

# Laboratorios remotos en la educación en física: la percepción de los estudiantes

## Remote lab in physics education: students' perception

Josué Dionofrio<sup>1\*</sup>, César Nahuel Moya<sup>1</sup>, Florencia López<sup>1</sup>, Jorge Maeyoshimoto<sup>1</sup>, Gabriela Lorenzo<sup>1,2</sup> e Ignacio Idoyaga<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Junín 956, CP 1113, Buenos Aires. Argentina.

<sup>2</sup>CONICET. Argentina.

\*E-mail: [josue.dionofrio@uba.ar](mailto:josue.dionofrio@uba.ar)

### Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación exploratoria, con pretensiones descriptivas, sobre la percepción de los estudiantes de un curso de Física de primer año universitario sobre el uso de laboratorios remotos en un contexto de enseñanza remota de emergencia. Se estudiaron dimensiones como la satisfacción, la percepción de aprendizaje y la usabilidad de estos dispositivos. Lo que se registra es que hay una percepción ampliamente positiva sobre la usabilidad, un grado elevado de satisfacción en su uso, y que tiene un alto impacto en lo que refiere al aprendizaje de procedimientos como la elaboración de gráficos y la gestión de datos. Sin embargo, la opinión acerca de que estos laboratorios puedan apoyar la comprensión de otros contenidos del curso, no parece ser tan contundente, lo cual invita a repensar la propuesta de enseñanza objeto de la pesquisa.

**Palabras clave:** Laboratorios remotos; Educación a distancia; Universidad; Enseñanza de la física.

### Abstract

This paper presents the results of an exploratory research, with descriptive claims, on the perception of the students of a Physics course in the first year of university on the use of Remote Laboratories in a context of Remote Emergency Teaching. Dimensions such as satisfaction, perception of learning and usability of these devices were studied. Results shows that there is a broad positive perception of usability, a high degree of satisfaction in its use, and that it has a high impact in terms of learning procedures such as graphing and data management. However, it does not seem to be so forceful regarding the possibility of these laboratories to support the understanding of other course contents, which invites us to rethink the teaching proposal that is the object of the research.

**Keywords:** Remote lab; E-learning; University; Physics teaching.

## I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 y la instauración de medidas de restricción de movilidad llevaron forzosamente a construir y sostener propuestas de Enseñanza Remota de Emergencia (ERE) en la Universidad (García-Peñalvo, Corell, Abella-García y Grande, 2020). Muchos son los aspectos a considerar en la emergencia, pero resulta de particular interés el rol de las actividades experimentales (AE). Es sabido que la actividad empírica es un modo de conocer privilegiado en la educación en las ciencias naturales. El trabajo en el laboratorio de ciencias constituye un contenido medular en estas áreas (Franco Moreno, Velasco Vásquez y Riveros Toro, 2017). Por eso, recuperar ese tipo de actividades en una propuesta mediada por tecnología es una necesidad que merece especial atención.

Una de las posibles estrategias para atender esta necesidad es incorporar a las propuestas diseñadas en el contexto de ERE actividades que utilicen laboratorios remotos. Mucho se ha investigado sobre el uso de este tipo de tecnología (Arguedas-Matarrita y Concari, 2019a) pero no especialmente en contextos masivos y heterogéneos como se propone en este trabajo.

El objetivo de esta investigación es identificar la percepción de los estudiantes sobre la inclusión de una propuesta que utilice laboratorios remotos. Se pretende avanzar en el conocimiento del uso educativo de esta tecnología.

