

## “El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental”

Dr. Ignacio Julio Idoyaga<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-0661-915X>

Mag. Laura Vargas-Badilla<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-8268-9811>

Prof. César Nahuel Moya<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2884-3806>

Lic. Eric Montero-Miranda<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-1180-5800>

Mag. Ana Ligia Garro-Mora<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-8544-1002>

Fecha recepción: 6 de octubre de 2020

Fecha aceptación: 9 de noviembre de 2020

Idoyaga, I. Vergas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L (2020) El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*. 1(2) Septiembre- Diciembre 2020, pp. 4-26

### Resumen:

Este trabajo presenta un estudio exploratorio y descriptivo sobre el uso de un Laboratorio Remoto de valoración ácido-base en un primer curso de química universitaria. La pandemia de COVID-19 obligó a desplegar una Enseñanza Remota de Emergencia. Los cursos de ciencias naturales se vieron especialmente interpelados en la necesidad de repensar y adaptar las estrategias de enseñanza para incorporar actividades experimentales en entornos digitales. Dentro de las alternativas existentes, los Laboratorios Remotos, laboratorios reales accesibles a distancia, se presentan como potentes innovaciones adecuadas al nivel superior. La metodología, correspondiente a un enfoque mixto, incluyó el diseño, la validación y la aplicación de un cuestionario con enunciados tipo Likert para los

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigación en Educación Superior. Junín 956, Buenos Aires, Argentina. [iidoyaga@ffyb.uba.ar](mailto:iidoyaga@ffyb.uba.ar)

<sup>2</sup> Universidad Estatal a Distancia, Vicerrectoría de Investigación. Laboratorio de Innovación en Ingeniería Industrial. San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica. [lavargas@uned.ac.cr](mailto:lavargas@uned.ac.cr)

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigación en Educación Superior. Junín 956, Buenos Aires, Argentina. [nmoya@ffyb.uba.ar](mailto:nmoya@ffyb.uba.ar)

<sup>4</sup> Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Laboratorio. San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica. [emonterom@uned.ac.cr](mailto:emonterom@uned.ac.cr)

<sup>5</sup> Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Laboratorio. San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica. [lgarro@uned.ac.cr](mailto:lgarro@uned.ac.cr)



estudiantes y uno de preguntas abiertas para los profesores. Participaron 1062 estudiantes y 28 profesores. Los resultados muestran que los estudiantes perciben que el trabajo en estos laboratorios promueve aprendizajes vinculados al diseño experimental y al manejo de datos y que los profesores reconocen que estos dispositivos promueven el aprendizaje de procedimientos intelectuales y sensorio-motrices. Como principal conclusión se destaca la adecuación de las estrategias a los objetivos de la formación profesional. Además, es importante señalar la necesidad de seguir investigando para incorporar la actividad experimental en la enseñanza a distancia o de modalidad mixta en la post pandemia.

#### *Palabras clave:*

Laboratorio Remoto, Laboratorio Extendido, Educación en Química, Educación Científica, Universidad, Enseñanza Remota de Emergencia, Pandemia, Actividades Experimentales

#### *Introducción*

Este trabajo presenta un primer estudio de carácter exploratorio y descriptivo sobre el uso de un Laboratorio Remoto en un primer curso de química de nivel superior que, en tiempos de pandemia, se organizó en una plataforma virtual de enseñanza y aprendizaje.

La irrupción de la pandemia de COVID-19, que a mediados de 2020 encontró su epicentro en la región latinoamericana, y las consecuentes medidas de distanciamiento social adoptadas por la mayoría de los gobiernos, modificaron sustancialmente cientos de aspectos de la vida en sociedad. Particularmente, las prácticas educativas en contextos formales debieron adaptarse a nuevas mediaciones. Así, las instituciones se vieron obligadas a desplegar dispositivos de Enseñanza Remota de Emergencia (ERE) para garantizar la continuidad educativa (García-Peñalvo et al, 2020).

La ERE se diferencia de cursos y programas de educación a distancia, virtual o en casa. Sus orígenes e intereses son otros (Means et al, 2006). A diferencia de las experiencias planificadas desde un principio y diseñadas para estar en línea, la ERE es una propuesta temporal y alternativa debido a circunstancias de crisis, cuyo objetivo principal no es recrear un ecosistema educativo robusto, sino más bien garantizar la continuidad pedagógica (Hodges et al, 2020). Sin demérito de lo anterior, es importante destacar que las propuestas de ERE deben considerar los aportes de las didácticas

específicas y que su análisis permite incorporar herramientas, que persistan luego de la crisis, para mejorar las prácticas de enseñanza.

La universidad latinoamericana, por primera vez en la historia, llevó adelante una ERE masiva durante la crisis sanitaria global. Esto puso de manifiesto que, en muchas instituciones educativas de nivel superior, se registran dificultades para afrontar los desafíos emergentes, tanto en los aspectos tecnológicos como en los didácticos, fundamentales para sostener una enseñanza inclusiva y de calidad mediada por las tecnologías digitales (Idoyaga, et al, en prensa).

Las asignaturas pertenecientes al área de ciencias naturales, que forman parte de los planes de estudio de diversas titulaciones de nivel superior (bioquímica, medicina, farmacia, por mencionar algunas), se vieron particularmente interpeladas por el proceso de virtualización de su enseñanza (Lorenzo, 2020). La educación en ciencia y tecnología, de gran relevancia en estos tiempos para comprender e intervenir sobre los problemas que presenta la realidad, posee una naturaleza altamente experimental que debe ser especialmente considerada en las propuestas educativas. El trabajo en el laboratorio de ciencias constituye un contenido medular para la construcción de conocimiento en estas áreas (Franco Moreno et al, 2017).

Los esfuerzos realizados hasta el momento implican, entre otras cosas, la incorporación de recursos tecnológicos tendientes a facilitar el vínculo entre docentes y estudiantes. No obstante, es menester seguir trabajando para resolver cuestiones clave acerca de cómo transformar los cursos virtuales en propuestas didácticas que potencien el aprendizaje pleno, a partir de la incorporación de la práctica experimental. Metafóricamente, se logró extender el aula, pero persiste la necesidad de extender el laboratorio.

Todo lo comentado en los párrafos anteriores evidencia la necesidad de llevar adelante investigaciones en didáctica de las ciencias naturales, que tiendan a construir conocimiento original sobre las actividades experimentales mediadas por tecnología, y la relevancia de estudios que describen estrategias y dispositivos que recuperen la práctica experimental en la ERE, generando insumos para la enseñanza en la post-pandemia. En concordancia, el objetivo de este trabajo es presentar los primeros avances sobre la investigación del uso de Laboratorios Remotos dentro del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires, ofreciendo insumos para la incorporación de prácticas experimentales en las propuestas de enseñanza en entornos digitales.

