

Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia de la COVID

Remote Laboratories: A resource for learning about gases in university courses massively taught in Argentina during the COVID pandemic

Laboratórios Remotos: Um recurso para aprender sobre gases em cursos universitários massivos na Argentina durante a pandemia da COVID

Fernando Capuya
Universidad de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina
fcapuya@gmail.com

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4531-2281>

Eric Montero-Miranda
Universidad Estatal a Distancia
San José, Costa Rica
emonterom@uned.ac.cr

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

Carlos Arguedas-Matarrita
Universidad Estatal a Distancia
San José, Costa Rica
carguedas@uned.ac.cr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0939-4627>

Ignacio Idoyaga
Universidad de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina
ignacio_idoyaga@hotmail.com

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

Recibido – Received – Recebido: 08/04/22 Corregido – Revised – Revisado: 09/07/22 Aceptado – Accepted – Aprovado: 29/09/22

DOI: <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4121>

URL: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/article/view/4121>

Resumen: Este trabajo presenta una investigación descriptiva con carácter cuantitativo sobre la percepción de las personas estudiantes en torno al uso del Laboratorio Remoto de la ley de Boyle para el abordaje de la temática de gases en un primer curso universitario de química de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Implementado durante la emergencia sanitaria causada por el virus responsable de la COVID. La metodología incluyó el uso de un instrumento con catorce enunciados tipo Likert para indagar la percepción del aprendizaje, grado de satisfacción y usabilidad del Laboratorio Remoto. Participaron 505 personas estudiantes. Los resultados mostraron que los alumnos perciben que el trabajo con este laboratorio promueve aprendizajes teóricos y prácticos vinculados al diseño experimental y a la recolección y tratamiento de datos empíricos. Además, se encontró que el dispositivo es fácil de usar y reporta un alto grado de satisfacción, ya que permite repetir la experiencia cuantas veces sea necesario. Se destaca la versatilidad del recurso para el abordaje de temáticas complejas, como los modelos que dan cuenta del comportamiento de los gases. Como principal conclusión se estableció el potencial de este recurso para el contexto educativo y se resalta la necesidad de seguir investigando sobre el uso y aplicación de los Laboratorios Remotos en cursos de química universitaria y de otras áreas de las Ciencias Naturales.

Palabras claves: actividad experimental, laboratorios remotos, método de enseñanza, educación a distancia, ciencias naturales, enseñanza de la Química, ley de Boyle.

Abstract: This paper presents descriptive quantitative research on students' perception regarding the use of the Boyle's Law Remote Laboratory to address the issue of gases in a first university course of chemistry at the University of Buenos Aires, Argentina. It was implemented during the health emergency caused by the COVID-19 outbreak. The methodology included using an instrument with fourteen Likert-type statements to measure learning perception, degree of satisfaction, and usability of the Remote Laboratory. Five hundred and five students participated. The results showed that the students perceived that the work with this laboratory promotes theoretical and practical learning linked to the experimental design and the collection and treatment of empirical data. In addition, it was found that the device is easy to use and reports a high degree of satisfaction since it allows repeating the experience as many times as necessary. This resource's versatility for addressing complex issues is highlighted, such as the models that account for the behavior of gases. As the main conclusion, the potential of this resource for the educational context was established, and the need to continue researching the use and application of Remote Laboratories in university chemistry courses and other areas of Natural Sciences is highlighted.

Keywords: experimental activity, remote laboratories, teaching method, distance education, natural sciences, Chemistry teaching, Boyle's law.

Resumo: Este artigo apresenta uma pesquisa descritiva quantitativa sobre a percepção dos estudantes sobre a utilização do Laboratório Remoto da Lei de Boyle para abordar o tema dos gases num primeiro curso de química universitária na Universidade de Buenos Aires, Argentina. Implementado durante a emergência sanitária causada pelo vírus responsável pela COVID. A metodologia incluiu a utilização de um instrumento com catorze enunciados de tipo Likert para indagar a percepção da aprendizagem, o grau de satisfação e a sua usabilidade do Laboratório Remoto. Participaram um total de 505 estudantes. Os resultados mostraram que os estudantes percebem que trabalhar com este laboratório promove a aprendizagem teórica e prática ligada à concepção experimental e à coleta e processamento de dados empíricos. Além disso, verificou-se que o dispositivo é fácil de utilizar e reporta um elevado grau de satisfação, pois permite que a experiência seja repetida tantas vezes como seja necessário. A versatilidade do recurso para lidar com assuntos complexos, tais como os modelos que contabilizam o comportamento dos gases, é evidenciada. Como conclusão principal, foi estabelecido o potencial deste recurso para o contexto educacional e foi destacada a necessidade de mais investigação sobre a utilização e aplicação de Laboratórios Remotos em cursos universitários de química e outras áreas das Ciências Naturais.

Palavras-chave: atividade experimental, laboratórios remotos, método de ensino, ensino à distância, ciências naturais, ensino da química, Lei de Boyle.

INTRODUCCIÓN

La irrupción de la pandemia generada por el virus responsable de la COVID-19 obligó a implementar un modelo de Enseñanza Remota de Emergencia (ERE) con el fin de garantizar la continuidad pedagógica en todos los niveles educativos (García-Peñalvo, Corell y Abella-García, 2020). Posteriormente, se desencadenó una migración paulatina de los procesos educativos hacia entornos híbridos con la disposición de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y un alto grado de versatilidad y capacidad para satisfacer las necesidades emergentes (Idoyaga *et al.*, 2020a).

En este sentido, las TIC se posicionaron como un recurso para superar dificultades en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Particularmente dentro de las asignaturas de ciencias naturales, brindaron la oportunidad de desarrollar la actividad experimental en diferentes contextos a través de recursos desarrollados con estas tecnologías (Arguedas-Matarrita, Concarí y Marchisio, 2017). Más aún, durante la pandemia, ya mencionada, se volvió imprescindible el uso de estas tecnologías, donde las instituciones educativas tuvieron que repensar sus prácticas para sostener los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales dentro de los entornos digitales, debido a que el componente experimental de estas disciplinas debe ser considerado con singular atención en las propuestas educativas.

El abordaje experimental de cualquier temática en la enseñanza de las ciencias naturales debe buscar que el planteamiento curricular resulte coherente con las características de los recursos y estrategias a implementar (Candela, 2016). Por lo que se debe pensar en experiencias fiables y que se adapten a los niveles de complejidad abordados en el planteamiento de los objetivos de aprendizaje, integrando principios de interactividad y comprensión de las prácticas y que además se pueda evaluar el nivel

alcanzado del objetivo de aprendizaje planteado (Castellano Asencio, 2016). Si bien, las Actividades Experimentales (AE) desarrolladas en los cursos de ciencias pretenden potenciar el aprendizaje conceptual del estudiantado, es necesario considerar el nivel de desarrollo cognitivo de las personas que aprenden, su capacidad de razonamiento, la familiaridad con la actividad que se le propone y la dificultad para comprender los fenómenos propios de la disciplina (Martínez-Reina y Amado-González, 2016).

