

Laboratorios remotos para recuperar la actividad experimental

Josué Dionofrio¹, María Florencia López¹, Fernando Capuya¹, César Nahuel Moya¹, Jorge Maeyoshimoto¹ e Ignacio Idoyaga^{1,2}

¹ Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires (Argentina)

josue.dionofrio@uba.ar; mflorencia.lopez@uba.ar; fcapuya@gmail.com; nmoya@ffyb.uba.ar; jmaeyoshimoto@ffyb.uba.ar

² Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)

iidoyaga@ffyb.uba.ar

Resumen. La enseñanza de las ciencias naturales, durante la Educación Remota de Emergencia producto de la pandemia de COVID-19, se vio particularmente interpelada por la dificultad de acceso al laboratorio y al equipamiento específico necesario para la realización de actividades experimentales. En este trabajo se realiza un estudio de carácter descriptivo del uso de Laboratorios Remotos en una propuesta de enseñanza de Química y Física en la universidad, indagando en la autopercepción de aprendizaje de los estudiantes. Para esto, se utilizó un cuestionario con preguntas tipo Likert y se analizaron los momentos del día donde los estudiantes utilizaban estos dispositivos. Los resultados muestran que el 56% de los usos registrados ocurrieron fuera del horario de las asignaturas, y que los estudiantes valoran lo que los Laboratorios Remotos pueden ofrecer para su aprendizaje en lo que respecta al quehacer experimental, mas no los consideran útiles para resolver problemas y ejercicios de lápiz y papel.

Palabras clave: Laboratorios Remotos, Tecnología educativa, Enseñanza de las Ciencias, Actividad experimental

1. Introducción

La irrupción de la pandemia de COVID-19 y la consecuente suspensión de actividades presenciales obligaron a las instituciones educativas a incorporar nuevas mediciones. Por primera vez, de manera masiva, las universidades se vieron forzadas a implementar diferentes estrategias con el fin de sostener una Educación Remota de Emergencia (ERE) para garantizar la continuidad educativa. Este tipo de modelo no busca construir un ecosistema educativo robusto, a diferencia de propuestas como las de e-learning o b-learning [1], pero no es menos interesante para la investigación educativa.

La enseñanza de las ciencias naturales se vio interpelada especialmente por la dificultad del acceso al laboratorio y al equipamiento específico necesario para la realización de actividades experimentales (AE). Los planes de estudio de carreras universitarias asociadas a ciencias biomédicas (bioquímica, farmacia, medicina, por mencionar algunas) incluyen las asignaturas Física y Química, las cuales enfrentan el desafío de recuperar la actividad experimental en la ERE.

El trabajo empírico es un modo de conocer privilegiado en las ciencias naturales. En consecuencia, resulta relevante buscar alternativas para recuperar las AE en entornos digitales como los de la ERE. Algunas de estas están muy documentadas, como la realización de Actividades Experimentales Simples (Laboratorios Caseros), el uso de los sensores presentes en los teléfonos celulares (Laboratorios Móviles) y el uso de simuladores (Laboratorios Virtuales) [2]. Otras propuestas incluyen el uso de Laboratorios Remotos (LR).

Los LR son un conjunto de tecnologías *Hardware* y *Software* que permiten a estudiantes y profesores, a través de Internet, llevar adelante actividades experimentales reales manipulando remotamente instrumental robotizado, sin tener que estar físicamente en el mismo lugar que el equipamiento [3]. La ventaja de este tipo de tecnología es la posibilidad de acceder a su uso desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que lo convierte en una alternativa interesante para la ERE. Los LR son considerados potentes herramientas para promover el aprendizaje de competencias científicas [4] y de procedimientos intelectuales y sensorio-motores propios del quehacer experimental y del ejercicio profesional [5].

Podemos clasificar los LR según el modo de visualizar la experiencia: Laboratorios en Tiempo Real (LTR), donde la manipulación ocurre de manera sincrónica, y Laboratorios Diferidos (LD), que están basados en un conjunto de experiencias grabadas previamente. Estos últimos ofrecen una serie de ventajas. Por un lado, facilita el acceso a múltiples usuarios en simultáneo, dado que no requiere el control del mismo dispositivo al mismo tiempo, y por otro, evita retrasos o interrupciones por averías en los equipos. A esto se suma que para las experiencias en química, las cuales se caracterizan por la irreversibilidad de la mayoría de los procesos de estudio, no requieren un uso excesivo de reactivos [6].

Los LR otorgan al estudiantado la posibilidad de aprender realizando AE. Permiten la autorregulación de los aprendizajes ya que las prácticas pueden realizarse la cantidad de veces que considere necesario, en cualquier horario e introduciendo modificaciones. Es más, la experimentación remota favorece la creatividad e iniciativa [7] y permite distintos tipos de aprendizaje. En el mismo sentido, la inclusión de LR en una propuesta de ERE tiene la potencialidad de aumentar la cantidad de AE, maximizando las oportunidades de construir conocimiento científico.