*Marco teórico*

El marco teórico que se presenta a continuación se articula de lo general a lo particular. En primer lugar, se introducen algunas características de las actividades experimentales en la educación en ciencias. En segundo lugar, se comentan posibles estrategias para recuperar el trabajo experimental en propuestas digitales. En tercer lugar, se detallan las potencialidades de la enseñanza con laboratorios remotos.

### Actividades experimentales

La actividad experimental es una acción planificada didácticamente cuyo objetivo es generar condiciones propicias para que se produzcan aprendizajes de procedimientos, conceptos y actitudes. Se desarrolla mediante la manipulación y el estudio de las correlaciones de variables de trabajo (independientes) y observadas (dependientes) y es considerada central en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Las propuestas que incluyen actividades experimentales se caracterizan por promover el aprendizaje de procedimientos fundamentales para el ejercicio profesional vinculado a titulaciones en ciencia y tecnología. Estos procedimientos pueden agruparse en procedimientos intelectuales y procedimientos sensorio- motores (Lorenzo, 2020). Entre los primeros se puede distinguir:

1. Procedimientos Intelectuales de Reconocimiento (PIR). Se trata de aquellos que permiten a los estudiantes reconocer un determinado objeto o suceso (por ejemplo, la asociación de una práctica a un modelo o la identificación de variables dependiente, independiente y de control).
2. Procedimientos Intelectuales de Control (PIC). Son aquellos que se ponen en juego a la hora de supervisar una acción y tomar decisiones sobre alguna situación para ejercer cierto grado de control sobre la misma (por ejemplo, el diseño experimental y la definición de valores de corte).

Los segundos, incluyen:

1. Procedimientos Sensorio-motores de Acción (PSA). Son aquellos que involucran las acciones relacionadas a la motricidad fina con el objetivo de modificar el sistema (por ejemplo, la manipulación de instrumental).
2. Procedimientos Sensorio-motores de Observación (PSO). Implican la especialización de los sentidos, que permiten significar hechos como datos de una observación (por ejemplo, reconocer el punto final en una valoración).

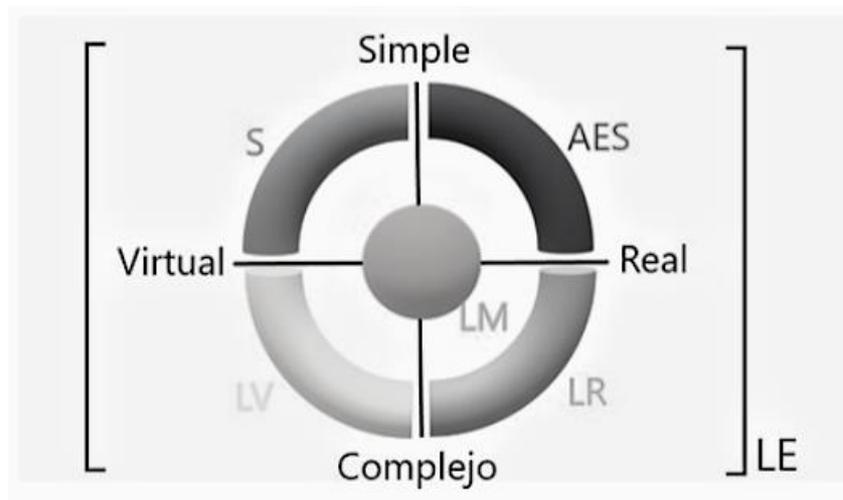
## *Laboratorio Extendido*

La necesidad de investigar la Enseñanza Remota de Emergencia (ERE) y de articular acciones tendientes a recuperar la actividad experimental, como elemento medular de la educación de nivel superior en ciencia y tecnología, llevó a plantear el Modelo de Laboratorio Extendido (MLE o, simplemente, LE). El LE puede entenderse como el uso didáctico y sistémico de dispositivos y estrategias para llevar adelante actividades experimentales en entornos educativos digitales (Idoyaga, 2020). Es decir, el LE no es una única aproximación, sino el establecimiento de un híbrido experimental, donde distintos recursos (laboratorios) actúan de manera sinérgica con el objetivo de aumentar la probabilidad de que se generen aprendizajes de procedimientos, actitudes y conceptos. En este sentido, y de forma no excluyente, el LE incluye: Actividades Experimentales Simples (AES) o Laboratorios Caseros, Simulaciones (S), uso de teléfonos inteligentes o Laboratorios Móviles (LM), Laboratorios Virtuales (LV) y Laboratorios Remotos (LR). Las AES, que conforman el corazón de las propuestas de Laboratorios Caseros, son un tipo particular de actividad experimental caracterizada por la sencillez y seguridad (Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018). No requieren laboratorio ni equipamiento, sus costos son muy bajos y pueden considerarse potencialmente ubicuas. No debe pensarse que por ser simples son poco relevantes o tienen bajo impacto. Estas actividades promueven los aprendizajes de todos los procedimientos, incluidos los PSA. Las simulaciones son programas que permiten la visualización de fenómenos concretos vinculados a abstractos modelos científicos. Son una representación simplificada de un hecho, objeto o proceso, que concentra su atención en aspectos específicos del mismo, y permite intervenir eficazmente sobre el sistema representado (Raviolo y Garritz, 2010). Estas, suelen agruparse dando lugar a LV (Arias y Arguedas-Matarrita, 2020) que pueden incluir representaciones de la incertidumbre empírica. En ambos casos, debe vigilarse la identidad de la programación con los límites del modelo teórico. Estas alternativas permiten trabajar sin problemas los procedimientos intelectuales e, incluso, podrían promover algunos procedimientos sensorio-motores vinculados al uso y lectura en cierto instrumental.

Los LR son un conjunto de tecnologías que permite a profesores y estudiantes llevar a cabo una actividad experimental de manera relativamente similar a si estuvieran en el laboratorio tradicional. Se trata de actividades experimentales reales manipuladas a distancia, que permiten el tratamiento de datos empíricos con la incertidumbre asociada al proceso de medición. El correcto uso de este tipo de dispositivos promueve el aprendizaje de procedimientos intelectuales y PSO. Los LM son aquellos en los que el teléfono inteligente es protagonista. En realidad, existen muchas formas de

usar estos recursos. Se puede reconocer el uso como instrumento de medición (tiempo, aceleración, intensidad sonora, intensidad luminosa, etc.), como instrumento de registro (fotografías, filmaciones y grabaciones) y como instrumento de observación (lupa). Además, incluyendo marcadores (representaciones gráficas), permiten aumentar la realidad para manipular objetos virtuales y pueden ser soporte de simulaciones y LV. En consecuencia, según el tipo de uso promoverán el aprendizaje de diversos tipos de procedimientos.

En suma, los distintos elementos que integran la propuesta del LE se diferencian en los procedimientos que se ponen en juego, en su pertenencia a la realidad y en el nivel de complejidad. Así, la Figura 1 muestra cómo pueden integrarse considerando dos ejes: simple-complejo y real-virtual. Los LM que pueden usarse de diferente forma, ocupan el origen de coordenadas.