El trabajo en el laboratorio podría promover aprendizajes que permitieran a las personas estudiantes la apropiación de modelos científicos y el manejo de los distintos niveles de representación de la disciplina (microscópico, macroscópico y representacional o simbólico). Además, fomentaría la adquisición de las competencias experimentales deseadas en carreras de corte científico y tecnológico como capacidad crítica, reflexiva y analítica, observación, indagación, explicar fenómenos y solucionar problemas (Rivero Arrieta y Pacheco Lora, 2021).

Sin embargo, desde una perspectiva general, el sistema educativo latinoamericano no cuenta, en su mayoría, con los insumos para desarrollar la actividad experimental de una forma adecuada, desde la falta de infraestructura idónea, hasta la problemática de atender grupos masivos y heterogéneos (Idoyaga *et al.*, 2020b), como es el caso del curso de Química del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina. También, la tradición en el diseño de los trabajos prácticos de laboratorio, tipo receta, con dinámicas de grupo no del todo funcionales, no contribuye a alcanzar los objetivos de aprendizaje deseados (Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018). Estas condiciones, sumadas a las restricciones por la crisis de la COVID-19 y la ERE consecuente, obligaron a distintos grupos académicos a proponer nuevas alternativas orientadas a rediseñar las actividades experimentales y que puedan solventar las carencias propias de la enseñanza experimental tradicional.

Dentro del contexto del CBC, el modelo tradicional de enseñanza de la química se ha reducido a la utilización de guías de ejercicios y a clases magistrales multitudinarias. En particular, cuando se aborda la temática de gases, las personas docentes despliegan una gran batería de representaciones visuales (Idoyaga, 2020a), con el fin de dar cuenta de propiedades no observables (Atrio Cerezo y Calvo Pascual, 2017). Pero, cuando el estudiantado se enfrenta al estudio de las leyes de los gases o a la teoría cinética, abandona los modelos disciplinares y recurre a formas de razonamiento espontáneo. Estas aproximaciones, que pueden actuar como barreras epistemológicas y metodológicas, son el resultado de construir relaciones memorísticas que obstaculizan formas de razonamiento que involucren la creatividad y que conlleven explicaciones derivadas del sentido común o cotidianas (Furió Gómez, y Furió Más, 2016). Esto se ve ocasionado por la ausencia de actividades experimentales que permitan, no solo la apropiación de los modelos, sino también de modos de estructurar el pensamiento y procedimientos vinculados al análisis de datos empíricos.

En el marco de la crisis sanitaria provocada por el virus responsable de la COVID-19, la UBA, al igual que muchas otras instituciones en Latinoamérica, tuvo que ajustar los métodos que empleaba para enseñar en sus distintas asignaturas, del mismo modo las personas estudiantes tuvieron que adaptarse a los nuevos escenarios educativos mediados por entornos digitales. Esta pandemia ha evidenciado falencias preexistentes, demostrando que las dificultades para la realización de actividades experimentales no son exclusivas de la ERE. Incluso en contextos de presencialidad, la distribución heterogénea del estudiantado, la masividad de los cursos, el acceso limitado al laboratorio, los escasos presupuestos para adquisición de equipos y para su mantenimiento, atentan contra una enseñanza experimental (Pokoo-Aikins, Hunsu, May, 2019) en un escenario de pos pandemia. Esto ha llevado a repensar la educación experimental desde una perspectiva híbrida (Lorenzo, 2020), planteando la necesidad de buscar opciones educativas más acordes a las necesidades existentes.

Desde esta perspectiva, la enseñanza del componente experimental, basada en métodos tradicionales, ha tenido sus vacíos y ha sido necesario reinventar la forma en como se desarrolla la actividad experimental a través de los entornos digitales. En esta línea, los recursos disponibles para el desarrollo de la

actividad experimental, mediante estos entornos que han tomado fuerza durante la implementación de la ERE en tiempos de COVID, han sido los Laboratorios Remotos (LR). En 2019 se inició dentro del trabajo de los LR el desarrollo de los Laboratorios Remotos Diferidos (LRD). Se trata del tipo particular de LR que integra experimentos reales pregrabados, manteniendo los errores típicos (sistemáticos y aleatorios). La interfaz de los LRD brinda a personas docentes y al estudiantado la misma experiencia que en un laboratorio remoto tradicional en tiempo real (Arguedas-Matarrita *et al.*, 2021). Este tipo de LR ha permitido resolver uno de los problemas en la experimentación remota dentro de la enseñanza de la química: la irreversibilidad de los procesos que se dan en la actividad experimental propia del campo y, por ende, la recuperación del estado inicial (Idoyaga *et al.*, 2020b), al mismo tiempo que plantea una solución a las problemáticas preexistentes supramencionados. Además, los LRD son adecuados para el trabajo en cursos masivos, pues muchas personas estudiantes pueden accederlos al mismo tiempo y repetir múltiples veces la actividad. Uno de los desarrollos más recientes se originó como parte de los recursos para abordar la temática de gases a través de la ley de Boyle.

Si bien existen muchas formas de abordar la actividad experimental fuera de los métodos tradicionales (presencialidad), como el uso de simulaciones y Laboratorios Virtuales (LV), este enfoque no permite la realización de prácticas reales de alto nivel de sofisticación, adecuadas al nivel universitario y al trabajo riguroso con la incertidumbre del dato empírico (Narasimhamurthy *et al.*, 2020). Sin embargo, los LR permiten a las personas estudiantes y al profesorado realizar actividades experimentales reales a distancia (desde cualquier parte y en cualquier momento), con equipamiento y condiciones reales, recurriendo a la mediación tecnológica de diversos dispositivos, como computadoras, teléfonos inteligentes o tabletas (Pokoo-Aikins, Hunsu, May, 2019). Esta alternativa permite solventar la mayoría de las necesidades para la enseñanza de la física y la ingeniería (Arguedas-Matarrita y Concari, 2016) y recientemente se han incorporado desarrollos para el abordaje de temáticas dentro de la química. Un ejemplo claro es el LRD sobre Valoración Ácido-Base, el cual fue empleado en el CBC de la UBA en 2020, y dentro la investigación planteada por Idoyaga *et al.* (2020b) se logró visualizar su potencial para atender grupos masivos y heterogéneos con resultados alentadores en términos de ganancia educativa para la persona estudiante.

La investigación de Idoyaga *et al.* (2020b) tuvo como objetivo la descripción de los primeros avances sobre la implementación de los LR en el CBC de la UBA en el primer cuatrimestre de 2020 y en contexto de pandemia, midiendo la percepción de un grupo de 1400 personas estudiantes en torno a los aprendizajes que recibieron luego de ejecutar la experiencia con el LR de Valoración Ácido-Base, empleando un cuestionario con enunciados tipo Likert y preguntas abiertas. En este caso, el estudiantado reconoció haber aprendido aspectos vinculados con los procedimientos propios de la experimentación como el diseño y el tratamiento de datos. Además, posicionan al LR utilizado como un complemento adecuado para comprender los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio. Asimismo, las personas estudiantes manifestaron haber comprendido de una mejor manera los conceptos teóricos vistos en el aula luego de que realizaron la experiencia remota. Finalmente, los investigadores apuntaron a la necesidad de desarrollar investigaciones que incluyan propuestas globales de la enseñanza en entornos digitales empleando LR, específicamente como estrategias de formación de profesionales en ciencia y tecnología.

