser un dispositivo que forma parte de la rutina diaria de cualquier adolescente, y están familiarizados con su dispositivo (Kuhn, 2015).

Como segunda tarea se propuso conseguir el material necesario para reproducir este experimento en casa. Aunque se trata de un experimento muy sencillo, algunos de los elementos utilizados no son de uso común en España. A modo de ejemplo, nosotros encontramos dificultades para conseguir el zumo de grosella concentrado que se utiliza en el video de la RSC (RSC, 2020).

La tercera tarea propuesta surge fruto de estas dificultades logísticas. En ella se les da libertad a los alumnos para que propongan adaptaciones del protocolo experimental teniendo en cuenta los materiales a los que tengan acceso en el tiempo disponible para la preparación de la sesión. Estas adaptaciones y su posible repercusión sobre medidas y resultados serán motivo de debate durante de la sesión síncrona.

Además del video de preestreno, también se proporciona a los alumnos acceso a la pizarra colaborativa del taller creada con Padlet (Padlet, s. f.). En este muro virtual, los alumnos pudieron encontrar un enlace al canal de YouTube de la RSC, la lista del material necesario para replicar el experimento, el protocolo original y un esquema del diseño experimental a modo de guía.

Figura 3. Fotogramas del video de preestreno enviado a través del aula virtual. En él se proponen tres tareas que deberán realizarse antes de la sesión síncrona.



2.2. Sesión 2. Sesión en línea síncrona

La sesión experimental del taller se desarrolló el 16 de diciembre de 2020 en una sesión en línea síncrona a través de la aplicación Bb Collaborate del Campus Virtual de la Universidad de La Rioja. Esta sesión de dos horas de duración se distribuyó en tres bloques. Un primer bloque introductorio donde los alumnos expusieron su grado de consecución de las tareas propuestas, así como las dificultades que encontraron y las adaptaciones al protocolo experimental sugeridas

en función del material que habían podido conseguir. A continuación, en el bloque experimental, uno de los miembros del equipo actuó como experto mientras que los participantes replicaban el experimento desde el lugar donde estuvieran conectados. El resto de los miembros del equipo se encargaron de dar apoyo, resolver dudas y fomentar la interacción utilizando el chat de la plataforma de comunicación (Figura 4). Una vez finalizado el experimento, se discutieron las medidas obtenidas, las dificultades encontradas, la variabilidad observada y las posibles fuentes de error que podían afectar al experimento y a sus resultados. Esta discusión constituyó el bloque final de la sesión.

Figura 4. Fotograma del video de la sesión síncrona del taller en el que se muestra cómo se realizaban las medidas y se resolvían dudas sobre la posición del sensor de luminosidad del *smartphone*.



Durante toda la sesión síncrona, se fomentó la participación y la interacción entre los miembros del equipo y los alumnos conectados a la sesión a través de Blackboard. Se les animó a que mantuvieran la cámara encendida y a que utilizaran el micrófono para compartir su experiencia y preguntar dudas. Estas formas de comunicación son fundamentales para conseguir unas dinámicas de participación que puedan mimetizar las que surgen espontáneamente en un entorno presencial. Además, esta interacción se reforzó utilizando la pizarra colaborativa para compartir los resultados de los experimentos y otros materiales (Figura 5). Este muro colaborativo sigue activo hoy en día, pudiendo ser visitado y consultado por nuestros alumnos, dando continuidad a este proyecto.

Figura 5. Panel colaborativo del taller eNCLaUsTRa2 (<https://padlet.com/mlarriva/NCLaUsTRa2>).

Finalmente, concluida la práctica, se distribuyó una encuesta diseñada con el objetivo de evaluar la actividad. La encuesta anónima diseñada con *Online Surveys* de la plataforma Jisc (Jisc, s. f.). A continuación, se comentan los resultados de la encuesta.

3. Resultados

La evaluación de la actividad nos permite comprobar la alineación de la actividad con los objetivos planteados, detectar fallos de diseño o de ejecución y plantear mejoras para futuras ediciones del taller. También, permite determinar si nuestros alumnos, futuros profesores de secundaria, se plantean incorporar las herramientas y dinámicas mostradas y trabajadas con nosotros en sus programaciones didácticas. Esta información es esencial para valorar el impacto de nuestra innovación docente y su repercusión a medio y largo plazo.

