



Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos

Knowledge of university faculty about teaching chemistry with remote laboratories

Ignacio Julio Idoyaga,¹ Laura Vargas-Badilla, Cesar Nahuel Moya, Eric Montero-Miranda, Jorge Esteban Maeyoshimoto, Fernando Gabriel Capuya, Carlos Arguedas-Matarrita

Recepción 07-04-2021

Aceptación 25-05-2021

Resumen

El trabajo presenta un estudio exploratorio cuyo objetivo es describir y caracterizar el conocimiento declarativo sobre la enseñanza de Valoración Ácido Base con Laboratorios Remotos de un grupo de nueve profesores de química de la Universidad de Buenos Aires. Estos dispositivos permiten realizar actividades experimentales reales remotamente en cualquier momento y desde cualquier lugar. La metodología incluyó el diseño de un cuestionario de preguntas abiertas. Para la revisión de datos se recorrió a algunos aspectos del análisis del contenido y a categorías generadas de acuerdo a los lineamientos de la teoría fundamentada. Los principales resultados mostraron que los profesores sostienen aproximaciones didácticas vinculadas a los protocolos tipo receta y a la mimesis, que consideran intuitivos a los Laboratorios Remotos y que priorizan la enseñanza de los contenidos conceptuales. A modo de conclusión puede decirse que los profesores conciben el trabajo con laboratorios remotos de manera similar a los trabajos prácticos tradicionales. Como perspectiva se plantea que queda inaugurada una línea de investigación, centrada en el conocimiento del profesorado, que deberá incorporar nuevas y variadas estrategias metodológicas.

Palabras clave

Enseñanza de la Química, Laboratorios Remotos, Validación Acido Base, Universidad.

Abstract

This work introduces an exploratory study that aims to describe and characterize the declaratory state of knowledge about the Acid Base Titration teaching, using Remote Laboratories with a group of chemistry professors from the University of Buenos Aires. These devices allow to perform real and remote experimental practices anywhere and anytime possible. The methodology involved an open questionnaire. Aspects regarding content analysis and categories generated with rationale theory were considered for the data processing. The results of the study revealed that professors keep the protocols and emulative techniques as didactical approaches. They also consider that RLs are intuitive and help to emphasize on the conceptual learning process. It can be concluded that professors perceive the work with Remote Laboratories to be similar to that conducted in conventional experimental practice. As final remark, a new research pathway is rising, focused on the development of innovative and diverse methodological strategies within the faculty.

Keywords

Chemistry teaching, Remote Labs, Acid base titration, University.

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

Introducción

Este trabajo presenta un estudio de carácter exploratorio y descriptivo tendiente a conocer cómo los profesores de un curso de química universitaria conceptualizan su enseñanza cuando recurren al uso de un Laboratorio Remoto (LR).

La pandemia de COVID-19 llevó a las universidades latinoamericanas, por primera vez en la historia, a instaurar una Enseñanza Remota de Emergencia (ERE) en entornos digitales (García-Peñalvo et al, 2020). Ésta busca, fundamentalmente, garantizar la continuidad educativa, por lo que muchas de las innovaciones se incorporan rápidamente y no dan como resultado un ecosistema educativo robusto y perdurable (Hodges et al, 2020). Sin embargo, muchos de los cambios generados pueden devenir en propuestas de educación a distancia, mixtas o presenciales con uso de tecnología. En consecuencia, estas innovaciones merecen ser estudiadas para generar conocimiento como insumo vital para futuros diseños.

La enseñanza de las ciencias naturales y, en particular, de la química imponen desafíos específicos cuando se piensa en mediaciones digitales (Lorenzo, 2020). El carácter experimental de estas disciplinas, las prácticas de laboratorio y el tratamiento de los datos empíricos son centrales en toda propuesta de nivel superior (Franco Moreno et al, 2017). Por ende, la incorporación de actividades experimentales es una problemática a atender en la ERE.

Las alternativas ensayadas para recuperar la actividad experimental en propuestas digitales incluyen la realización de actividades experimentales simples, el uso de Simulaciones, de laboratorios virtuales y de LR. Estos últimos, son especialmente adecuados para la educación superior, ya que permiten la realización a distancia de prácticas reales y el consecuente trabajo con la incertidumbre propia del dato empírico.

La sostenibilidad de toda propuesta de innovación en la enseñanza requiere de la convicción del profesorado. Este posee un conocimiento específico sobre la disciplina y su enseñanza y, continuamente, toma decisiones que influyen en el diseño y los alcances de la educación formal. En consecuencia, y sin demérito de otros factores como las políticas, las tradiciones y las lógicas institucionales, para el estudio de una innovación debe considerarse especialmente al profesorado como actor clave del proceso educativo.