Otro trabajo, realizado por Herrero-Villarreal, Arguedas-Matarrita y Gutiérrez-Soto en 2020, abordó el estudio de la percepción de 41 personas estudiantes de diversas carreras de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) en Costa Rica sobre el uso de los LR como un recurso educativo para facilitar el componente experimental a distancia para el aprendizaje de la física. La metodología que se aplicó en el primer cuatrimestre de 2020, en el contexto de pandemia, comprendió un cuestionario de 14 preguntas que enfrentaron al estudiantado con la valoración de aspectos relacionados con la conectividad, su conocimiento en torno a los LR y la percepción luego de usar estos recursos. En este estudio se pudo estimar que los LR son recursos con el potencial de permitir el acceso a las actividades de laboratorio y poseen un fuerte arraigo con el modelo educativo a distancia, ya que el estudiantado no se tuvo que desplazar para realizar la experiencia. Además, la valoración de las

personas estudiantes fue positiva, tanto para el uso de los LR como un recurso para alcanzar los objetivos de aprendizaje, como el uso de las tecnologías para la mediación de las actividades experimentales. Finalmente, se brindó una prospectiva del potencial de estos recursos en contextos de pospandemia.

Como se ha mencionado, existen varios desafíos para la enseñanza de las ciencias naturales, sin embargo en la química prevalece un grado de dificultad mayor a la hora de desarrollar las temáticas de manera teórica y experimental. Nakamatsu (2012) plantea que la mayoría de las personas estudiantes presentan problemas en la comprensión, dada la complejidad del lenguaje propio del área, en ocasiones abstracto y lleno de tecnicismos. En esta misma línea, la construcción del conocimiento en química representa un desafío, pues se deben ordenar los modelos y las teorías de forma progresiva para avanzar en la comprensión de otros conceptos y lograr la conexión con los fenómenos del mundo real. Es más, el aprendizaje de las ciencias naturales, en particular de la química, requiere de las personas estudiantes el desarrollo de capacidades cognitivas complejas.

Al respecto, Lorenzo (2017) ofrece una interpretación a partir del triángulo de Johnstone (2007), el cual propone tres niveles de representación en el cual el estudiantado debe poder moverse para construir significados canónicos: submicroscópico, microscópico y simbólico. Muchos autores señalan que las personas estudiantes construyen, generalmente, la mayor parte de su comprensión en química utilizando representaciones en un solo nivel, pero tienen menos éxito cuando deben establecer relaciones entre los tres niveles (Cardellini, 2012). Según Johnstone (2007), en la práctica, el profesorado asume, de manera inconsciente, que las personas estudiantes son capaces de realizar estas traducciones por sí solas. En contraposición, el autor afirma que, a diferencia de la persona facilitadora, el estudiantado no es capaz de realizar el pasaje entre los tres niveles (principio de inducción) de manera autónoma.

Este es el caso de la ley de Boyle, la cual es una de las leyes que conforma la teoría de los gases ideales, esta relaciona el comportamiento inversamente proporcional que existe entre la presión y el volumen. Algunas investigaciones demuestran que los estudiantes pueden resolver ejercicios relacionados con esta ley aplicando ecuaciones o algoritmos, sin necesidad de haber comprendido lo que se les preguntaba (Vera-Monroy, De la Hoz y Gamboa, 2022). Sin embargo, demostraron dificultades cuando debieron aplicar conceptos propios de la química y relacionar el nivel macroscópico con el nivel submicroscópico (Ordones, Arellano, Jara y Merino, 2014). Ante esta situación, pueden proponerse diversas estrategias que incorporan el trabajo con gráficos, analogías, imágenes y simulaciones como parte de una unidad didáctica (Gómez Tamayo, 2012). Sin embargo, la opción de los LRD supone una alternativa adecuada para el abordaje integral de los tres niveles de representación, al replicar la experiencia real (las veces que se requiera) con los errores típicos de la actividad experimental (Pokoo-Aikins, Hunsu, May, 2019) y sin la problemática de la dependencia del espacio físico, los equipos y demás falencias que conlleva la enseñanza experimental tradicional.

Como se ha mencionado, el curso introductorio del CBC presenta problemas para el abordaje de la actividad experimental por sus características de masividad y de heterogeneidad del estudiantado. Además, esa dificultad ha puesto en evidencia las falencias preexistentes a la pandemia, ocasionada por el virus de la COVID, como la falta de espacios físicos adecuados, equipamiento suficiente para las personas estudiantes y capacidad de sostener este tipo de inversiones con el tiempo. Surge la opción de trabajar con recursos mediados en entornos digitales, como el LR sobre la ley de Boyle diseñado por la UNED de Costa Rica y utilizado a partir del 2021 en el CBC de la UBA, con el fin de recuperar y fomentar la actividad experimental en entornos digitales que permiten la participación masiva y la autorregulación del aprendizaje (Herrero-Villarreal, Arguedas-Matarrita y Gutiérrez-Soto, 2020; Idoyaga *et al.*, 2020b).

A partir de esta problemática, el objetivo de este trabajo fue estudiar la percepción del estudiantado sobre una propuesta de enseñanza que incluye el uso de un LRD para el abordaje de la temática de gases, en un primer curso universitario de química en la Universidad de Buenos Aires de Argentina, durante el

primer semestre del 2021. Particularmente, se buscó conocer aspectos vinculados con la percepción del aprendizaje, el grado de satisfacción y la usabilidad de este recurso en entornos digitales.

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La investigación se realizó en el marco de las actividades del curso de Química del CBC de la UBA durante el transcurso del primer semestre de 2021.

La propuesta objeto de la indagación incluyó la realización de una actividad experimental con el LRD Ley de Boyle, desarrollado por el Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED y gestionado por *LabsLand*, spin-off de la Universidad de Deusto, e integrado al aula virtual del curso (plataforma MOODLE versión 3.2). Las tareas se llevaron adelante en forma fundamentalmente asincrónica con algunos encuentros sincrónicos para solventar dudas. Las personas estudiantes contaron con dos semanas para utilizar el LRD Ley de Boyle y confeccionar un informe. A continuación, se describe el recurso empleado.

El LR Ley de Boyle cuenta con tres apartados:

1. Introducción: incluye un video el cual relata en qué consiste el LRD, qué materiales utiliza y para qué se utilizan.
2. Configuración: permite seleccionar con qué jeringa se quiere trabajar, 20 mL o 60 mL.
3. Observación (Figura 1): presenta el dispositivo completamente montado y listo para usar. El mismo cuenta con un sensor de presión, un soporte donde se asegura la jeringa elegida llena de aire, una *display* que registra la presión y un botón que hace descender el émbolo de la jeringa (disminuyendo el volumen).