La participación en el taller fue alta, participando un 79% (19 de 24) de los alumnos matriculados. Además, a partir de las respuestas del cuestionario de evaluación (Tabla 1) se puede concluir que el taller tuvo una buena recepción. Los alumnos valoraron el taller en su conjunto con una media de 8,5 (sobre 10).

Tabla 1. Resultados de la encuesta de evaluación del proyecto eNCLaUsTRa2 (edición 2020).
Fuente: Larriva et al., 2021.

Preguntas	Respuestas
¿En cuántos talleres similares a eNCLaUsTRa2 has participado desde marzo de 2020?	Para el 50% de los alumnos fue el primer taller práctico en línea al que asistían entre marzo y diciembre de 2020
Respecto al uso de Padlet en el taller:	El 72% de los alumnos no conocían la aplicación
Preguntas relativas al preestreno (sesión 1)	
Valora de 0 a 10 (0 totalmente inútil, 10 indispensable) el video de presentación del taller que se os hizo llegar unos días antes de la sesión síncrona.	8,2
Respecto al primer reto planteado en el video de presentación (visualización de la práctica en el canal de YouTube de la RSC):	Pude ver el video antes del taller y seguir la explicación sin problemas (55%) Pude ver el video, pero tuvieron dificultades para seguir la explicación (18%) No vi el video antes de la sesión 2 (27%)
Respecto al segundo reto planteado en la video-presentación (preparación/obtención del material para la práctica):	Tuve todo listo a tiempo porque no necesité comprar nada (19%) Tuve todo listo a tiempo, aunque necesité salir a comprar algunas cosas (27%) No pude tenerlo todo listo a tiempo porque no encontré parte del material (27%) No me dio tiempo a tenerlo listo en un plazo tan ajustado (27%)
Preguntas relativas a la sesión en línea síncrona (sesión 2)	
Valora de 0 a 10 (0 muy deficiente, 10 excelente) la interacción con los ponentes durante la actividad a través de Blackboard.	8,0
En cuanto a la duración, el taller te ha parecido:	Adecuado (63%) Correcto, pero me hubiera gustado tener más tiempo para la discusión y puesta en común de los resultados (37%)
Valora de 1 a 5 (1 muy deficiente, 5 excelente) el material proporcionado y co-creado a través de Padlet.	4,0
Respecto a la relevancia de la práctica de colorimetría y su relación con el currículo de tus futuros alumnos:	Todos los participantes excepto uno la consideran adecuada para alumnos de segundo ciclo de ESO y de Bachillerato.
¿Valora incluir la realización de prácticas online en tus futuras programaciones didácticas?	Sí, me parece una idea muy interesante (46%) Sí, pero sólo en Bachillerato (9%) No lo se, es pronto para decidir (36%) No, no tiene recorrido más allá del confinamiento (9%)
Nota global de eNCLaUsTRa2:	8,5
Lo que más te ha gustado	La dinámica del taller, la rapidez de experimento y el uso de Padlet.
¿Te parecería interesante que se celebrasen nuevas ediciones del taller eNCLaUsTRa2 dentro del Máster de Profesorado?	10 de los 11 participantes en la encuesta respondieron afirmativamente

Como el taller eNCLaUsTRa2 se organizó en dos sesiones, la encuesta incluyó preguntas relativas a cada una de ellas por separado. Con referencia al preestreno, el video de presentación fue valorado positivamente (8,2). Un 27% no pudo realizar la primera tarea propuesta, ver el video de la RSC (RSC, 2020), y un 18% tuvo dificultades para seguir las explicaciones dadas en dicho video, aunque no es posible saber si fue debido a dificultades para entender el video en versión original o al contenido científico, puesto que no se preguntaron los motivos concretos. Esto correlaciona con que un 54% de los participantes no completaron la segunda tarea, tener todo el material disponible, indicando “falta de tiempo” como motivo principal. Aunque estos alumnos no pudieron participar en el taller como experimentadores, sí que pudieron participar como espectadores en la sesión síncrona y compartir su experiencia.