## II. LABORATORIOS REMOTOS

Los laboratorios remotos (LR) son un conjunto de tecnologías *hardware* y *software* que permiten a estudiantes y profesores, a través de Internet, llevar a cabo AE sosteniendo algunos aspectos que resultan similares a la experiencia en el laboratorio presencial. La diferencia radica en que la manipulación del equipamiento se realiza a distancia, dado que el LR tiene un diseño robotizado que admite su control desde cualquier lugar y en cualquier momento (Idoyaga, Vargas-Badilla, Moya, Montero-Miranda y Garro-Mora, 2020). Estos dispositivos tienen cierto grado de difusión en la educación física (Arguedas-Matarrita *et al.*, 2019) e ingeniería (Ortel, Haertel y Frye, 2020), y resultan idóneos para una propuesta de educación remota, donde acceder a un laboratorio presencial no es posible.

Algunos LR admiten la realización de actividades que no suceden en tiempo real, es decir, están basados en un conjunto de experiencias reales grabadas. A este tipo de LR se los conoce como Laboratorios Diferidos (LD). El uso de LD se presenta como una oportunidad en la enseñanza en cursos masivos de física, dado que permiten la realización de una experiencia con múltiples usuarios en simultáneo, sin tiempos de espera, y con la capacidad de repetir las mediciones las veces que se desee.

En la educación superior, las secuencias didácticas con LR brindan la oportunidad de aumentar la autonomía de los estudiantes en el trabajo experimental. Al no estar limitados por cuestiones de acceso y disponibilidad, ofrecen la posibilidad de repetir y modificar los ensayos para permitir la autorregulación de los aprendizajes. En este sentido, tienden a fortalecer la creatividad e iniciativa (Aramburu Mayoz *et al.*, 2020).

En esta investigación se utilizaron dos LD disponibles en la plataforma *Labsland*. Por un lado, un plano inclinado que permite ajustar la inclinación y medir el tiempo en el que un cuerpo, que está en movimiento rectilíneo uniformemente variado, pasa por sensores distribuidos a lo largo de la longitud del plano (figura 1, a). Por otro lado, un panel con un circuito eléctrico que permite abrir y cerrar llaves y observar cambios en la luminosidad de algunas lámparas de wolframio, (figura 1, b).

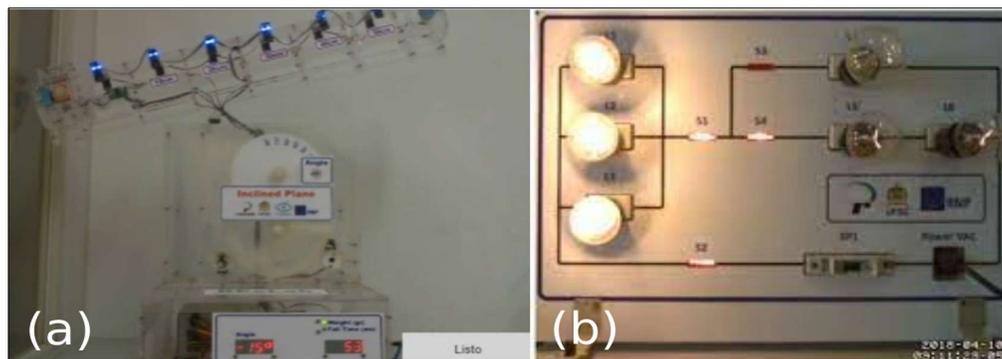


FIGURA 1. Los laboratorios remotos utilizados en la asignatura. En (a) el plano inclinado y en (b) el circuito con llaves.

## III. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La asignatura Física e Introducción a la Biofísica, donde se realizó la pesquisa, se ofrece en el Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires, primer año de todas las carreras. En particular, el curso se dicta tres veces por año y recibe a estudiantes de Ciencias Biomédicas (Veterinaria, Farmacia, Bioquímica, Medicina, entre otras). Durante el primer cuatrimestre de 2021 asistieron 1500 estudiantes.

El dictado del curso se realizó en su totalidad mediado por tecnologías. Se contó con una plataforma MOODLE donde se puso a disposición una serie de materiales modulares. Se recomendó la lectura de bibliografía, se ofrecieron videos introductorios a los temas de cada módulo, se prepararon guías de ejercicios y una serie de materiales adicio-

nales con el fin de poner en contexto los contenidos discutidos en cada módulo. Por último, se dispusieron evaluaciones formativas diversas necesarias para propiciar la autogestión de los aprendizajes (Idoyaga, Capuya, Dionofrio, López y Moya, 2020).