Figura 1

Vista general del apartado Observación del LRD Ley de Boyle



Nota. Laboratorio de ley de Boyle, tomado del sitio web de LabsLand

La propuesta de trabajo incluyó el diseño de múltiples materiales de apoyo, guías y video tutoriales que abordaban los múltiples contenidos de diferentes formas, desde la definición de variable hasta cómo graficar en *Microsoft Excel*. Los principales materiales incluyeron:

1. Una guía de trabajo práctico con tres secciones:
 - a. Instrucciones para ingresar al LRD
 - b. Orientaciones para realizar la actividad experimental
 - c. Preguntas para fomentar la reflexión
2. Una guía de fundamentos sobre distintos aspectos teóricos e históricos con múltiples referencias bibliográficas.
3. Una guía para la confección del informe con el detalle de las secciones requeridas para su presentación.
4. Un documento con el formato recomendado para el informe.
5. Una rúbrica de evaluación visible y disponible para que el estudiantado la consulte. Esta misma contó con cuatro categorías: formato y estructura del informe, contenido, presentación de resultados y discusión de resultados. Cada una de las categorías admitió cuatro niveles de desempeño.

Estos materiales se encontraban insertos en una estructura que, además, incluía una hoja de ruta y una selección de recursos. La hoja de ruta ofrecía una introducción breve y sugería una posible estrategia para abordar la actividad experimental. La misma presentaba todos los materiales clasificándolos en imprescindibles, necesarios y recomendables, una estrategia inspirada en los aportes de Zabalza (2015). La selección de recursos tenía como objetivo estimular la investigación y el abordaje de la actividad experimental desde distintas perspectivas. Se presentaban videos alternativos, páginas de interés y apoyo teórico. Las personas estudiantes entregaron el informe que era evaluado con la rúbrica y contaron con la posibilidad de rehacerlo, a partir de la retroalimentación de las personas docentes, la cantidad de veces que sea necesario. Para el desarrollo del curso se trabajó un total de 24 encuentros sincrónicos de asistencia optativa, a través de la plataforma de *Microsoft Teams*. Estos encuentros se dividieron en dos sesiones trabajo, una por la mañana y otra por la tarde. La duración de cada encuentro fue de una hora cada uno y se trataron temas relacionados con el trabajo de laboratorio, el acceso a los recursos como el LR propuesto y la confección de los informes de laboratorio para garantizar la uniformidad en su entrega.

La metodología propuesta para valorar la percepción del propio aprendizaje, la satisfacción con el curso y la usabilidad del LRD Ley de Boyle, por parte de las personas estudiantes universitarias, responde a un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, transversal y de alcance descriptivo. Se parte de un diseño no experimental, transversal dado que este es sistemático y las relaciones entre las variables se realizan sin intervención directa y ocurren en su contexto natural, además permite hacer una única recolecta de datos y el alcance permite describir las variables indagando las incidencias y valores que se manifiestan en este (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En este apartado se describe el contexto de la indagación, los participantes, la recolección y el análisis de datos.

Se trató de un primer curso de química universitaria que forma parte del denominado Ciclo Básico Común y que se encuentra dentro de la oferta formativa de la Cátedra Idoyaga, en la Universidad de Buenos Aires, Argentina. El estudio se llevó a cabo en el primer cuatrimestre de 2021 y contó con una población con características educativas heterogéneas. Se estableció un muestreo no probabilístico por conveniencia con un total de 505 personas estudiantes (disponibles al momento del estudio) quienes participaron de forma voluntaria y que utilizaron el LRD Ley de Boyle. Todos brindaron su consentimiento informado. Sus aportes fueron confidenciales y los datos de filiación fueron codificados. Esta investigación no alteró el normal desarrollo de las actividades académicas de las personas participantes.

Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario inspirado en los trabajos de Idoyaga *et al.* (2020b) y en la propuesta de Heck (2017). Este se alojó en la plataforma de *Google Forms*. Para garantizar la validez

y confiabilidad, se triangularon los datos, primero con un grupo de personas expertas que revisaron la idoneidad del instrumento y luego con las personas participantes al responder este. El cuestionario se aplicó en la última semana del curso en el aula virtual de la asignatura y empleando los formularios de la plataforma MOODLE. A continuación se detalla el instrumento empleado.

En la primera parte, se incluyó una pregunta cerrada destinada a conocer el tipo de dispositivo utilizado (PC de escritorio, PC portátil, *smartphone* o *tablet*) para acceder al LRD; para la segunda sección del cuestionario se elaboraron 28 enunciados tipo Likert, 14 pares. Cada par incluyó el enunciado a considerar y uno de control (Tabla 1), idéntico por la negativa, tendiente a verificar coherencia en las respuestas. Se solicitó a los participantes que expresaran su grado de acuerdo marcando un casillero entre 1 y 4. Siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 parcialmente de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo.

Los enunciados se dividieron en tres secciones. Los primeros 5 pares de enunciados correspondieron a la indagación de la autopercepción de los aprendizajes. Se incluyeron aspectos vinculados a la comprensión de conceptos, al diseño experimental, a la incertidumbre de la medición, a la realización de representaciones gráficas y a la relación de la actividad experimental con otros aprendizajes. Los siguientes 4 pares de enunciados estuvieron destinados a indagar sobre la satisfacción de las personas estudiantes respecto al uso del LRD. Se incluyeron cuestiones vinculadas a la relevancia y la motivación. Los últimos 5 pares de enunciados fueron diseñados para indagar sobre la usabilidad del dispositivo experimental.

Por último, en la tercera parte del cuestionario, se incluyeron cuestiones relativas a la facilidad de uso, los posibles problemas emergentes, la calidad de la imagen, el tiempo de la sesión y la información disponible en la interfaz.

Tabla 1

Enunciados utilizados en el cuestionario.

Enunciados sobre Percepción del aprendizaje	Enunciados de Control sobre Percepción del aprendizaje
PAE1. El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor los conceptos de la clase.	PAC1. El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender los conceptos de la clase.
PAE2. El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender cómo se desarrolla una actividad experimental en un laboratorio de química.	PAC2. El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender cómo se desarrolla una actividad experimental en un laboratorio de química.
PAE3. El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender que los datos se ven afectados por errores inevitables inherentes a las condiciones experimentales.	PAC3. El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender que los datos se ven afectados por errores inevitables inherentes a las condiciones experimentales.
PAE4. El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a comprender mejor cómo se trabaja con los datos experimentales para confeccionar gráficos.	PAC4. El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil a la hora de comprender mejor cómo tratar los datos experimentales para confeccionar gráficos.
PAE5. El trabajo con el Laboratorio Remoto me ayudó a resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.	PAC5. El trabajo con el Laboratorio Remoto me resultó poco útil para resolver las actividades planteadas en la guía de ejercicios y problemas.
Enunciados sobre Satisfacción	Enunciados de Control sobre Satisfacción
SE1. En general, estoy satisfecha/o con el Laboratorio Remoto que usamos en este curso de Química.	SC1. En general, estoy insatisfecha/o con el Laboratorio Remoto que usamos en este curso de Química.
SE2. El trabajo en el Laboratorio Remoto fue relevante para mis estudios en este curso de Química.	SC2. El trabajo en el Laboratorio Remoto aportó poco a mis estudios en este curso de Química.
SE3. Me gustaría que hubiera más laboratorios remotos en este curso de Química.	SC3. Preferiría que no hubiera laboratorios remotos en este curso de Química.
SE4. Me sentí motivada/o por el trabajo en el Laboratorio Remoto en este curso de Química.	SC4. El Laboratorio Remoto en este curso de Química me pareció poco interesante.