Durante la sesión síncrona se utilizaron las aplicaciones Bb Collaborate y Padlet para reproducir virtualmente el entorno de trabajo y el ambiente colaborativo que normalmente existe entre los docentes y el alumnado en las sesiones de prácticas de laboratorio presenciales. Los encuestados valoraron positivamente la interacción a través de la plataforma con un 8,0. Aunque la mayoría de los encuestados consideraron que la duración del taller era adecuada, un 37% hubiese preferido tener más tiempo para discutir y poner los resultados en común. Respecto a las herramientas colaborativas virtuales, el 72% de los participantes no conocía la aplicación Padlet. Es interesante destacar que su uso les ha resultado interesante y que valoran incluirla en su práctica docente.

Por otra parte, la mayor parte de los alumnos consideraron que la temática del experimento, una colorimetría que utiliza un *smartphone* a modo de detector, era adecuada para el del currículo de Física y Química en el segundo ciclo de la ESO o en Bachillerato. Además, un 46% valoró positivamente la programación de sesiones de laboratorio desarrolladas de forma síncrona utilizando plataformas virtuales.

Finalmente, los encuestados consideraron interesante que se realizaran futuras ediciones del taller dentro del Máster de Profesorado de Educación Secundaria. Igualmente, destacaron la rapidez con la que se realizó el experimento y el dinamismo del taller. Pensamos que estas respuestas están en línea con nuestra idea de incentivar y mantener una participación activa y sostenida a lo largo de toda la sesión, y que logramos con la ayuda de herramientas colaborativas muy versátiles, como Padlet. A tenor de las respuestas, los objetivos generales planteados para esta intervención educativa parecen cumplidos.

4. Conclusiones

La combinación de los entornos virtuales de aprendizaje como (Bb Learn), herramientas de comunicación síncrona (Bb Learn), muros colaborativos (Padlet), aplicaciones informáticas (Tracker) y aplicaciones que permiten el los sensores del móvil como instrumentos de medida (Physics Toolbox Suite, Phypox) nos han permitido completar de una manera satisfactoria el programa de prácticas de la asignatura Complemento de Formación Disciplinar (Física y Química) utilizando distintas modalidades de docencia (presencial y remota) en un periodo de restricciones a la movilidad resultante de las medidas de contención de la propagación de la pandemia de COVID-19.

El desarrollo de esta primera edición del taller eNCLaUsTRa2 ha permitido exportar a un formato remoto la experiencia de una sesión de laboratorio presencial. Los resultados de la encuesta de evaluación nos indican que la experiencia ha sido muy positiva, aunque el diseño de la actividad

necesite mejoras para minimizar las dificultades que puedan encontrar los alumnos y faciliten exportar la actividad a la docencia con estudiantes de secundaria.

Además de ser una forma de completar el currículo práctico de las asignaturas con una fuerte carga experimental en tiempos de confinamiento, este tipo de talleres puede ser una herramienta útil para entrenar a los futuros profesores en el desempeño de su profesión en circunstancias que les obliguen a estar lejos de su alumnado. Por otra parte, este tipo de talleres también permite el desarrollo de experimentos en colaboración entre distintos grupos de uno u varios centros, o la interacción con expertos externos de la universidad u otros centros de investigación.

Por último, los talleres prácticos virtuales como eNCLaUsTRa2 han demostrado ser una herramienta muy útil para la formación del futuro profesorado de secundaria en competencias TIC, ya que esta actividad utiliza distintas herramientas TIC docentes de forma síncrona, y con una fuerte componente interactiva. Tal y como señala la OCDE en su informe sobre la preparación de profesores y alumnos para afrontar las consecuencias de la pandemia de SARS-CoV-2 en su referencia a España (OCDE, s.f.), sólo un 38% de los profesores afirmaba haber recibido adiestramiento en el uso de herramientas TIC durante su etapa de formación, siendo este porcentaje muy inferior a la media europea (56%). Esperamos que iniciativas como las que presentamos en este trabajo sirvan para reducir esta diferencia en un futuro próximo.