Para la interacción entre docentes y estudiantes, se ofreció una instancia asincrónica, mediante un foro de preguntas, y encuentros sincrónicos con carácter de tutorías y una amplia disponibilidad a lo largo de la semana, para que los estudiantes pudieran optar por el día y horario de preferencia.

El régimen de evaluación del curso consistió en dos evaluaciones parciales, donde se debía responder a una serie de preguntas utilizando adecuadamente los modelos trabajados en los diferentes módulos, y la realización de dos trabajos prácticos donde se utilizaron los LR.

Los trabajos prácticos consistieron en una serie de consignas cuya resolución implicaba medir, registrar y comparar experiencias o situaciones en los LR. Las actividades propuestas involucraban la elaboración de gráficos, una actividad que no era puesta en juego en ningún otro espacio dentro de la asignatura. Para apoyar el desarrollo de esta actividad, el trabajo práctico fue acompañado por una serie de tutoriales, tanto de elaboración de gráficos con planilla de cálculo como de uso de LR, un foro especial para preguntas sobre las consignas a resolver y un conjunto de tutorías sincrónicas dedicadas únicamente al trabajo en LR.

#### IV. METODOLOGÍA

En este escrito se presenta una investigación realizada con la participación voluntaria y debidamente informada de los estudiantes de la asignatura en cuestión, con la intención de explorar la percepción de los mismos sobre la propuesta de trabajo con LR. El trabajo, con pretensiones descriptivas, responde al enfoque cuantitativo.

Se aplicó un cuestionario de carácter optativo sobre el uso de los LR en la asignatura, con el fin de conocer la percepción de los estudiantes respecto a tres dimensiones de interés: usabilidad, satisfacción y percepción de aprendizaje. El cuestionario, además de preguntar por género y condiciones de cursada (dispositivos utilizados, conectividad y demanda laboral), contenía una serie de enunciados tipo Likert diseñados para aportar información sobre estos tres tópicos de interés (tablas I, II y III). El cuestionario es una readaptación de lo realizado por Idoyaga *et al.* (2020), inspirado en la propuesta de Heck (2017) y validado por expertos previamente. Cada uno de los enunciados tiene una equivalente por la negativa, con el fin de detectar posibles sesgos. Los enunciados fueron presentados de manera aleatoria, y ante cada uno de ellos, se debía indicar si se estaba absolutamente de acuerdo, parcialmente de acuerdo, parcialmente en desacuerdo o totalmente en desacuerdo, respuestas luego asociadas a cuatro números enteros (4,3,2 y 1 respectivamente).

Luego, se calculó la moda y la media de los valores obtenidos para cada uno de los enunciados, tanto por la positiva como por la negativa. De haber consistencia, los estadísticos por la positiva deberán encontrarse distanciados de los valores por la negativa.

Se habilitó la opción para completar el cuestionario ni bien terminó el tiempo esperado para la realización del segundo trabajo práctico, es decir, unos 15 días después de la publicación de las consignas, a través del aula virtual de la asignatura. Para el análisis de datos se recurrió a la estadística descriptiva. Se calcularon frecuencias porcentuales y estadísticos descriptivos de tendencia central (media y moda). En todos los casos se programó en Python para realizar dichos cálculos.