**Figura 1:** Modelo del Laboratorio Extendido (LE) de Idoyaga. AES: Actividades Experimentales Simples, LR: Laboratorios Remotos, LV: Laboratorios Virtuales, S: Simulaciones, LM: Laboratorios Móviles.

Dentro del universo del LE, los LR son una clara alternativa que permite el trabajo riguroso con la complejidad e incertidumbre del dato empírico y la toma de decisiones que promueven los aprendizajes de los procedimientos propios del quehacer profesional. Más aún, este tipo de laboratorios permiten a estudiantes y profesores universitarios recuperar el carácter experimental de la educación en ciencia y tecnología en el marco de actividades de alta sofisticación propias del nivel. En consecuencia, el siguiente apartado se centra en los LR.

### *Laboratorio Remoto*

Recapitulando, un Laboratorio Remoto (LR) consiste en un conjunto de tecnologías Hardware y Software que permiten a estudiantes y profesores, a través de Internet, llevar a cabo un experimento de la misma manera que si estuviera en el laboratorio presencial. La diferencia radica en que la

manipulación del equipamiento se realiza a distancia, en cualquier momento y desde cualquier lugar. Los LR son comunes en la educación en física (Arguedas et al, 2019) e ingeniería (Ortel, et al, 2020), pero son escasos los desarrollos en educación en química, dada la naturaleza de los procesos experimentales en esta área. Es decir, la mayoría de las actividades experimentales en cursos de química de nivel superior implica la ocurrencia de reacciones irreversibles o en las que recuperar las condiciones iniciales es muy complejo. Así, los LR, que en física pueden volver atrás, reiniciarse y reutilizarse, en química enfrentan un desafío.

Los LR pueden clasificarse en Laboratorios en Tiempo Real (LTR) y Laboratorios Diferidos (LD). En los LTR, los estudiantes acceden y manipulan el equipamiento en forma sincrónica; por ejemplo: el cierre o la apertura de llaves de un circuito. En cambio, los LD están basados en un conjunto de experiencias grabadas llevadas a cabo en un laboratorio real. Así, la interfaz de un LD permite al estudiante tener la misma experiencia que en un LTR. Todos los datos son reales y la experiencia se puede realizar por un gran número de personas de manera simultánea (Narasimhamurthy et al. 2020).

El uso de LD se presenta como una oportunidad en la enseñanza de la química, ya que permite que un proceso irreversible, como es habitual en la experimentación en química, pueda replicarse infinitas veces. Por otro lado, posee la ventaja de disminuir el consumo de reactivos, evitar retrasos por averías en aparatos, disminuir y los tiempos de espera por la dependencia de la cantidad de equipos (Pokoo-Aikins et al, 2019).

En la educación superior, las secuencias didácticas con LR brindan la oportunidad de aumentar la autonomía de los estudiantes en el trabajo experimental, ya que no están limitados por cuestiones de acceso y disponibilidad, permitiéndoles repetir y modificar las actividades experimentales para autorregular su aprendizaje. En este sentido tienen a fortalecer la creatividad e iniciativa (Aramburu et al, 2020). Además, estas aproximaciones encierran la potencialidad de aumentar la cantidad de actividades experimentales que, como se dijo, son consideradas centrales en la enseñanza de las ciencias y la tecnología (Moussa, et al, 2020). La disposición de LR en macro universidades (masivas), de aulas heterogéneas y de acceso irrestricto, brinda la posibilidad a los profesores de estructurar su enseñanza para responder a las necesidades educativas de múltiples perfiles estudiantiles, como los que se registran en los primeros años. Es decir, las posibilidades que brindan estos laboratorios de repetir y modificar las prácticas experimentales, de realizarlas en cualquier momento y lugar, y el hecho de que los soportan distintas pantallas (celular, Tablet, computadora,

entre otros) democratiza el acceso y permite que llevar adelante propuestas de trabajo personalizadas (Narasimhamurthy et al, 2020).

### *Materiales y métodos*

En este apartado se describe el desarrollo del Laboratorio Remoto (LR) de Valoración Ácido-Base (VAB), su implementación y la metodología utilizada para el estudio de su uso en el marco de una propuesta de enseñanza de nivel superior.

#### *Desarrollo del LR de VAB*

Se trata de un laboratorio diferido (LD) especialmente diseñado por el grupo del Laboratorio de Experimentación Remota de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED). Este dispositivo, puede integrarse a secuencias didácticas que busquen trabajar aspectos experimentales en cursos de química general, inorgánica y analítica. Su elaboración implicó tres fases: Diseño, Registro y Montaje.

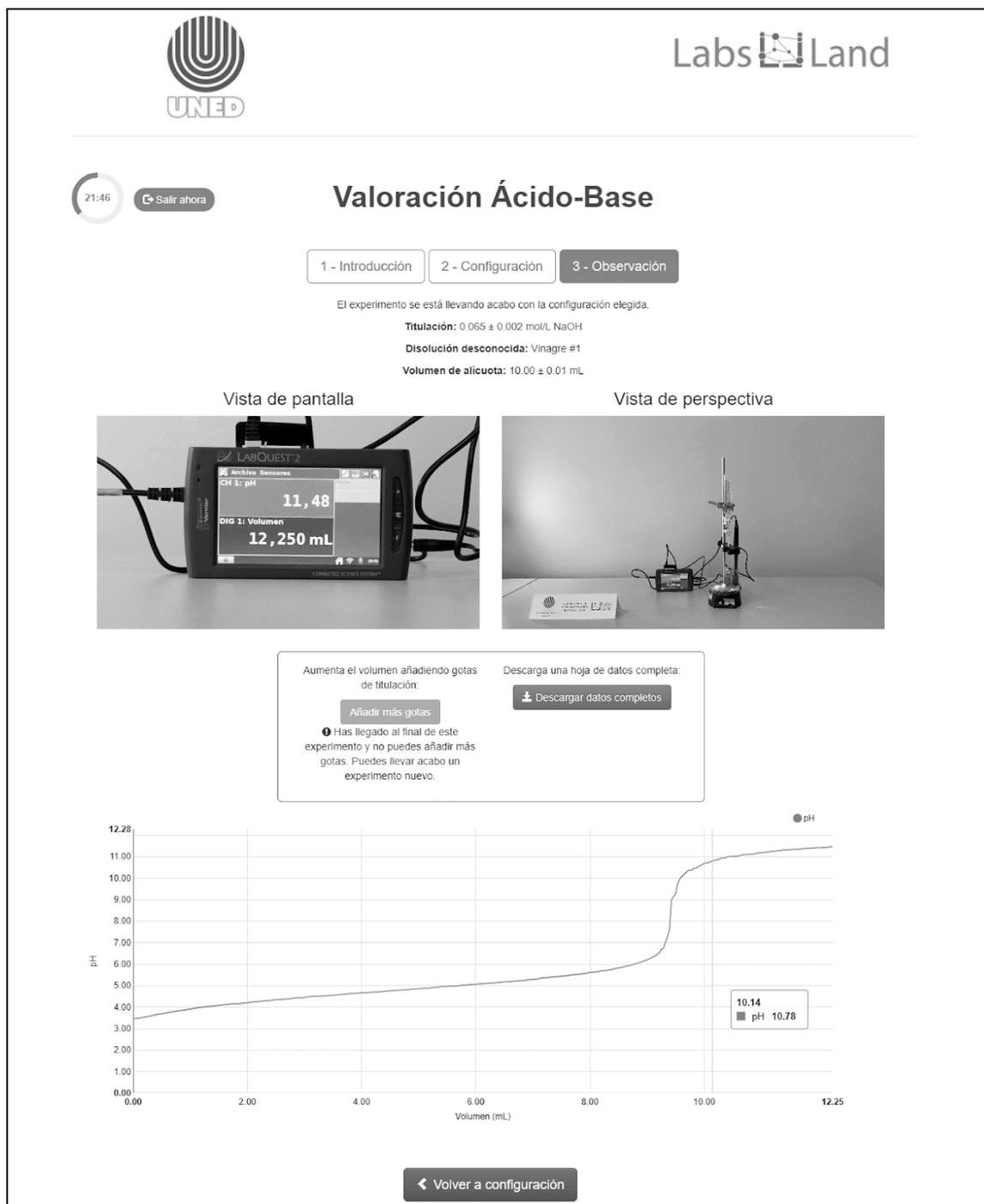
1. *Diseño*. En esta fase se diseñó y desarrolló un equipo de valoración ácido-base que permitiera automatizar el proceso de adición de volumen de valorante. Para esto se empleó un sistema de conteo de gotas capaz de indicar el volumen administrado en mililitros. Además, para la medición del potencial de ion hidronio se utilizó un electrodo de pH. Ambos elementos fueron conectados a una interfaz que recolectaba y almacenaba los datos cada segundo. El equipo se armó sobre una estación de agitación magnética con soporte para sostener los elementos y el material de vidrio necesario (Figura 2).