El propósito de este trabajo es estudiar algunos aspectos asociados a la implementación de propuestas que involucran el uso de LR para la enseñanza de la física y la química en cursos universitarios durante la pandemia de COVID-19. Particularmente, se plantean dos objetivos. Por un lado se pretende conocer la percepción de aprendizajes de los estudiantes participantes. Por otro lado, se busca identificar los usos de LR realizados.

2. Materiales y métodos

En este apartado se describe el modo en el que fueron utilizados los LR en propuestas de enseñanza de física y química universitarias, la población que los utilizó, y el método empleado para conocer la autopercepción de aprendizaje que tienen los estudiantes al usar LR, y la distribución horaria con la que los han usado.

2.1. La implementación

Las propuestas didácticas consideradas, que incluían el uso de LR por parte de los estudiantes, se implementaron en los cursos de Química (Cátedra Idoyaga) y Física e Introducción a la Biofísica (Cátedra Cisale) del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Ambas cátedras cuentan con una población masiva y heterogénea (alrededor de 8000 estudiantes por año) y con un equipo de aproximadamente 40 docentes, entre ambas. Para sostener la ERE, las asignaturas contaban con un entorno virtual de enseñanza y aprendizaje en la plataforma MOODLE (versión 3.2), donde se implementaron las propuestas.

Las actividades diseñadas e implementadas utilizaban LR ofrecidos por la plataforma Labsland (<https://labsland.com/es>). En Química se utilizaron dos LR: uno de gases ideales y otro de valoración ácido-base, mientras que en Física se utilizaron uno de plano inclinado y otro de circuitos en serie y paralelo. En el caso de Química, la propuesta incluyó la elaboración de un informe de laboratorio, mientras que la cátedra de Física propuso una actividad basada en cuestionarios de preguntas cerradas.

2.2. Metodología

En primer lugar, para poder caracterizar el uso de los LR en las propuestas didácticas, se puede observar la frecuencia con la que los estudiantes accedieron al recurso, y la hora a la cual lo hicieron. Al llevarse adelante esta propuesta en una plataforma virtual, se tiene registro de cuántas veces y en qué momentos los estudiantes accedieron a los LR y a sus recursos asociados. Esto lo permite tanto la plataforma MOODLE como el entorno de Labsland.

En segundo lugar, para conocer qué aprendizajes vinculados a la AE perciben los estudiantes, se diseñaron enunciados tipo Likert para recuperar sus opiniones sobre el uso de estos dispositivos. Al finalizar las actividades que involucran a los LR, se les pidió completar un formulario con estos enunciados donde debían señalar si se encontraban totalmente en desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, parcialmente de acuerdo o totalmente de acuerdo. Estos enunciados, validados por expertos y adaptados de la propuesta de Heck [8], son los presentados en la tabla 1. Los enunciados que fueron numerados con la letra E buscaban preguntar de manera directa su percepción, mientras que los numerados con la letra C preguntaban por la negativa, con el fin de detectar posibles sesgos o inconsistencias.

Tabla 1. Enunciados para medir la percepción de aprendizaje de los estudiantes

E1	El trabajo con los Laboratorios Remotos me ayudó a comprender mejor los conceptos de la clase.
E2	El trabajo con los Laboratorios Remotos me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja en el laboratorio de Biofísica.
E3	El trabajo con los Laboratorios Remotos me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja con datos experimentales.
E4	El trabajo con los Laboratorios Remotos me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja con gráficos.
E5	El trabajo con los Laboratorios Remotos me ayudó a resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.
C1	El trabajo con los Laboratorios Remotos me resultó poco útil a la hora de comprender los conceptos de la clase.
C2	El trabajo con los Laboratorios Remotos me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja en el laboratorio de Biofísica.
C3	El trabajo con los Laboratorios Remotos me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja con datos experimentales.
C4	El trabajo con los Laboratorios Remotos me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja con gráficos.
C5	El trabajo con los Laboratorios Remotos me resultó poco útil para resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.

A los fines de esta investigación, que propone el estudio del uso de LR, los estudiantes participantes (1062 de química y 249 de física) se trataron como un único grupo. Esto obedece a que la indagación buscó conocer aprendizajes vinculados a la práctica experimental y aspectos de la implementación no vinculados a contenidos específicos. Cabe mencionar, que la estructura y normas de acreditación de los cursos son las mismas.

Los estudiantes prestaron su colaboración de manera voluntaria, y dicha participación no interfirió con el normal desarrollo de las actividades académicas. Los datos fueron anonimizados y utilizados de manera confidencial.