**TABLA I.** Enunciados del cuestionario asociadas a la usabilidad de los LR.

Respecto a la usabilidad	
Por la positiva	E1: Los laboratorios remotos me resultaron fáciles de usar. E2: Durante mi trabajo en los laboratorios remotos logré realizar las acciones deseadas sin problemas. E3: La información disponible en la ventana de los laboratorios remotos me ayudó a manipular las condiciones de la actividad experimental. E4: El tiempo de la sesión en los laboratorios remotos (20 min) fue suficiente para completar la actividad experimental.
Por la negativa	C1: Tuve dificultades para usar los laboratorios remotos. C2: Tuve problemas al realizar las acciones deseadas en mi trabajo en los laboratorios remotos. C3: La información disponible en la ventana de los laboratorios remotos me resultó confusa y no fue útil para realizar la actividad experimental. C4: El tiempo de la sesión en los laboratorios remotos (20 min) fue insuficiente para completar la actividad experimental.

**TABLA II.** Enunciados del cuestionario asociadas a la satisfacción en el uso de los LR.

Respecto a la satisfacción	
Por la positiva	E1: En general, estoy satisfecha/o con los laboratorios remotos que usamos en este curso de Biofísica. E2: El trabajo en los laboratorios remotos fue relevante para mis estudios en este curso de Biofísica. E3: Me gustaría que haya más laboratorios remotos en este curso de Biofísica. E4: Me sentí motivada/o por el trabajo en los laboratorios remotos en este curso de Biofísica.
Por la negativa	C1: En general, estoy insatisfecha/o con los laboratorios remotos que usamos en este curso de Biofísica. C2: El trabajo en los laboratorios remotos aportó poco a mis estudios en este curso de Biofísica. C3: Preferiría que no haya laboratorios remotos en este curso de Biofísica. C4: Los laboratorios remotos en este curso de Biofísica me parecieron poco interesantes.

**TABLA III.** Enunciados del cuestionario asociadas a la percepción de aprendizaje gracias al uso de los LR.

Respecto a la percepción de aprendizaje	
Por la positiva	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.
Por la negativa	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.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. Generales

Respondieron 249 personas, de las cuales 61 personas (24 %) trabajan. De esa subpoblación, 21 personas (34 %) afirman trabajar más de 6 horas por día. Resulta relevante este dato en este caso porque una de las virtudes del uso de un LD es su disponibilidad a cualquier hora y desde lugares que no sean necesariamente la institución educativa. Un o una estudiante que trabaja más de 6 horas al día necesitaría más horas fuera de su casa para tener contacto con una propuesta empírica. De ahí el carácter democratizador de los LR.

El dispositivo más utilizado para acceder a las plataformas fue la notebook (60 %), seguido de la computadora de escritorio (21 %) y luego el teléfono celular (16 %). La enorme mayoría utiliza un dispositivo personal (72 %) mientras que algunos utilizaron un dispositivo compartido con otros miembros de la familia (27 %). Así mismo, la conexión domiciliar representa un 95 % y los datos móviles un 5 %. Nuevamente, la posibilidad que ofrecen los LD incorporados en la propuesta, de operarse desde cualquier dispositivo o en cualquier momento, atiende las necesidades de los estudiantes que se conectan desde dispositivos móviles o que tienen que compartir los equipos y la conexión con familiares o convivientes.

### B. Usabilidad

En la tabla IV se presentan los valores de los estadísticos descriptivos de tendencia central, moda y media, para las respuestas a los enunciados asociados a la usabilidad de los LR. En ella se identifica no sólo la consistencia entre los enunciados por la afirmativa y la negativa, sino también un amplio consenso sobre la adecuada usabilidad que ofrece la plataforma *Labsland*, según la percepción de los mismos estudiantes.

TABLA IV. Estadísticos moda y media para los 4 enunciados sobre usabilidad de los LR.

Enunciados	E1	C1	E2	C2	E3	C3	E4	C4
<b>Moda</b>	4	1	4	1	3	1	4	1
<b>Media</b>	3.316	1.832	3.268	1.624	3.120	1.704	2.972	1.996

En la figura 2 se puede apreciar la distribución completa de las respuestas de los estudiantes, donde se aprecia, entre otras cosas, los muy bajos casos de personas que están en completo desacuerdo con los enunciados que valoran positivamente la usabilidad de los LR utilizados.