**Figura 2:** Equipo de Valoración Ácido-Base Automatizado desarrollado por la UNED.

2. *Registro.* En esta segunda fase, se llevó a cabo la experimentación. Se seleccionó como analito una muestra incógnita de ácido cítrico en solución acuosa, como valorante una solución de referencia de hidróxido de sodio y como indicador fenolftaleína. Los ensayos se realizaron por triplicado. Durante esta fase se filmó en tiempo real cada repetición desde tres ángulos diferentes.

3. *Montaje.* En esta tercera fase, en conjunto con la empresa LabsLand, spin off de DeustoTech, se desarrolló el Software necesario para el uso del LR de VAB, que como se indicó es un LD. El trabajo de desarrollo permitió configurar el acceso a través de la página web de LabsLand, que al iniciar sesión muestra tres pestañas. En la primera pestaña se describen las características de la valoración ácido-base. En la segunda pestaña se permite el seteo de la configuración de la actividad experimental, donde profesores y estudiantes pueden escoger la concentración de la solución valorante y la muestra incógnita con la que se desea trabajar. En la tercera pestaña, se accede a la actividad experimental (figura 3). Se pueden adicionar las gotas de valorante sobre la muestra y al mismo tiempo observar cómo se registran los datos en un gráfico de pH en función de volumen. Alcanzado el punto final, se distingue con facilidad el viraje del indicador. Al completar la experiencia, se pueden descargar los datos crudos para su posterior tratamiento.



**Figura 3.** Interfaz de trabajo del LD de VAB.

### Implementación

El LR de VAB se implementó como parte de la propuesta de enseñanza del en el curso de química de la Cátedra Idoyaga del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Se trata de un primer curso de química introductoria que presenta distintos capítulos disciplinares: Sistemas materiales, Estructura atómica, Relaciones de masa, Gases, Configuración electrónica, Propiedades periódicas, Enlace químico, Soluciones, Estequiometría, Cinética química, Equilibrio químico,