Para el análisis de datos, se recurrió a la estadística descriptiva. Se convirtió el grado de acuerdo en una escala de 1 a 4, donde 1 representa estar completamente en desacuerdo, y el 4 completamente de acuerdo. Luego, se calcularon frecuencias relativas, y estadísticos descriptivos de tendencia central.

3. Resultados y discusiones

En la Figura 1 se pueden observar la cantidad de accesos en función de la hora del día, con las líneas punteadas separando las dos franjas horarias asignadas a los cursos (10 a 13 y de 14 a 17). Ocurrieron un 56% de accesos por fuera de horario de clase, lo cual permite reconocer que el LR es una alternativa que presenta un incremento en la posibilidad de acceso para quienes por diferentes razones no podrían asistir a las clases. De igual manera se registraron usos los fines de semana.

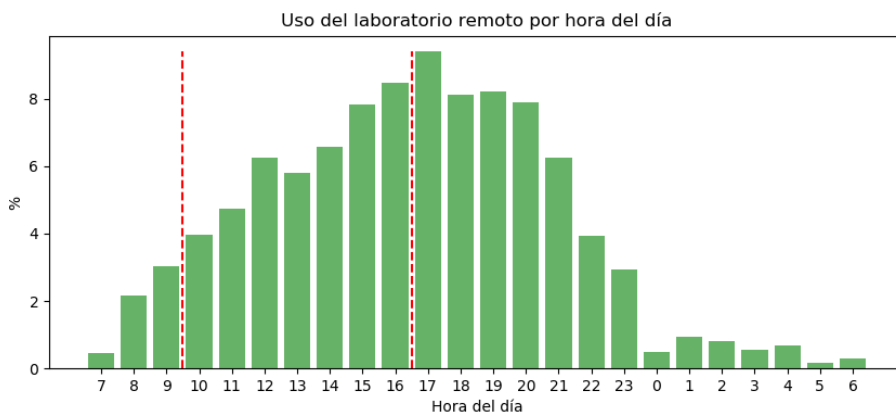


Fig. 1. Cantidad relativa de accesos al Laboratorio Remoto registrado por la plataforma LabsLand. Las líneas rojas marcan el intervalo horario en que se desarrollaban las clases presenciales antes del inicio de las restricciones de movilidad.

Los LR no solo constituyen una posibilidad de recuperar la práctica experimental en un contexto de Educación Remota de Emergencia, si no que es un recurso valioso en contextos masivos y altamente inclusivo, a la luz de los resultados obtenidos, permitiendo que los estudiantes elijan el horario más apropiado para acceder a la actividad empírica.

La Figura 2 muestra la distribución de los grados de acuerdo de los estudiantes frente a los enunciados diseñados para medir la autopercepción de aprendizaje por la positiva. Se puede notar una cierta homogeneidad para los enunciados E1, E2, E3 y E4 con mayor nivel de respuestas asociadas a los niveles 3 y 4 (alto grado de acuerdo). Lo mismo se encuentra observando la Tabla 2 que presenta los valores media y moda de estas distribuciones. Esto indica que los estudiantes valoran el uso de LR como una aproximación a la actividad experimental y que además su uso favorece a la comprensión de los conceptos teóricos.

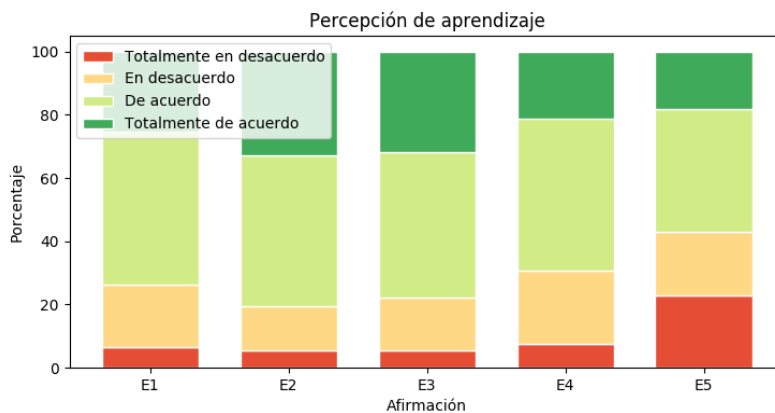


Fig. 2. Porcentaje obtenido para cada uno de los 5 enunciados en estudio.

En el enunciado E5 es más alto el porcentaje de respuestas de los niveles 1 y 2 (bajo grado de acuerdo), es decir que los estudiantes consideran que el uso de LR los ayudó en menor medida a resolver ejercicios y problemas presentes en la asignatura.