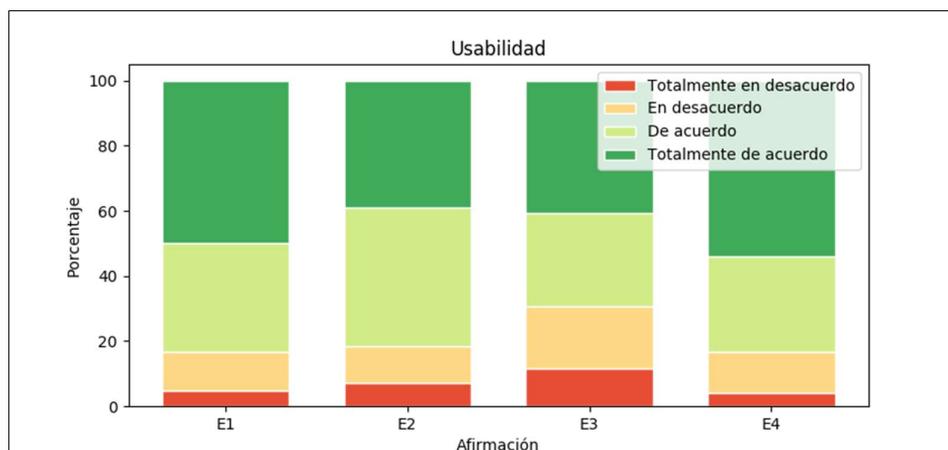


FIGURA 2. Distribución del grado de acuerdo de los estudiantes respecto a los enunciados que valoran la usabilidad de los LR.

### C. Satisfacción

En la tabla V se encuentran los valores de la moda y la media de las respuestas de los estudiantes a enunciados que buscan evaluar el grado de satisfacción en el uso de los LR. A su vez, la figura 3 muestra la distribución completa de estos resultados.

TABLA V. Estadísticos moda y media para los 4 enunciados sobre satisfacción en el uso de los LR

Enunciados	E1	C1	E2	C2	E3	C3	E4	C4
<b>Moda</b>	3	1	3	2	3	1	3	1
<b>Media</b>	3.240	1.636	2.532	2.196	2.712	1.716	2.672	1.868

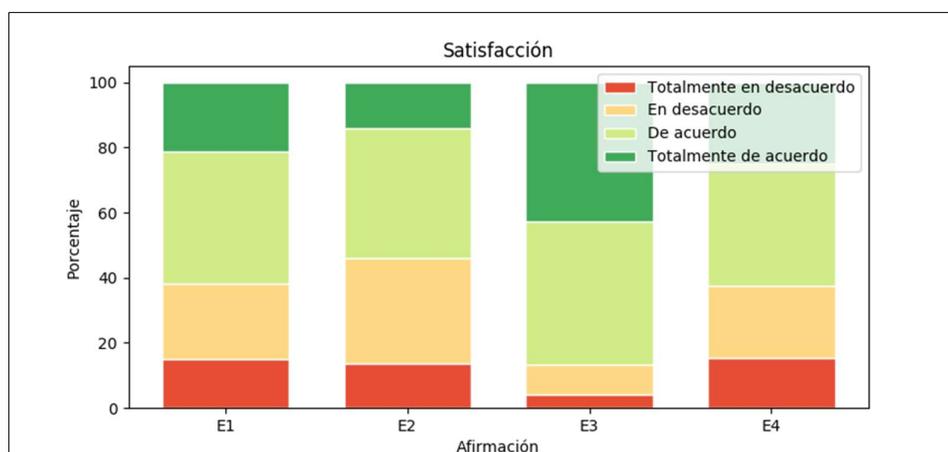


FIGURA 3. Distribución del grado de acuerdo de los estudiantes respecto a los enunciados que valoran la satisfacción en el uso de los LR.