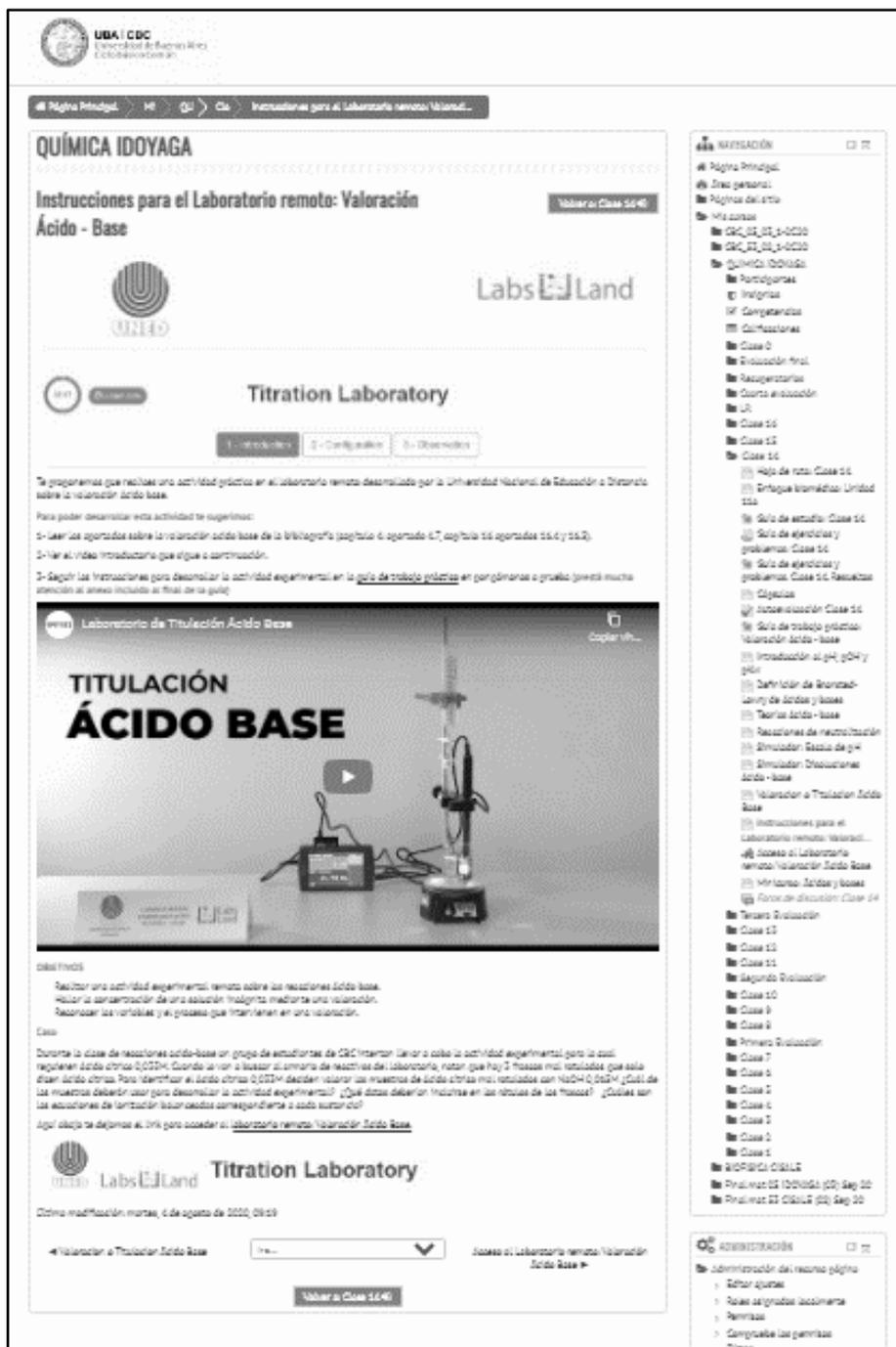


Ácidos y bases y compuestos del carbono. Durante el primer cuatrimestre de 2020, en el que se llevó adelante la implementación, las actividades se realizaron en un aula virtual especialmente diseñada.

El curso contó con 1400 estudiantes activos y 31 docentes que trabajaron de manera colegiada. Dada la naturaleza del CBC, los estudiantes exhiben perfiles muy heterogéneos. Se registran sustanciales diferencias en sus recorridos escolares, trayectorias personales, posibilidades de acceso a internet, disponibilidad de pantallas (móvil, Tablet, laptop) y recursos simbólicos. Muchos son primera generación universitaria y la mayoría (por encima del 90%) está inscripto a carreras del área de las ciencias biomédicas.

La propuesta de la Cátedra durante la pandemia es básicamente asincrónica, aunque se ofrecen tutorías sincrónicas, encuentros especiales y streaming con participación de los estudiantes por chat y con botoneras digitales. En el aula virtual, que soporta las actividades, se ofrecen múltiples materiales especialmente diseñados y se plantean actividades experimentales siguiendo el modelo de Laboratorio Extendido (LE) y atendiendo a las tendencias en didáctica de las ciencias naturales.

La implementación del LR se realizó en la clase correspondiente a la unidad de Ácidos y Bases. Se generó un módulo dentro del aula virtual para facilitar el trabajo de los estudiantes (figura 4). Se coordinó habilitar un espacio para la Cátedra en la plataforma de LabsLand y se integró al entorno virtual de enseñanza y aprendizaje provisto por el CBC. Además del acceso al laboratorio, los profesores del curso pusieron a disposición materiales especialmente diseñados: guía de fundamentos sobre la valoración ácido-base, guía de trabajo práctico, recomendaciones para la confección de informes de laboratorio y rúbrica de evaluación.



**Figura 4.** Módulo del LD de VAB incluido en el aula virtual de la Cátedra Idoyaga de Química del CBC durante el primer cuatrimestre de 2020.

### Metodología

La metodología utilizada para explorar el uso del LR de VAB en el curso de Química de la Cátedra Idoyaga del CBC de la UBA, durante el primer cuatrimestre de 2020, correspondió a un enfoque mixto con pretensiones descriptivas. La misma incluyó dos estudios complementarios y convergentes de los cuales participaron respectivamente estudiantes y profesores. Ambos estudios requirieron el diseño y validación por ronda de expertos (en Argentina y Costa Rica) de

cuestionarios. En todos los casos, la participación fue voluntaria, no interfirió en el normal desarrollo de las actividades académicas, contó con el consentimiento informado y los datos filiatorios fueron tratados de forma confidencial y codificados. En este apartado se comentan las características generales, los participantes, cuestionarios y recolección y análisis de datos de cada uno de los estudios.

*Estudio 1: Percepción de aprendizaje con LR de los estudiantes.*

En este estudio, para aportar a la investigación sobre el uso de LR, se buscó conocer qué aprendizajes vinculados al trabajo con estos dispositivos perciben los estudiantes. Participaron 1062 estudiantes que expresaron su grado de acuerdo (1: totalmente en desacuerdo, 2: parcialmente en desacuerdo, 3: parcialmente de acuerdo, 4: totalmente de acuerdo) con 10 enunciados estilo Likert que conformaron el cuestionario (Tabla 1) validado y adaptado de la propuesta de Heck (2017). De estos 10 enunciados, los primeros 5 fueron los estudiados y los segundos 5, equivalentes por la negativa a los primeros, fueron incluidos como control interno para detectar posibles sesgos.

**Tabla 1:** Enunciados del cuestionario de percepción de los estudiantes

ENUNCIADO		1	2	3	4
E1	El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor los conceptos de la clase.				
E2	El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja en el laboratorio de química.				
E3	El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja con datos experimentales.				
E4	El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja con gráficos.				
E5	El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.				
C1	El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender los conceptos de la clase.				
C2	El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja en el laboratorio de química.				
C3	El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja con datos experimentales.				
C4	El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo se trabaja con gráficos.				
C5	El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil para resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.				

En conjunto, estos enunciados buscaron reconocer la percepción de los aprendizajes relacionados a conceptos, procedimientos, modos de trabajo y resolución de problemas. La aplicación del cuestionario se realizó 15 días después del trabajo con el LR de VAB a través del aula virtual de la asignatura. Para el análisis de datos se recurrió a la estadística descriptiva. Se calcularon frecuencias

absolutas, relativas (porcentuales) y estadísticos descriptivos de tendencia central (mediana y moda). En todos los casos se utilizó el Software IBM SPSS Statistics versión 25.

*Estudio 2: Ponderación de los LR como recurso didáctico de los profesores.*

Este estudio buscó conocer la opinión de los profesores que implementaron el LR de VAB en el curso de Química del CBC durante el primer cuatrimestre del 2020. Se indagó la apreciación de los 28 profesores participantes sobre el uso del LR por medio de un cuestionario de preguntas abiertas, que se incluyen en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Preguntas abiertas incluidas en el cuestionario de ponderación de los profesores

P1	¿Qué aspectos, procedimientos, y/o valores de la química considera que se pueden enseñar a partir de este laboratorio remoto?
P2	¿Qué ventajas y desventajas considera que tiene el uso de laboratorios remotos para enseñar química?
P3	Comente las ventajas y desventajas que tiene el uso de los laboratorios remotos con respecto a los laboratorios presenciales.
P4	¿Cómo valora los laboratorios remotos para realizar actividades experimentales en la emergencia por covid-19? ¿Por qué?