En suma, el objetivo de la investigación que se presenta es describir y caracterizar el conocimiento declarativo de los profesores del curso de Química del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) sobre la enseñanza de Valoración Ácido-Base (VAB) con LR durante la pandemia. Los resultados generados permitirán sostener reflexiones que operen como insumos para superar las dificultades y propiciar la incorporación de prácticas experimentales en las propuestas de enseñanza en entornos digitales.

Marco teórico

La actividad experimental

Las ciencias naturales poseen un carácter predominantemente experimental y su modo de trabajo se centra en el experimento. De manera análoga, la tradición en su enseñanza prioriza la actividad experimental como estrategia privilegiada para promover el aprendizaje de procedimientos intelectuales (PI) y sensorio-motores (PS), especialmente valorados en la

educación científica (Lorenzo, 2020). Los PI incluyen los de reconocimiento, que son los que permiten a los estudiantes reconocer un determinado objeto o suceso (por ejemplo, la identificación de variables), y los de control, que posibilitan supervisar una acción y tomar decisiones sobre la misma (por ejemplo, la definición de valores de corte). Los PS incluyen los de acción, que involucran acciones vinculadas a la motricidad fina para modificar el sistema (por ejemplo: el manejo de instrumental), y los de observación, que implican agudizar los sentidos para significar hechos como datos de una observación (por ejemplo: reconocer el punto final de una valoración). En la universidad, en titulaciones científicas y tecnológicas, promover el aprendizaje de procedimientos propios del quehacer experimental resulta prioritario, ya que estos forman parte medular del ejercicio profesional.

El Laboratorio Extendido

El diseño de la enseñanza de las ciencias naturales con tecnología enfrenta el desafío de redefinir la actividad experimental. Es decir, en los nuevos diseños ya no es suficiente *extender el aula*, permitiendo la comunicación y el intercambio mediatizado entre estudiantes y profesores, sino que también, es necesario *extender el laboratorio* para sostener la actividad experimental. En este sentido, el modelo de Laboratorio Extendido (LE) propone el uso didáctico y sistémico de dispositivos y estrategias para llevar adelante actividades experimentales en entornos educativos digitales (Idoyaga *et al.*, 2020). Es decir, el LE no es una única aproximación, sino el establecimiento de un híbrido experimental, donde distintos recursos 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, Simulaciones, uso de teléfonos inteligentes o Laboratorios Móviles, Laboratorios Virtuales y LR.

Los Laboratorios Remotos

El acceso remoto a instrumental tecnológico es común en la investigación, la industria y la clínica. Sin embargo, el uso remoto de equipamiento en educación es relativamente escaso. Desde una perspectiva didáctica, un LR es un conjunto de tecnología *Hardware* y *Software* que permite a profesores y estudiantes realizar actividades experimentales reales en entornos digitales. La manipulación del instrumental, la observación de la experiencia y la recolección de datos empíricos se realiza a distancia desde cualquier lugar y en cualquier momento. Estos dispositivos pueden considerarse pedagógicamente agnósticos (Gilet y Salzmann, 2011), ya que pueden ser utilizados con diferentes objetivos, respondiendo a distintas necesidades, niveles y contextos, según como el profesor define su inserción en una secuencia didáctica.

Los LR pueden clasificarse en Laboratorios en Tiempo Real (LTR) y Laboratorios Diferidos (LD). En los LTR el instrumental se opera en forma sincrónica; por ejemplo: liberar un cuerpo para que caiga. En cambio, los LD están basados en un conjunto de experiencias realizadas con equipamientos y reactivos reales, grabadas previamente y almacenadas en un servidor. La interfaz de los LD articula las grabaciones permitiendo tener la misma experiencia que en los LTR (Narasimhamurthy *et al.*, 2020).

Un LR de cualquier tipo se diferencia de otros recursos que se integran en el LE en que posibilita el trabajo empírico con la incertidumbre propia de la actividad experimental. En educación superior, esto supone una ventaja ya que permite a profesores y estudiantes trabajar en situaciones similares a la de la experimentación científica y el ejercicio profesional.

Los LD se presentan como una oportunidad para la práctica experimental en los cursos de química, ya que permiten que un proceso irreversible, como es habitual en la experimentación en esta disciplina, pueda replicarse una y otra vez. Además, posee la ventaja adicional de disminuir el consumo de reactivos, evitar retrasos por averías en aparatos y disminuir los tiempos de espera por la dependencia de la cantidad de equipos (Pokoo-Aikins et al, 2019).

La posibilidad de repetir la experiencia que brindan los LD aumenta la autonomía de los estudiantes y permite a los profesores diseñar prácticas personalizadas.