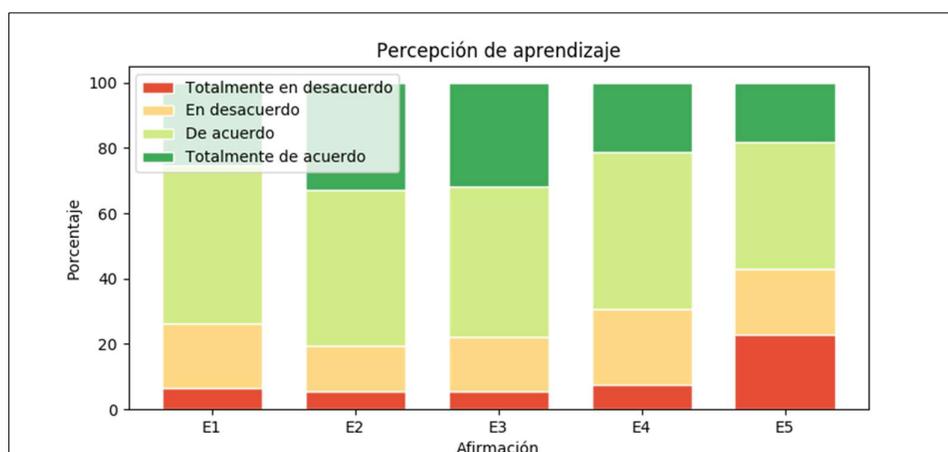
Los enunciados respecto a la satisfacción muestran fuerte coherencia y una percepción positiva por parte de los estudiantes. La única salvedad es el enunciado E2, que indaga sobre si el trabajo con LR les resulta relevante para sus estudios de Biofísica. Según la figura 2, es el enunciado donde menos categóricas han sido las respuestas positivas. Esto podría deberse a cierta ambigüedad en la palabra “relevante”, ya que puede no resultar inmediata la comparación con otras características más concretas.

#### D. Percepción de aprendizaje

Por último, se presentan en la tabla VI los valores de los estadísticos asociados a los 5 enunciados sobre la percepción de aprendizaje al utilizar LR, y en la figura 4 la distribución completa de los resultados.

**TABLA VI.** Estadísticos moda y media para los 5 enunciados sobre la percepción de aprendizaje con el uso de los LR.

Enunciados	E1	C1	E2	C2	E3	C3	E4	C4	E5	C5
<b>Moda</b>	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
<b>Media</b>	2.820	2.028	3.028	1.924	3.068	1.892	2.916	1.924	2.512	2.160



**FIGURA 4.** Distribución del grado de acuerdo de los estudiantes respecto a los enunciados que valoran la usabilidad de los LR.

En este caso, si bien las modas no lo reflejan, las medias más cercanas entre sí parecen ser las de los enunciados E1 y E5. Ambos se refieren a características muy concretas de la asignatura: si el uso de LR ayudó a comprender mejor otros aspectos de los contenidos y si ayudó a la resolución concreta de ejercicios y problemas planteados. Podrían darse dos motivos por los cuales estos enunciados no tienen resultados tan categóricos como los demás. En primer lugar, la resolución de la guía de ejercicios y problemas es una actividad con mucho protagonismo en la propuesta didáctica general de la asignatura. Es una actividad muy presente y siempre trae dificultades que se reflejan en los espacios de consulta, sincrónicos y asincrónicos. Las actividades con los LR pueden no alcanzar las expectativas de los estudiantes respecto a este punto. En segundo lugar, la diferencia puede deberse a los objetivos diferentes que persiguen ambos tipos de actividades. Mientras los LR centran la atención en el trabajo con datos, gráficos y el control de variables, los ejercicios y problemas buscan desarrollar dominio sobre los modelos físicos involucrados y su abordaje matemático. Incluso es entendible que un 20 % de los participantes considerara estar en absoluto desacuerdo respecto a que los LR ayuden a resolver ejercicios, porque, de hecho, sus objetivos son diferentes.