Enunciados sobre Percepción del aprendizaje	Enunciados de Control sobre Percepción del aprendizaje
<i>Enunciados sobre Usabilidad</i>	<i>Enunciados de control sobre Usabilidad</i>
UE1. Creo que el Laboratorio Remoto es fácil de usar.	UC1. El uso del Laboratorio Remoto es complejo.
UE2. Durante mi trabajo en el Laboratorio Remoto logré realizar las acciones deseadas sin problemas.	UC2. Tuve problemas al realizar las acciones deseadas en mi trabajo en el Laboratorio Remoto.
UE3. La información disponible en la ventana del Laboratorio Remoto me ayudó a manipular las condiciones de la actividad experimental.	UC3. La información disponible en la ventana del Laboratorio Remoto me resultó confusa y no fue útil para realizar la actividad experimental.
UE4. El tiempo de la sesión en el Laboratorio Remoto (20 min) fue suficiente para completar la actividad experimental.	UC4. El tiempo de la sesión en el Laboratorio Remoto (20 min) fue insuficiente para completar la actividad experimental
UE5. La calidad de la imagen me permitió observar claramente los cambios de presión y volumen en el dispositivo.	UC5. La calidad de la imagen no me permitió que observara claramente los cambios de presión y volumen en el dispositivo.

Adicionalmente, para reforzar los resultados de usabilidad, se obtuvieron datos provenientes de la estadística ofrecida por la plataforma *LabsLand* respecto a la cantidad de usos totales del LR por parte de las personas estudiantes participantes, la cantidad de usos del estudiantado, los días y las franjas horarias en las que el estudiantado realizó la experiencia remota.

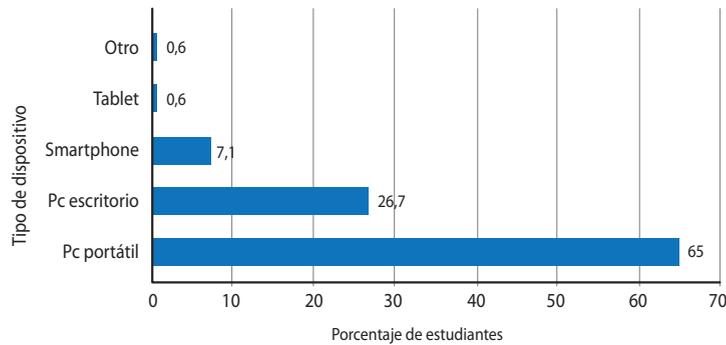
Finalmente, los datos recolectados se sometieron a estadística descriptiva. Se obtuvieron las frecuencias relativas para la pregunta cerrada sobre los dispositivos utilizados, las frecuencias absolutas y relativas, los estadísticos de tendencia central, mediana y moda, para todos los enunciados y la mediana, moda, máximo y mínimo de usos por persona estudiante para los datos provenientes de la plataforma. En todos los casos se utilizó el *Software IBM SPSS Statistics* versión 25.

Los resultados permitieron estimar que las personas estudiantes lograron reconocer aprendizajes vinculados al quehacer experimental al ejecutar la propuesta presentada en este estudio. El análisis de los cuestionarios permitió sostener que el trabajo con el LRD sobre la ley de Boyle, en el marco de la propuesta didáctica de la Cátedra de Química del CBC, resultó bien valorado por las personas estudiantes en distintos aspectos. Esto se evidencia en los altos niveles de acuerdo registrado en los enunciados referidos a la percepción de los propios aprendizajes, la satisfacción y la usabilidad, este último también se pudo documentar con los múltiples usos en distintos días y horarios (días y horas) obtenidos de la estadística extraída de la plataforma *LabsLand*. En esta misma sección se discuten los datos obtenidos.

En primer lugar, se calcularon las frecuencias relativas porcentuales para las respuestas a la pregunta cerrada que apuntaba a conocer con qué dispositivo se usó el LRD Ley de Boyle. El uso PC portátil registró la mayor frecuencia (65%), seguido por el uso de PC de escritorio (26,7%). Otros dispositivos tuvieron una representación mucho menor (Figura 2).

Figura 2

Tendencia para el uso de los dispositivos electrónicos empleados para desarrollar la actividad experimental

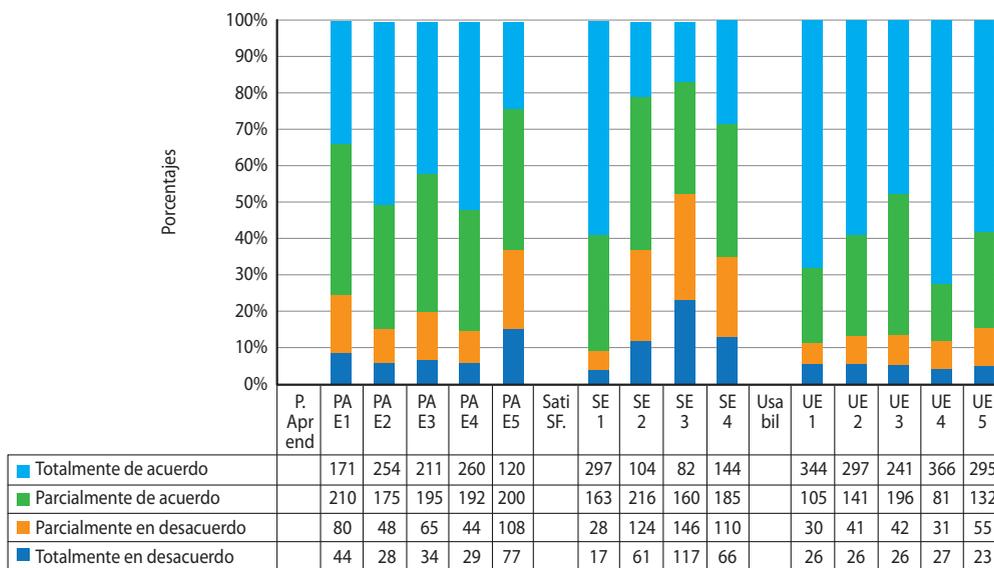


Este análisis permitió establecer no solo desde que tipo de dispositivo desarrollan la actividad las personas estudiantes, quienes establecen una ventaja o desventaja para el desarrollo de la actividad experimental desde el punto de vista visual, sino también cuál fue el medio más cómodo para realizar la AE (Actividad experimental) y cuál el más amigable a la hora de obtener los datos, lo que afectaría en gran medida la usabilidad y la satisfacción del estudiantado. Además, permitió establecer una relación directa con el UE5 sobre la calidad de la imagen, donde más del 55% de las personas estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo en que la imagen visualizada desde su dispositivo les permitió observar los cambios de presión y volumen (ver Figura 3).