Tabla 2. Valores de tendencia central obtenidos para cada enunciado utilizado

Enunciados	E1	E2	E3	E4	E5
Moda	3	3	3	3	3
Media	2.820	3.028	3.068	2.916	2.512

Las actividades propuestas con los LR parecen no poder alcanzar las expectativas de los estudiantes respecto a la ayuda que éste le proveería al momento de resolver ejercicios y problemas planteados en otras instancias del curso (E5). En este sentido, se debe señalar que los objetivos que persigue una actividad experimental y la resolución de ejercicios de lápiz y papel son diferentes; las primeras valoran procedimientos vinculados a la recolección de datos, la construcción e interpretación de gráficos y el control de variables, mientras que las segundas buscan desarrollar un dominio sobre modelos físicos y matemáticos. Es comprensible que un 20% de los estudiantes considere estar en absoluto desacuerdo con que los LR los ayuden en la resolución de ejercicios y problemas propuestos.

Los grados de acuerdo con los enunciados control (C1 a C5) fueron coherentes con los enunciados por la positiva (E1 a E5), mostrando un alto grado de coherencia interna.

4. Conclusiones

La evidencia recolectada en los estudios presentados en este trabajo permiten describir el impacto que tiene la inclusión de LR en cursos universitarios de física y química.

En primer lugar, los múltiples usos de este recurso en horarios por fuera del establecido para el dictado de las asignaturas dan cuenta de la extensión de posibilidades de aprendizaje que otorga su inclusión. La naturaleza diferida de los LR utilizados suponen una ventaja en ese sentido respondiendo a un problema preexistente en instituciones que no cuentan con los recursos y el equipamiento para proponer actividades experimentales con poblaciones estudiantiles masivas y heterogéneas como fue el caso estudiado.

En segundo lugar, el cuestionario aplicado pone en el centro la dimensión cognitiva del uso de los LR. Los estudiantes destacan el valor que tiene el uso de LR para el aprendizaje de la gestión de datos experimentales y la elaboración de gráficos, contenidos centrales en el trabajo de la AE. Esto da indicios significativos de que los LR funcionan como instrumento para desarrollar habilidades y competencias propias del quehacer experimental.

En tercer lugar, los estudiantes señalan la desconexión entre el trabajo experimental realizado a partir de la utilización del LR y los saberes involucrados en la resolución de problemas. Es decir que, mediante la investigación realizada, es posible identificar aspectos a mejorar en las propuestas llevadas adelante. Esta observación pone en evidencia la importancia de sostener e incentivar la investigación en el campo de la educación en ciencias, con el fin de poder perfeccionar propuestas didácticas en miras de la enseñanza en la pospandemia. La investigación en temas de LR se vuelve necesaria para desarrollar estrategias que respondan tanto a contextos de emergencia como a la mejora de la educación en ciencias naturales, especialmente cuando se habla de una educación pública.

En último lugar, que los estudiantes valoren positivamente el uso de LR en su proceso de aprendizaje también demuestra la existencia de tierra fértil para avanzar en el diseño de propuestas didácticas que articulen sinérgicamente estos recursos con otros que involucren a la AE, como las Actividades Experimentales Simples y los Laboratorios Virtuales. El modelo didáctico del Laboratorio Extendido [2], entendido como un ecosistema de recursos virtuales y reales de mayor o menor complejidad podría dar respuesta a la problemática analizada en este trabajo, generando escenarios que propicien mayores probabilidades de que se produzcan aprendizajes asociados a la AE.

5. Referencias

- [1] Hodges, C. Moore, S. Lockee, B. Trust, T. y Bond, A (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. Recuperado (mayo 15, 2020) de: <https://er.educause.edu>
- [2] Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Nahuel Moya, C., Montero-Miranda, E., & Garro-Mora, A. L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26. Recuperado a partir de [//campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17](http://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17)
- [3] Arguedas-Matarrita C. Concari, S. B. & Marchisio, S.T. (2017). Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica. En: I Simposio Ibero-Americano de Tecnologías Educativas, Araranguá, Santa Catarina, Brasil, 8 al 10 de mayo, 2017.
- [4] Morales-Menendez, R., y Ramírez-Mendoza, R. A. (2019). Virtual/Remote Labs for Automation Teaching: A Cost Effective Approach. *IFAC-PapersOnLine*, 52(9), 266-271. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.219> 5.
- [5] Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, (21).
- [6] Pokoo-Aikins, G.A., N. Hunsu, N., y May, D. (2019). Development of a Remote Laboratory Diffusion Experiment Module for an Enhanced Laboratory Experience. *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Covington, KY, USA, 2019, pp. 1-5. DOI: 10.1109/FIE43999.2019.9028460
- [7] Aramburu Mayoz C., Da Silva Beraldo A., Villar-Martinez A. Rodriguez-Gil L., Moreira de Souza Seron W., Oliveira T., y Orduña P. (2020). FPGA Remote Laboratory: Experience in UPNA and UNIFESP. Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer: Cham.
- [8] Heck, C. (2017). Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/179798>