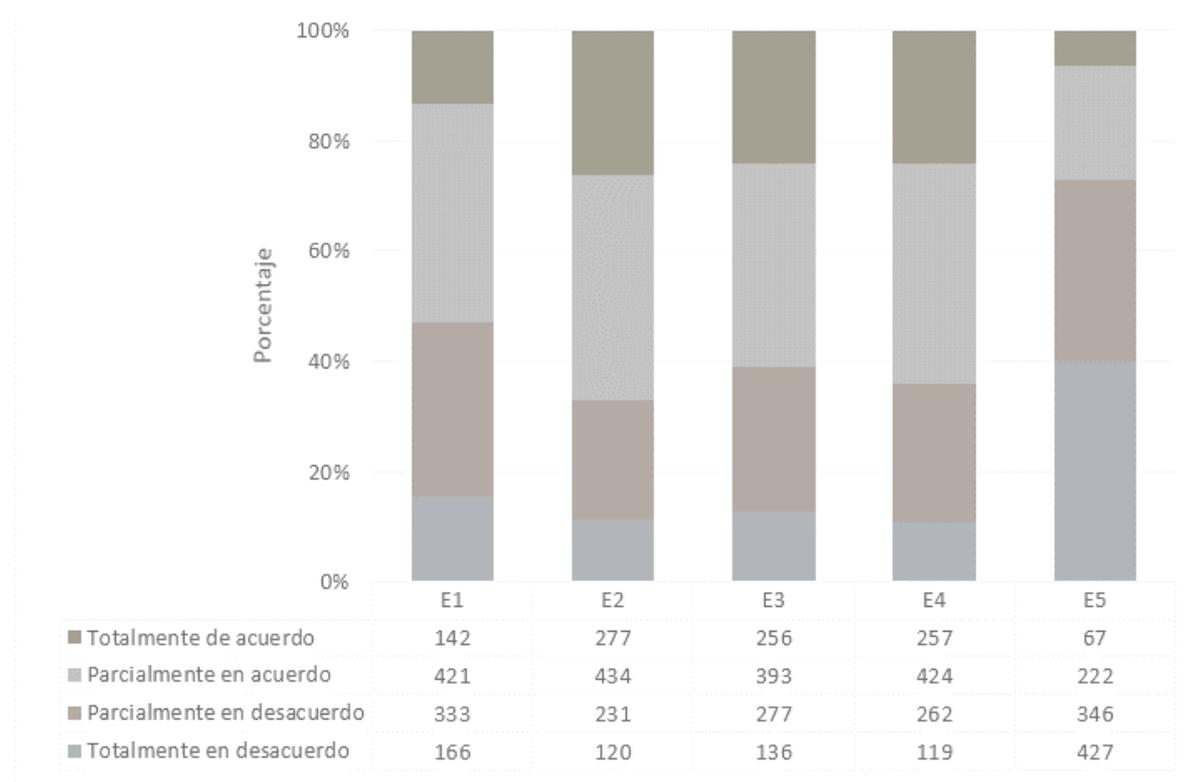
En conjunto, estas preguntas buscaron identificar qué contenidos piensan los profesores que pueden enseñarse con el LR de VAB, qué ventajas y desventajas presenta y cómo es su adecuación en el contexto de la pandemia. Para el análisis de datos se recurrió a la técnica de análisis del contenido. Se estudiaron las respuestas de los profesores con ayuda del Software ATLAS.ti versión 8.

*Resultados*

*Estudio 1*

Este estudio buscó conocer la percepción de los estudiantes sobre los aprendizajes vinculados al trabajo en el Laboratorio Remoto (LR) de Valoración Ácido-Base (VAB). La figura 5 muestra las frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo en cada uno de los cinco enunciados estudiados.

Figura 5. Frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo en cada uno de los 5 enunciados estudiados (página siguiente)



La tabla 3 muestra los estadísticos de tendencia central, moda y mediana para cada uno de los cinco enunciados. Cabe recordar que el nivel 1 corresponde a totalmente en desacuerdo, el 2 a parcialmente en desacuerdo, el 3 a parcialmente de acuerdo y el 4 a totalmente de acuerdo.

**Tabla 3** Estadísticos de tendencia central, moda y mediana, para los 5 enunciados.

ENUNCIADOS	E1	E2	E3	E4	E5
Mediana	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
Moda	3	3	3	3	1

El comportamiento de los datos se revela homogéneo para los enunciados 2, 3 y 4, con porcentajes en acuerdo (niveles 3 y 4) de 67, 61 y 64% respectivamente y medianas y modas de 3 en todos los casos. Esto indica que los estudiantes reconocen haber aprendido cuestiones referidas al trabajo en el laboratorio de química, con datos experimentales y con gráficos, y que lo vinculan al uso del LR de VAB. Algo similar, aunque en menor medida, ocurre con el enunciado 1, con porcentaje en acuerdo de 53% y mediana y moda de 3. Esto da cuenta que los estudiantes reconocen que su labor en el LR ayudó al aprendizaje de conceptos.

Las respuestas para el enunciado 5 mostraron un comportamiento diferente a los otros. El porcentaje en acuerdo apenas alcanzó el 27%, la mediana fue de 2 y la moda de 1. Esto refleja que

los estudiantes no perciben mayores aportes del trabajo en el LR a la hora de enfrentarse a la resolución de problemas en química.

Los enunciados de control, incorporados al cuestionario para reconocer sesgos e inconsistencias, mostraron un comportamiento coherente con los enunciados en estudio (Tabla 4). Solo el caso del enunciado C5 registra una diferencia con el E5 en los porcentajes de acuerdo.

ENUNCIADOS	C1	C2	C3	C4	C5
Totalmente en desacuerdo	239 / 23%	277 / 26%	270 / 25%	334 / 31%	193 / 18%
Parcialmente en desacuerdo	323 / 30%	323 / 30%	374 / 35%	327 / 31%	265 / 25%
Parcialmente de acuerdo	341 / 32%	302 / 28%	307 / 29%	283 / 27%	345 / 32%
Totalmente de acuerdo	159 / 15%	160 / 15%	111 / 10%	118 / 11%	259 / 24%
<b>Mediana</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>
<b>Moda</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

**Tabla 4** Estadísticos de los enunciados de control

## Estudio 2

Este estudio pretendió indagar las opiniones de los docentes sobre la implementación del LR de VAB. Las preguntas analizadas se estructuraron en torno a las siguientes tres cuestiones, relacionadas a la educación en química: la relevancia del LR de VAB para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; sus ventajas y desventajas y su potencialidad para recuperar la actividad experimental durante la pandemia de covid-19.

En primer lugar, en relación con los contenidos del curso, los profesores destacan que el LR permite desarrollar conceptos centrales de la unidad (como acidez, basicidad, pH, pka, constante de equilibrio) y fundamentos asociados a la valoración. Por ejemplo, se encontraron respuestas como:

*D1: “A partir del laboratorio remoto se podrían explicar temas como acidez y basicidad, titulaciones, utilización de indicadores con sus características y neutralización”*

Asimismo, aparecen menciones a cuestiones relativas a procedimientos propios de la práctica experimental, como las siguientes:

*D12: “Se puede enseñar cómo es el protocolo en los laboratorios”*

*D20: “Trabajar con el error y la exactitud en procedimientos experimentales”*

En segundo lugar, los profesores participantes mencionaron diversas ventajas y desventajas del uso del LR de VAB (Tabla 5).