En segundo lugar, se calcularon las frecuencias correspondientes al grado de acuerdo en cada uno de los enunciados estudiados sobre la percepción del aprendizaje (PAE 1 a PAE 5), la satisfacción del estudiantado (SE1 a SE4) y la usabilidad de la herramienta (UE1 a UE5). La Figura 3 muestra las frecuencias absolutas y relativas (porcentuales) para cada uno de los 14 enunciados. Los valores se agruparon por frecuencias absolutas entre 1 y 4, de la siguiente manera: Siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 parcialmente de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo.

Figura 3

Frecuencias absolutas y relativas porcentuales de cada grado de acuerdo para cada uno de los enunciados estudiados sobre la percepción del aprendizaje, la satisfacción del estudiantado y la usabilidad de la herramienta



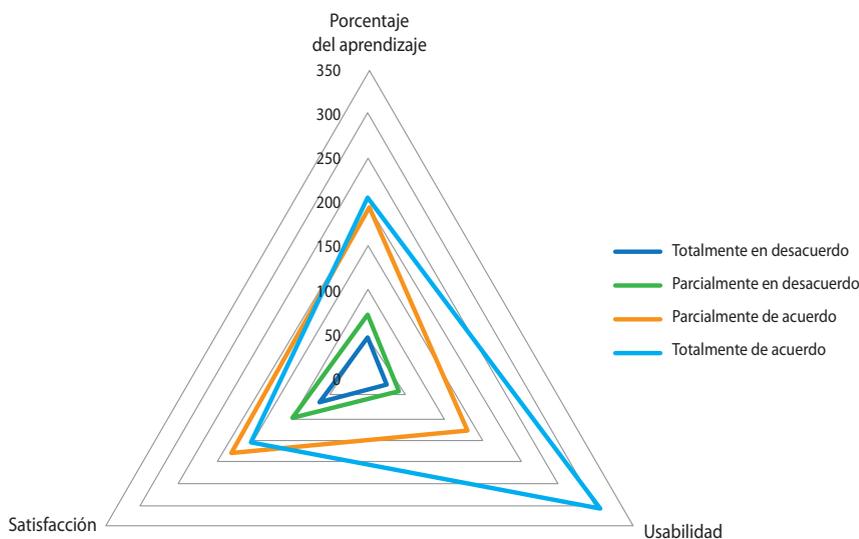
Nota. Los valores para las frecuencias se agruparon según los valores: Siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 parcialmente de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo

Los resultados mostraron una tendencia predominante en la elección de los grados de acuerdo 3 y 4 (parcialmente de acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente). En este sentido, se logró estimar que las personas estudiantes perciben de forma positiva el uso del LRD sobre la ley de Boyle, como un recurso complementario que permitió reforzar aspectos propios del proceso de aprendizaje, como la comprensión de conceptos teóricos y aprendizajes vinculados al componente experimental (procedimientos, tratamiento de datos, elaboración en interpretación de representaciones gráficas, entre otros). Además, se percibe un alto grado de usabilidad (estructura de la interfaz del LR), al mismo tiempo que satisface las necesidades educativas del estudiantado. Esto se visualiza mejor en la Figura 4, que representa el promedio de las frecuencias absolutas de las respuestas de los enunciados de cada categoría (percepción del aprendizaje, satisfacción y usabilidad) para cada grado de acuerdo.

Además, la Figura 4 permitió observar la especial valoración registrada de los aspectos relacionados con la usabilidad del dispositivo, lo cual deja en evidencia que el recurso posee una versatilidad en cuanto a la manipulación de la interfaz de trabajo. También se visualizó un grado de totalmente de acuerdo con respecto a la percepción del aprendizaje con el uso del recurso, lo que permitió establecer la pertinencia de este para el fin para el cual fue creado. Finalmente, se estimó un grado de parcialmente de acuerdo en cuanto a la satisfacción (enunciados SE2, SE3 y SE4 de la Figura 3), aunque en general los participantes catalogan un grado de totalmente de acuerdo con respecto a la satisfacción del recurso (enunciado SE1 de la Figura 3).

Figura 4

Comparativo del grado de acuerdo general sobre la percepción del aprendizaje, la satisfacción del estudiantado y la usabilidad de la herramienta



Nota. Los valores para las frecuencias se agruparon según los valores: Siendo 1 totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 parcialmente de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo

En tercer lugar, se obtuvieron los estadísticos de tendencia central, media, mediana y moda para cada uno de los enunciados sobre la percepción del aprendizaje (Tabla 2), la satisfacción (Tabla 3) y la usabilidad de la herramienta (Tabla 4). Estas tablas afianzan parte de los resultados ya discutidos y aportan una visión resumida, lo cual permite analizar las representaciones cuantitativas de los datos analizados dentro de la población en estudio a partir de cada percepción obtenida.

Tabla 2

Media, mediana y moda de los Enunciados sobre Percepción del Aprendizaje (PAE) y sus correspondientes enunciados de control (PAC)

Enunciados	Media	Moda	Mediana
PAE1	3,01	3	3
PAE2	3,30	4	4
PAE3	3,15	4	3
PAE4	3,31	4	4
PAE5	2,72	3	3
Enunciados de control	Media	Moda	Mediana
PAC1	1,82	1	2
PAC2	1,64	1	1
PAC3	1,57	1	1
PAC4	1,75	1	1
PAC5	2,14	1	2

En relación a la Tabla 2, las personas estudiantes dan cuenta de haber logrado comprender el diseño y el desarrollo de actividades experimentales propias de los procesos intelectuales de control (Lorenzo, 2020), (PAE2, 85% entre niveles 3 y 4). Esto resulta de primaria importancia en todo curso inicial de química que entre sus objetivos debe incluir no solo la discusión de los modelos disciplinares, sino también la apropiación del modo de trabajo en la disciplina y los procedimientos propios del quehacer experimental (Idoyaga *et al.*, 2020b). Así mismo, las personas estudiantes reportaron aprendizajes sobre el manejo de datos experimentales y la realización de representaciones gráficas (Idoyaga, 2019), (PAE4, 86% entre niveles 3 y 4). Esto es deseable en términos del desarrollo de habilidades vinculadas al tratamiento de resultados y al proceso de alfabetización gráfica que acompañan la educación científica. También, se reportaron aprendizajes de conceptos (PAE1, 75% entre niveles 3 y 4) y el reconocimiento del error en el proceso de medición (PAE3, 80% entre niveles 3 y 4). Esto último resulta poco habitual en cursos iniciales como el de química del CBC y representa una oportunidad para introducir discusiones metodológicas. Un poco menos valorada fue la vinculación del trabajo en el LRD con el resto de las actividades de la propuesta de enseñanza (PAE5, 63% entre los niveles 3 y 4). Probablemente, esto tenga que ver con la ausencia de ejercicios y problemas referidos al trabajo en el laboratorio en las guías y en otros materiales.