Agradecimientos

Esta intervención educativa forma parte del proyecto “Uso del teléfono inteligente como herramienta didáctica en la docencia práctica de la Física y la Química para los estudiantes del Máster de Profesorado”, financiado por la Universidad de La Rioja con referencia: PID-41 2018/19 y del proyecto “Shake your bonds up!”, financiado por The Royal Society of Chemistry mediante una beca RSC Small Outreach Grant (RSC-SOG-Larriva-2019).

Referencias

- Abrahams, I., y Millar, R. (2008) Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30, 1945-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Enríquez, P. A., Puyuelo, M. P., Guallar, F. J., Larriva, M. Y, y Martínez, J. A. (23-24 de septiembre de 2020). Formación de profesorado: el smartphone en la docencia práctica de la Física. *CIVINEDU 2020 4th International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* (pp. 81-82) Adaya Press. <http://www.civinedu.org/wp-content/uploads/2020/11/CIVINEDU2020.pdf>.
- Johnstone A. H., y Al-Shuaili A. (2001) Learning in the laboratory; some thoughts from the literature, *University Chemistry Education*, 2, 42-51. https://www.rsc.org/images/Vol_5_No2_tcm18-7041.pdf
- Jisc (2020). JISC Online surveys. Encuesta del taller Quíficos Enclaustra2. <https://oxford.onlinesurveys.ac.uk/quificos-enclaustra2>
- Kuhn, J., y Vogt, P. (2015). Smartphones & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. En W. Schnotz, A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, J.

- y Pretsch (Eds). *Multidisciplinary Research on Teaching and Learning* (pp. 253-269). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137467744_14
- Larriva M., Martínez, J. A., Puyuelo, M. P., Guallar, F. J., y Enríquez, P. A. (2021) Formación del profesorado para la docencia síncrona de las Ciencias Experimentales a través de plataformas de comunicación digital: el proyecto eNCLaUsTRa2. *VII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. <http://doi.org/10.4995/INRED2021.2021.13776>
- O'Donoghue, J. (2021, 20 de enero) Smartphone Spectroscopy, *Education in Chemistry*, <https://edu.rsc.org/ideas/back-to-basics-with-spectrophotometry/4012965.article?adredir=1>
- Padlet (s. f.) Página inicio de Padlet. Pizarra colaborativa. <https://es.padlet.com/>
- PhET (s. f.). *PhET interactive computer simulations*. University of Colorado Boulder. Recuperado 1 de octubre de 2021, <https://phet.colorado.edu/>
- Phyphox (s. f.). *phyphox. Physical Phone Experiments*. RWTH Aachen University. Recuperado 1 de octubre de 2021, <https://phyphox.org/>
- The Royal Society of Chemistry. (s.f.) *Inicio* [YouTube Channel] YouTube. Recuperado 1 de octubre de 2021 <https://www.youtube.com/user/wwwRSCorg>
- The Royal Society of Chemistry. (2020, 15 de mayo). *Smartphone Spectroscopy* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=0954J_5NI88
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (s.f.) *School education during COVID-19: Were teachers and students ready? Country notes: Spain*. <https://www.oecd.org/education/coronavirus-education-country-notes.htm>
- Sharma, M. D (2021) Experimentation in Physics Education: Should We Bother. En Jarosievitz, B. and Sükösd, C. (Eds). *Teaching-Learning Contemporary Physics: From Research to Practice* (pp. 127-136) Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_8
- STEM Santa Eugenia (2021) *Portfolio de actividades STEM 2019-2021 desarrolladas en el IES Santa Eugenia de Madrid*. <http://www.iessantaeugenia.es/index.php/298-sin-categoria/stem-santa-eugenia/1447-stem-santa-eugenia>
- Tracker (s. f.). *Tracker Video Analysis and Modelling Tool for Physics Education*. Recuperado 1 de octubre de 2021, <https://tracker.physlets.org/>
- Vieyra Software (s. f.) *Physics Toolbox*. <https://www.vieyrasoftware.net/?lang=es>