Apreciaciones de los profesores	
Ventajas del LR valoración ácido-base	Desventajas del LR valoración ácido-base
<p>- Provee conocimientos previos del laboratorio y permite generar mayor experiencia en el estudiante. D1: "Pueden ver algo que antes o se veía hasta la entrada de la carrera". D4: "... el estudiante estaría más canchero con las titulaciones, o al menos no estaría tan perdido como si fuera la primera vez..." D7: "...permite poner en evidencia lo que teóricamente damos en los encuentros".</p> <p>- Una buena opción al no tener posibilidad de asistir de forma presencial. D2: "...Acerca al estudiante a la práctica diaria que en momento de virtualidad es imposible".</p> <p>- Permite un manejo de conceptos con mayor profundidad y el trabajo de cálculos y análisis gráfico. D3: "...aprovechamiento para trabajar procesos gráficos, lógico-matemáticos... conceptualizaciones más profundas..."</p> <p>- Se elimina el estrés generado por el manejo de la técnica y se centra la atención en la observación y el funcionamiento del equipo. D6: "...poder realizar con tranquilidad nosotros mismos la experiencia, pero sin tener la alta probabilidad de error... además de la presión de que nos dé bien la titulación..."</p> <p>- Brinda un acercamiento a la experimentación real y no solo el abordaje teórico. D8: "Nos acerca a la realidad del laboratorio..." D9: "implica la visualización de ejercicios que sólo se plantean en papel..."</p> <p>- Posee un tiempo y número de estudiantes ilimitado para su uso y la experiencia puede repetirse cuantas veces se quiera. D1: "Los alumnos no tienen un tiempo limitado para resolver la práctica". D6: "...si algo no quedó claro se puede repetir..." D7: "Accesible a un gran número de estudiantes".</p> <p>- Evita muchos errores que se cometen de forma presencial. D2: "...No permite la equivocación en el uso de los instrumentos que sí permite la presencialidad..."</p> <p>- Se puede detener la valoración en el punto final exacto. D3: "poder detener la valoración en el punto de equivalencia exacto..."</p> <p>- No se requiere de un espacio físico y representa una alternativa de bajo costo y amigable con el ambiente. D5: "no tiene necesidad de espacio físico...es de muy bajo costo entiendo..." D6: "...tiene una ventaja económica y en el medio ambiente..."</p>	<p>- No existen muchos componentes para manipular. D1: "No hay muchas variables para manejar". D8: "...la incapacidad de manipular los materiales."</p> <p>- Se omiten aspectos técnicos como la comprensión del concepto de pH, la calibración y errores en la valoración. D3: "el concepto de pH queda muy inestable para su comprensión, la valoración gota a gota que hace que quede escondida la calibración, factores que inciden en la valoración". D6: "...no se pueden apreciar los errores asociados a cada técnica..."</p> <p>- Esta técnica siempre requiere del componente de presencialidad para aprender las técnicas. D4: "...en la vida profesional las titulaciones se hacen manualmente...los alumnos y alumnas no toman la práctica necesaria, tanto manual como ocular..." D1: "No aprenden fehacientemente a usar los instrumentos de laboratorio".</p> <p>- No abarca aspectos de seguridad y limpieza de laboratorio. D6: "...deja de lado el componente de seguridad en el laboratorio... el orden y la limpieza del espacio de trabajo..."</p> <p>- La lentitud del laboratorio. D7: "...por momentos se tomaba más lento". D8: "...requiere de mucho tiempo para usarlo por completo".</p> <p>- Aplicable solo a cursos básicos. D5: "...solo aplica al primer año de las carreras..."</p> <p>- Se limita la selección de indicadores, valorantes y muestras incógnitas. D8: "nos limita al uso de un solo tipo de indicador y ciertos ácidos y bases."</p>

**Tabla 5.** Apreciaciones de los profesores sobre la experiencia con el LR de valoración ácido-base.

En tercer lugar, los profesores, en términos generales, valoraron positivamente el uso de los LR para realizar actividades experimentales en la emergencia por covid-19. Por un lado, aparecen menciones a su utilidad para abordar contenidos teóricos, en especial en los niveles de formación iniciales de la carrera. Por ejemplo:

*D19: “Son útiles para tener una primera aproximación al tema y para utilizarse a modo de ayuda para la explicación de los temas teóricos”.*

Por otro lado, se destaca que los LR permiten recuperar las actividades experimentales en entornos digitales. Por ejemplo:

*D12: “Es un excelente recurso porque es innovador y permite mostrar la parte práctica de muchos conceptos dados en clase”.*

*D8: “Es de las mejores estrategias y/o herramientas para poder trabajar algo que para la química es indispensable, que son los Trabajos Prácticos de Laboratorio, algo que aporta a la formación profesional”*

### *Discusión y perspectivas*

Los resultados de los dos estudios, complementarios y convergentes, que forman parte de este trabajo permiten comenzar a comprender y describir el uso de Laboratorios Remotos (LR) en cursos universitarios de química. La metodología empleada aborda el problema de investigación desde una dimensión didáctica, centrada en los profesores, y una dimensión cognitiva, centrada en los estudiantes.

En consecuencia, si bien la aproximación es exploratoria, el trabajo reconoce la complejidad y multifactorialidad de todo fenómeno educativo. En líneas generales, la naturaleza diferida del LR de Valoración Ácido-Base (VAB) supuso una ventaja, dada la masividad del curso de Química donde se implementó. La posibilidad que alumnos y docentes accedan en cualquier momento, desde cualquier pantalla y cuantas veces se requiera, permite atender las necesidades educativas de una población heterogénea. Además, logra resolver dificultades preexistentes relacionadas con la disponibilidad de espacios y recursos.

En contexto de pandemia, propuestas de enseñanza en entornos digitales, como la que es objeto de este estudio, permiten recuperar la actividad experimental como un aspecto medular de la educación científica y de la formación profesional en titulaciones del área. En este sentido, los resultados permiten sostener que, al menos en parte, las propuestas que incluyen el trabajo en LR promueven el aprendizaje de los procedimientos intelectuales y sensorio-motores, propios del trabajo experimental y requerido para el ejercicio profesional.

Los resultados del Estudio 1, que aborda la dimensión cognitiva, muestran que los estudiantes participantes reconocen haber aprendido aspectos vinculados con los procedimientos propios de la experimentación, especialmente el diseño (E2) y tratamiento de datos (E3). En consecuencia, los LR se revelan como un complemento potente para lograr la comprensión de los modos de trabajo en el laboratorio de química. En la misma línea, los alumnos reconocen que las actividades que realizaron con esta tecnología redundan en aprendizajes vinculados con la gestión de datos provenientes de la empiria. Esto no solo permite reconocer la incertidumbre propia de estos datos, sino también trabajar con los sistemas externos de representación que permiten su comunicación y tratamiento, tal como se destaca en las respuestas obtenidas (E4). Así, el estudio del uso de LR en educación encuentra una clara confluencia con las líneas de investigación sobre representaciones gráficas o visuales en la enseñanza de las ciencias naturales.