Tabla 3

Media, mediana y moda los Enunciados sobre Satisfacción (SE) sus respectivos enunciados de Control (SC)

Enunciados	Media	Moda	Mediana
SE1	3,47	4	4
SE2	2,72	3	3
SE3	2,41	3	2
SE4	2,81	3	3
Enunciados de control	Media	Moda	Mediana
SC1	1,68	1	1
SC2	1,98	1	2
SC3	1,88	1	2
SC4	1,78	1	1

En cuanto a la Tabla 3, pudo estimarse que las personas estudiantes apreciaron la incorporación de la AE y el uso de un LR (SE1, 91% entre los niveles 3 y 4). Además, consideraron que el uso de este fue relevante para el desarrollo de los contenidos trabajos en las clases correspondientes (SE2, 63% entre los niveles 3 y 4) y que la propuesta los motivó en el estudio de la asignatura (SE4, 65% entre los niveles 3 y 4). Esto reviste particular importancia en los primeros años de las carreras en ciencia y tecnología, donde aún las vocaciones se están consolidando. Sin embargo, cuando se indagó sobre si les gustaría que se usen más LR, las personas estudiantes se mostraron menos de acuerdo (SE3, 48% entre los niveles 3 y 4). Esto puede deberse a las actividades ligadas a la inclusión de los LR, como la confección de un informe, sin embargo se deben de plantear otras pesquisas para entender este comportamiento. Todo esto aporta evidencia sobre la buena aceptación de este tipo de propuestas por parte del estudiantado universitario.

Tabla 4
 Media, mediana y moda de los Enunciados sobre Usabilidad (UE) y sus correspondientes enunciados de Control (UC)

Enunciado	Media	Moda	Mediana
UE1	3,52	4	4
UE2	3,40	4	4
UE3	3,29	4	3
UE4	3,56	4	4
UE5	3,38	4	4
Enunciados de control	Media	Moda	Mediana
UC1	1,52	1	1
UC2	1,62	1	1
UC3	1,47	1	1
UC4	1,40	1	1
UC5	1,50	1	1

Con respecto a la Tabla 4, la cual destaca la usabilidad del instrumento, un alto porcentaje de las personas estudiantes coincidieron en que el recurso es fácil de usar (UE1, 89% entre los niveles 3 y 4). Además, se registró un alto acuerdo en que la interfaz permite ejecutar cada una de las acciones de una forma simple (UE2, 87% entre los niveles 3 y 4) y que permite la manipulación de las condiciones de la AE (UE3, 86% entre los niveles 3 y 4). También, estiman que el tiempo brindado para el desarrollo de la actividad planteada fue adecuado (E4, 88% entre los niveles 3 y 4). Por último, a pesar de que el estudiantado coincide en que la calidad de imagen permite visualizar los cambios de volumen en la jeringa y la presión en la *display* (UE5, 84% entre los niveles 3 y 4), hay que considerar que más del 90% de los estudiantes realizaron la actividad en un PC portátil o de escritorio (Figura 2), lo que no permite valorar este aspecto en dispositivos como el *smartphone*. Aunque este último grupo de estudiantes explicitó que se le dificultó visualizar de una forma adecuada la experiencia. Y otro pequeño grupo aseguró tener problemas derivados de la baja cobertura o calidad de Internet en su lugar de residencia.

Los enunciados PAE5, que vincula el trabajo en el LR con otras actividades del curso, y el enunciado SE3, que indaga la posibilidad de contar con más LR en las asignaturas cursadas por el estudiantado, presentan medianas, modas y una sumatoria de las frecuencias de los niveles de alto grado de acuerdo que dan por debajo de los otros enunciados de la misma categoría.

Los enunciados de control, incorporados al cuestionario para reconocer sesgos e inconsistencias, mostraron un comportamiento coherente con los enunciados en estudio. La excepción se plantea en el SC3

(Tabla 2) del aspecto de satisfacción, el cual no respalda la selección del SE3 (Tabla 2) en cuanto a la mediana, ni la moda.

En último lugar, se obtuvieron los datos de uso de la plataforma *LabsLand*. Se registraron 1462 usos correspondientes a las 505 personas estudiantes participantes. Además, la Tabla 5 muestra la distribución de los usos totales según el día de la semana y la hora.

Tabla 5
Porcentajes de usos por día y horarios del LR Ley de Boyle

Horarios /Días	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	Total, por franja
0:00h a 5:00h	1,56%	0,40%	0,65%	0,61%	1,12%	0,93%	0,80%	6,07%
6:00h a 11:00h	3,46%	1,16%	1,60%	1,18%	2,77%	0,86%	1,09%	12,11%
12:00h a 17:00h	9,60%	3,47%	3,52%	6,61%	7,22%	5,18%	6,36%	41,95%
18:00h a 23:00h	8,89%	3,56%	3,27%	5,54%	5,90%	4,55%	8,19%	39,90%
Total de usos por día	23,51%	8,59%	9,04%	13,94%	17,01%	11,52%	16,43%	100%

Los datos presentados fueron extraídos de la plataforma. En estos se apreció que las personas estudiantes que realizaron la actividad experimental y que pertenecen a la muestra analizada realizaron la actividad más de una vez (con una moda de 3) y en distintos días y horarios, más allá de los establecidos para cada grupo de clase e incluyendo horarios nocturnos y los fines de semana. Esto es relevante ya que democratiza el acceso a la actividad experimental y tiene un valor agregado en países como los de Latinoamérica donde la conexión y la disponibilidad de dispositivos son compartidas por familiares o convivientes. Más aún, el hecho de que las prácticas puedan repetirse maximiza las posibilidades de aprendizaje.

SÍNTESIS Y REFLEXIONES FINALES

Los resultados permiten concluir que las personas estudiantes percibieron una ganancia en los aprendizajes vinculados al quehacer experimental luego de desarrollar la experiencia con el LRD de la ley de Boyle. Además, se estimó que el recurso posee una alta usabilidad y el estudiantado manifestó satisfacción al usarlo. En el caso de los aprendizajes potenciados, se destacaron el manejo de datos empíricos, el reconocimiento del error en la medición, el entendimiento del diseño experimental, la confección de gráficos y ciertas conexiones con los modelos disciplinares. Así mismo, la usabilidad del LRD y la satisfacción registrada con respecto a la propuesta de trabajo permiten sostener la adecuación al contexto del estudiantado.

Con la incorporación de LRD a la propuesta didáctica de la temática de gases, las personas estudiantes percibieron que este recurso ayudó a resolver cuestiones de base epistemológica propias de la enseñanza a distancia y en particular de la química, que requiere además la apropiación de modelos y códigos muy complejos por parte del estudiantado. Es por ello que el LR fue valorado por las personas estudiantes de manera tan favorable porque les permitió trabajar con instrumentos específicos, obtener datos y aprender a cómo lidiar con los mismos. Cosa que en la ERE no venía sucediendo y que por su carácter de masividad, previo a la emergencia sanitaria causada por el virus de la COVID, tampoco estaba siendo tratada, especialmente en contextos como el del CBC de la UBA.