La enseñanza de la Valoración Ácido-Base

El abordaje del contenido Valoración Ácido-Base plantea múltiples desafíos. En particular, requiere que los estudiantes logren integrar muchos capítulos de la química general (Raviolo y Farré, 2017). Asimismo, se encuentra documentada la dificultad para analizar los gráficos (Idoyaga, Moya y Lorenzo, 2020) asociados a la valoración. Más aún, muchos estudiantes pueden entender la primera parte de una curva de valoración como el resultado de una simple mezcla de sustancias, debido a que los cambios de pH son sutiles y se hacen evidentes cerca del punto final (Sheppard, 2006).

En los cursos de química general, el profesorado tiende a dedicar poco tiempo a la enseñanza de la Valoración Ácido-Base, lo que implica la simplificación y reducción de los conceptos asociados. Esto podría explicar, en parte, la confusión entre modelo y realidad. Además, se ha registrado el empleo de forma errónea e indiscriminada de los conceptos de reacción ácido-base y neutralización (Alvarado-Zamora *et al.*, 2013). En gran medida, estas dificultades están relacionadas con las estrategias y recursos didácticos que se despliegan para la enseñanza de este contenido (Damanhuri *et al.* 2016). En este sentido, la actividad experimental podría representar una alternativa potente a las clases magistrales, pero es necesario superar su escasez y la prevalencia de prácticas de laboratorio tradicionales tipo receta (Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018).

El uso de tecnologías constituye una oportunidad para replantear la enseñanza de la Valoración Ácido-Base (Alvarado-Zamora *et al.* 2013). En especial, cuando se incorpora con el fin de recuperar la actividad experimental, relegada en prácticas docentes con fuerte carácter enciclopédico. En este sentido, los LR constituyen una opción novedosa, accesible, inclusiva y adecuada para el rediseño de las actividades experimentales reales en entornos digitales. Esta tecnología permitiría aumentar el tiempo y la cantidad de prácticas experimentales de Valoración Ácido-Base, aumentar la autonomía de los estudiantes, descontinuar los protocolos tipo receta, trabajar con gráficos y otras representaciones propias de la Valoración y, dado su carácter agnóstico, abordar distintos capítulos disciplinares (sistemas materiales, soluciones, pH) a lo largo del curso facilitando su integración.

El conocimiento de los profesores

El enfoque general de la enseñanza, el diseño, la secuenciación y la planificación de las actividades dependen fuertemente del profesor. Así, son determinantes el conocimiento, las creencias y las concepciones del profesor sobre la química, en general, y sobre la Valoración Ácido-Base, en particular. Es esta fuerte y compleja dependencia la que hace necesaria utilizar un modelo que permita hacer foco en el profesor como gerente de la enseñanza.

Existen diferentes programas de investigación que centran su atención en el conocimiento del profesor (Lorenzo *et al.*, 2018). Por ejemplo, el Conocimiento Didáctico del Contenido (Padilla y Garritz, 2014), el Conocimiento Tecnológico Didáctico del Contenido (Barragués *et al.*, 2014), y el Conocimiento Profesional Docente (Trinidad-Velasco y Cardenas, 2020), solo por mencionar algunos. Todas estas aproximaciones consideran al profesorado como dueño de un conocimiento específico sobre el que se sostienen las decisiones que definen las características de la enseñanza.

El conocimiento del profesorado aborda diversas dimensiones que condicionan y configuran su práctica. Por ejemplo, retomando aportes de los distintos modelos y de modo no ortodoxo, puede plantearse una dimensión referente a aspectos didácticos, que se relaciona con la planificación y el diseño de actividades; una vinculada a lo curricular, que tiene que ver con el conocimiento de los programas y planes de estudio y el desarrollo de los mismos; una relacionada con el uso de tecnologías, que condiciona su inclusión en las prácticas educativas; y una contextual, que tiene que ver con el conocimiento de los estudiantes de la institución y de otros aspectos de la realidad educativa.

Independientemente de las diferencias teóricas entre los modelos mencionados, el desafío metodológico común radica en encontrar estrategias para documentar un conocimiento fundamentalmente idiosincrático. Sin embargo, diversos estudios exploratorios (Idoyaga y Lorenzo, 2019) han obtenido buenos resultados estudiando el conocimiento declarativo de los profesores.

El conocimiento declarativo, descriptivo o proposicional es aquel que los profesores pueden explicitar referente a información consistente en hechos, conceptos o ideas conocidas conscientemente (Farré y Lorenzo, 2014). Esto implica la ventaja metodológica de poder recurrir a cuestionarios o entrevistas. Pero, conlleva la consecuente desventaja de no incluir aspectos no consientes que también configuran la práctica docente.

El estudio del conocimiento de los profesores, desde distintas perspectivas teóricas y metodológicas, reviste de suma importancia, especialmente en el marco del uso de innovaciones tecnológicas. El modo en el que el profesor usa y percibe la innovación definirá su inclusión en los diseños de enseñanza. Esto es aún más relevante en el caso de las innovaciones incorporadas en la ERE, que forman parte de un escenario fluido que deberá dar paso a propuestas consolidadas (Idoyaga y Capuya *et al.*, 2020).