Otro aspecto a destacar de este primer estudio es que los estudiantes manifiestan haber comprendido mejor los conceptos de la clase en virtud a su trabajo en el LR (E1). Sin embargo, una primera lectura de los resultados marca que no vieron modificada su capacidad de resolver problemas gracias a esta experiencia (E5). Sin demérito de lo anterior, cabe comentar que, solo para este último resultado, los datos del control interno (C5) se alejan de los del enunciado, lo que puede estar dando cuenta de la dificultad de los estudiantes para reconocer instancias de aprendizaje relacionadas con las estrategias y habilidades que se ponen en juego a la hora de resolver preguntas-problemas. Esto requerirá mayores estudios, afinar el análisis de datos incluyendo estadística inferencial y revisar el instrumento utilizado.

Los resultados del Estudio 2, que abordan la dimensión didáctica, muestran que los profesores participantes reconocen que los LR promueven el aprendizaje de múltiples conceptos, procedimientos y actitudes requeridos para la formación de profesionales (P1), que presentan ventajas y desventajas (P2 y P3) y que son una alternativa viable para garantizar una enseñanza remota de calidad en ciencias naturales (P4). Las respuestas de los profesores muestran que los LR son considerados como potentes herramientas para la enseñanza de procedimientos intelectuales,

como el diseño experimental, el tratamiento de datos empíricos y el reconocimiento de variables, y de procedimientos sensorio-motores, como el reconocimiento del cambio de color del indicador. Todos estos, son precisamente procedimientos requeridos en las carreras involucradas, que se trabajan en el laboratorio tradicional y deben ser recuperados en los entornos digitales. Este resultado muestra una marcada coincidencia con lo expresado por los estudiantes.

Las ventajas reconocidas por los docentes participantes son múltiples. Más allá de las cuestiones pragmáticas de disponibilidad de tiempos, espacios y equipos, se valoriza a los LR como recursos de enseñanza que permiten recuperar la actividad experimental, trabajar con datos reales, graficar, concentrar la carga cognitiva en la construcción de significados y que los estudiantes ganen experiencia. Como desventaja, se destacan la pérdida de la manualidad, la ausencia del trabajo en cuestiones vinculadas a la seguridad, a la limpieza y a la preparación de los espacios. El uso de los LR es especialmente valorado por los docentes en el contexto de pandemia como una estrategia de recuperación del trabajo experimental adecuada al nivel superior. Es más, en muchos casos son ponderados y reconocidos como herramientas de elección en este contexto para la formación profesional.

En suma, los resultados de ambos estudios permiten comenzar a describir el uso de los LR y sostener la adecuación de propuestas didácticas que los incluyan en contextos como los del CBC, en pandemia y post-pandemia, dada su masividad y heterogeneidad.

El reconocimiento de la necesidad de seguir investigando en esta línea en nivel superior obliga a plantear perspectivas de trabajo que incluyan el estudio global de las propuestas de enseñanza en entornos digitales con LR (materiales ofrecidos, instrumentos de evaluación y otras actividades). En particular, sería pertinente iniciar el estudio más amplio de todas las estrategias que permitan extender el laboratorio y su uso sistémico y, posiblemente, sinérgico para la formación de profesionales en ciencia y tecnología.

### Referencias bibliográficas

- Aramburu Mayoz C., Da Silva Beraldo A., Villar-Martinez A., Rodríguez-Gil L., Moreira de Souza Seron W., Oliveira T., Orduña P. (2020). *FPGA Remote Laboratory: Experience in UPNA and UNIFESP*. In: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering*. REV 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_9)
- Arguedas-Matarrita C., Conejo-Villalobos M., Ureña Elizondo F., Barahona-Aguilar O., Orduña P., Rodríguez-Gil L., Hernández-Jayo U., García-Zubia J. (2020). *Experience with the VISIR Remote Laboratory at the Universidad Estatal a Distancia (UNED)*. In: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering*. REV 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_13)
- Arguedas-Matarrita, C., y Concari, S.B. (2018) Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 702-720. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p702>
- 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.; García Zubia, J.; et al. (2019) *Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps*. En: *Proceedings of the 2019 5th Experimental International Conference*, Madeira, Portugal
- Arias, E., y Arguedas-Matarrita, C. (2020). El trabajo experimental en la enseñanza de la Física en tiempos de pandemia mediante el uso de la aplicación II Ley de Newton en la UNED de Costa Rica. *Revista Innovaciones Educativas*, 22(Especial), 7-18. <https://doi.org/10.22458/ie.v22i0.3204>
- 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, Carine. (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>

-Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A. y Morales-Menendez, R. *Virtual reality laboratories: a review of experiences*. *Int J Interact Des Manuf*, 13, 947–966 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>

-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>

-Idoyaga, I. J (2020). El Laboratorio Extendido: una oportunidad para la educación científica en entornos digitales. *Facultad de Farmacia y Bioquímica en foco*.

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

-Idoyaga, I., y Maeyoshimoto, J., (2018). Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física. En M. Lorenzo, H. Odetti y A. Ortolani, *Comunicando la Ciencia. Avances en investigación en Didáctica de la Ciencia* (pp.55-68). Argentina: UNL.

-Kärkkäinen, K. y Vincent-Lancrin, S., (2013). Sparking Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative. *OECD Education Working Papers*, 91. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en>

-Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, (21). <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>.

-Means, B., Bakia, M. y Murphy, R. (2006). *Learning Online: What Research Tells Us about Whether, When and How*. New York: Routledge. Michael, J. Where's the evidence that active learning works. *Advances in Physiology Education Physiology Education*, 30, 159–167. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>

-Moussa M., Benachenhou A., Belghit S., Adda Benattia A., Boumehdi A. (2020) An Implementation of Microservices Based Architecture for Remote Laboratories. In: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering*. REV 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_12)

-Narasimhamurthy K. C., Orduna P., Rodríguez-Gil L., G. C. B., Susheen Srivatsa C.N., Mulamuttal K. (2020) Analog Electronic Experiments in Ultra-Concurrent Laboratory. In: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering*. REV 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_3)



- Orduña P., Rodriguez-Gil L., Garcia-Zubia J., Angulo I., Hernandez U., Azcuenaga E. (2018) Increasing the Value of Remote Laboratory Federations Through an Open Sharing Platform: LabsLand. In: Auer M., Zutin D. (eds) *Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 22. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6_80)
- Ortelt T.R., Haertel T., Frye S. (2020) Remote Labs in Germany—An Overview About Similarities and Variations. In: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_11)
- Pokoo-Aikins, G.A., N. Hunsu, N., & May, D. (2019). Development of a Remote Laboratory Diffusion Experiment Module for an Enhanced Laboratory Experience. En: *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Covington, KY, USA, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028460.
- Raviolo, A., & Garritz, A. (2010). Simulaciones en la enseñanza de la química. Conferencia VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. Santa Fe, Argentina (pp. 9-11).