En lo que sí pareciera que la propuesta es bien considerada es en introducir el trabajo con datos y con gráficos, aspectos en donde los estudiantes señalan, en su mayoría, que los LR son útiles y que ayudan en su aprendizaje.

## VI. CONCLUSIONES

La investigación realizada señala que la mayoría de los estudiantes encuestadas consideran valiosa la inclusión de LR porque permite el trabajo con datos empíricos, y porque pone en juego la lectura de gráficos. Señalan no haber tenido una gran dificultad ni en su uso y manifiestan un alto grado de satisfacción en el uso de estos dispositivos, lo cual habla del buen diseño de la interfaz. Y si bien no manifiestan haber tenido dificultades en la resolución de las actividades asociadas al uso de LR, hay una cantidad no despreciable de estudiantes que no parecen percibir que resolver estas actividades les ayude a comprender mejor otros conceptos de la asignatura.

Los resultados obtenidos permiten ser optimistas en cuanto al impacto positivo por la inclusión del trabajo con LR en contextos masivos y heterogéneos desde el punto de vista de los estudiantes. No sólo se logra trabajar competencias que, ya sea por la emergencia o por no contar con el equipamiento adecuado para mantener un laboratorio universitario, no se pueden desarrollar de otra manera, sino que además esto es valorado por los estudiantes. Es evidencia que apoya la decisión de avanzar con paso firme en el desarrollo tanto de propuestas didácticas como de la oferta de LR para abarcar más contenidos de los currículos universitarios de física.

Los resultados también invitan a continuar la investigación en la relación que puede darse entre los LR y el resto de propuestas de una asignatura. En particular, sería pertinente iniciar el estudio más amplio de todas las estrategias que permitan extender el laboratorio, su interrelación y su uso sistémico para la formación de profesionales en ciencias biomédicas. Sería necesario emprender estudios futuros que permitan indagar el impacto de los LR en estudiantes ingresantes a la universidad que han tenido escaso contacto con las AE durante su escolaridad obligatoria, así como también en quienes tuvieron experiencias presenciales tradicionales.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado dentro del marco de UBACYT PDE 2020-05, y también se encuentra dentro del marco del plan de trabajo de la beca CIN, resolución CE Nº 1612/21.

## REFERENCIAS

Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. (2019). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*. 27(extra), 133-139.

Arguedas-Matarrita, C., Orduña, P., Concari, S., Elizondo, F.U., Rodríguez Gil, L., Hernández, U., Carlos, L.M., Conejo-Villalobos, M., da Silva, J.B. y García Zubia, J. (2019) Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps. *Proceedings of the 2019 5th Experimental International Conference*, Madeira, Portugal.

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. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_9)

Franco Moreno, R., Velasco Vásquez, M. A., y Riveros Toro, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis*, (41), 37-56.

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V. y Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la covid-19. *Education in the Knowledge Society*, 21(12), 1-26. <http://dx.doi.org/10.14201/eks.23086>

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. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/179798>

Idoyaga, I., Capuya, F., Dionofrio, J., López, F. y Moya, C.N., (2020). Enseñanza remota de emergencia de la química para grandes grupos. *Revista de Educación en la Química*, 26(2).

Idoyaga, I., Moya, C.M., Montero-Miranda, E., Sánchez-Brenes, R., Maeyoshimoto, J.E. y Arguedas Matarrita, C. (2020). El Laboratorio Remoto de Validación Ácido-Base en un Curso de Química en la Universidad. En *Actas del XI Congreso Internacional ATICA2020 y VII Conferencia Internacional ATIAcces2020*. 792-799.

Idoyaga, I., Vargas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L. (2020). El Laboratorio Extendido: una oportunidad para la educación científica en entornos digitales. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26.

Ortel T.R., Haertel T., y Frye S. (2020) Remote Labs in Germany—An Overview About Similarities and Variations. Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer: Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_11)