La posibilidad que brindó el LRD propuesto de repetir las prácticas ofreció a las personas estudiantes posibilidades reales de autorregular sus aprendizajes, favoreciendo su autonomía. Respecto a la

usabilidad, la oportunidad de realizar la misma práctica más de una vez e incluso de introducir modificaciones aumentan los grados de libertad del estudiantado y democratizan el acceso a la AE para poblaciones heterogéneas como la del CBC. Además, la oportunidad de realizar la AE en distintos días y horarios permitió a las personas estudiantes disponer de mejores condiciones para realizar la actividad. A pesar de esto, se identificaron dos problemas con los que tuvo que enfrentar el estudiantado: la conexión a Internet (mayor estabilidad) y la visualización al utilizar usos de dispositivos electrónicos como el *smartphone*.

Se considera que este trabajo inaugura la indagación de una alternativa prometedora para el abordaje de los modelos disciplinares que dan cuenta del comportamiento de los gases y otros posibles estudios relacionados a la ganancia educativa derivada de otros recursos similares a los LR y que se encuentren mediados por entornos digitales. El uso del LR y, en particular, de tipo diferido, como el incluido en la propuesta objeto de esta pesquisa, permitirá generar una forma de incluir actividades experimentales en la enseñanza de la temática de gases para mejorar la apropiación de contenidos y superar la aproximación puramente libresco en cursos masivos como los del CBC. Ya que tradicionalmente el tema gases se abordaba de forma expositiva, conceptual y teórica en las clases presenciales de química previas a la emergencia sanitaria causada por el virus de la COVID. Esto motivará el diseño de nuevos LR de tipo diferido para la enseñanza de la química y su implementación en diversos contextos educativos, así como el desarrollo de futuros trabajos como el presentado en este documento.

La propuesta estimula el trabajo simultáneo en distintos niveles de representación, especialmente en lo que respecta a las representaciones gráficas, contribuyendo a mejorar el pasaje entre los niveles del conocimiento. Es decir, promueve la apropiación de los registros semióticos propios de la disciplina. Sin embargo, más allá de los buenos resultados, muestra alguna falta de coherencia entre lo que se trabaja en el LR y lo que proponen el resto de las actividades del curso.

REFERENCIAS

- Arguedas-Matarrita, C. *et al.* (2021). Design and Development of an Ultra-Concurrent Laboratory for the Study of an Acid-Base Titration (ABT) at the Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. En Auer, M. E.; Bhimavaram, K. R.; Yue, X. G. (Eds.), *Online Engineering and Society 4.0. REV 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, 298. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_13
- Arguedas-Matarrita, C.; Concari, S. B. y Marchisio, S.T. (2017, 8-10 de mayo). *Una revisión sobre desarrollo y uso de Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Física en Latinoamérica*. Primer Simposio Ibero-Americano de Tecnologías Educativas, Araranguá, Santa Catarina, Brasil.
- Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. B. (2016). Laboratorios remotos para la enseñanza de la física: características tecnológicas y pedagógicas. *Revista de enseñanza de la física*, 28(Extra), 235-243. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15644>
- Atrio Cerezo, S. y Calvo Pascual, M. A. (2017). El concepto físico-químico de materia en las escuelas latinoamericanas de educación primaria: Cuándo y con qué profundidad se trabaja. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 25(98). <http://epaa.asu.edu/ojs/3023>
- Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Universidad del Valle.
- Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the Subject is Difficult? *Educación Química*, 23(2), 305-310. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30158-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30158-1)
- Castellano Ascencio, M. D. (2016). Aspectos pedagógicos del diseño de contenidos digitales interactivos, consideraciones sobre el proceso de mediación. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 49, 51-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194247574004>

- Furió Gómez, C. y Furió Más, C. (2016) Dificultades conceptuales y epistemológicas de futuros profesores de Física y Química en las explicaciones energéticas de fenómenos físicos y químicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 7-24. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1644>
- 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>
- Gómez Tamayo, J. H. (2012). *Diseño de una unidad didáctica como estrategia para abordar la enseñanza-aprendizaje de las leyes de los gases ideales en el grado 11 de la IE INEM "José Félix de Restrepo"* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Heck, Carine. (2017). *Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel* [Tesis doctoral inédita]. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.
- Herrero-Villareal, D.; Arguedas-Matarrita, C. y Gutiérrez-Soto, E. (2020) Laboratorios remotos: recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32 (extra), 181-189. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30991>
- Idoyaga, I.; Capuya, F.; Dionofrio, J.; López, F. y Moya, C.N. (2020a). Enseñanza remota de emergencia de la química para grandes grupos. *Revista de Educación en la Química*, 26(2), 153-167. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/81/146>
- Idoyaga, I. J.; Vargas-Badilla, L.; Nahuel Moya, C.N.; Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A. L. (2020b). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Idoyaga, I. (2019). Las representaciones gráficas en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad [Tesis de doctorado]. Universidad de Buenos Aires.
- Idoyaga, I. y Maeyoshimoto, J. (2018). Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física. En G. Lorenzo, H. Odetti y A. Ortolani (Eds.), *Comunicando la Ciencia. Avances en investigación en Didáctica de la Ciencia*, 55-68. Ediciones UNL.
- Johnstone, A. H. (2007). Science education: We know the answers, let's look at the problems. *Proceedings of the 5th Greek Conference "Science education and new technologies in education"*, 1, 1-11.
- Lorenzo, M. (2020). Revisando los Trabajos Prácticos Experimentales en la Enseñanza Universitaria. *Aula Universitaria*, 4(21), 15-34. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>
- Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, 21, 15-34. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>
- Lorenzo, M. G. (2017). *Los contenidos de Ciencias Naturales en la Enseñanza Universitaria: especificidad, abstracción y orientación profesional*. Proyecto UBA-CYT. Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CONICET.
- López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1(8), 145-166.
- Martínez-Reina, M. y Amado-González, E. (2016). Filatelia y Didáctica de la Química: un ejemplo con los Gases Ideales. *Revista Cubana de Química*, 28(3), 843-869. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443547538009>
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. *Revista En blanco y negro*, 3(2), 38-46.

- Narasimhamurthy, K. C.; Orduna, P.; Rodríguez-Gil, L.; Bharath, G. C. B.; Susheen Srivatsa, C.N.; Mulamuttal, K. (2020). Analog Electronic Experiments in Ultra-Concurrent Laboratory. En Auer M., May D. (Eds.), *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1231. Springer, Cham. http://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_3
- Ordenes, R.; Arellano, M.; Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46-55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70523-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70523-3)
- Pokoo-Aikins, G. A.; 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. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028460>
- Rivero Arrieta, A.Y. y Pacheco Lora, M. (2021). Desarrollo de competencias científicas investigativas: percepciones sobre sus prácticas pedagógicas. *Revista Boletín Redipe*, 10(3), 21-27. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i3.1222>
- Vera-Monroy, S. P.; De la Hoz, V.; Gamboa, M. C. (2022). Resolución de problemas en química: descifrando métodos, errores, obstáculos, temáticas y aplicabilidad usando N-Vivo. *Formación universitaria*, 15(1), 175-182. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000100175>
- Zabalza Beraza, M. A. (2015). Las competencias en la formación del profesorado: de la teoría a las propuestas prácticas. *Tendencias Pedagógicas*, 20, 5-32. <https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/2012>