Metodología

Contexto

La investigación que se presenta se realizó en el marco de las actividades del curso de Química de la Cátedra Idoyaga del CBC de la UBA, que, en el segundo semestre de 2020, contó con 2800 estudiantes y 25 docentes que trabajaron colegiadamente. Es decir, la totalidad de los estudiantes estaban a cargo del conjunto de docentes, responsables del diseño de las actividades que se llevaron adelante, de forma asincrónica, a través de la plataforma MOODLE. Además, se ofrecieron tutorías sincrónicas no obligatorias a través de la plataforma Google Meet en varias franjas horarias a las que asistía un promedio de 60 estudiantes.

Los contenidos curriculares se dividieron en 16 módulos que se ponían a disposición con frecuencia semanal. Cada uno estaba conformado por diversas actividades y recursos. En particular, el módulo Ácido Base y Soluciones Amortiguadoras incluyó la realización de una actividad experimental en un LD de Valoración Ácido Base (VAB) especialmente diseñado por el Laboratorio de Experimentación Remota de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (Arguedas-Matarrita et al, 2021) al cual se tiene acceso por la página de LabsLand (Orduña *et al.*, 2018). El LD de VAB permite la manipulación de una bureta automatizada y la utilización de un electrodo de pH para realizar la valoración de una solución incógnita de ácido cítrico con hidróxido de sodio como valorante y fenolftaleína como indicador. La interfaz del LD (Figura 1) facilita la visualización simultánea del viraje del indicador y de la construcción de los gráficos de valoración.

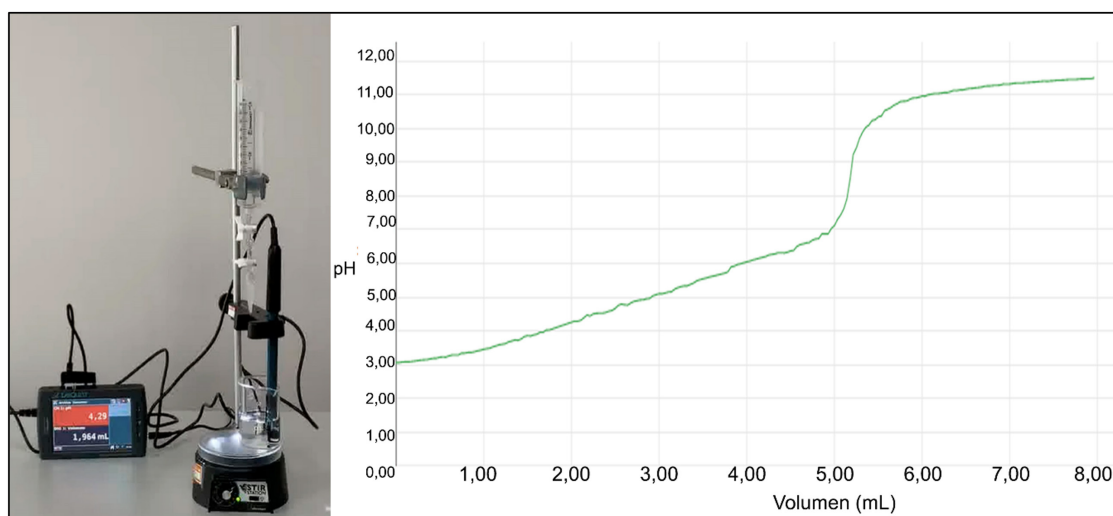


FIGURA 1. Interfaz del LD de VAB.

Los estudiantes contaron con dos semanas para realizar la actividad y entregar un informe. Para ello, se les proveyó de variados materiales de apoyo, como guías y video tutoriales que abordaban múltiples conceptos y procedimientos (como la definición de variables y el uso de bases de datos para realizar gráficos). Entre estos materiales, se destaca una guía orientadora para la actividad experimental. Ésta incluía un problema cuya finalidad era poner en contexto la práctica, los objetivos generales y específicos de la actividad, un tutorial para acceder y configurar el LD y preguntas dirigidas a resaltar aspectos relevantes de la VAB.

Participantes

Los participantes de este estudio fueron 9 profesores del curso de Química de la Cátedra Idoyaga, de 5 años de antigüedad promedio, que durante el segundo semestre de 2020 formaban parte del plantel docente. La participación fue voluntaria y los datos filiatorios fueron codificados.

Recolección de datos

Para obtener datos que puedan dar cuenta del conocimiento declarativo de los profesores participantes sobre la enseñanza de VAB con LR durante la pandemia se diseñó un cuestionario escrito de preguntas abiertas:

- 1) ¿Qué acciones realizó antes de usar el Laboratorio Remoto de Valoración Ácido-Base con sus estudiantes?
- 2) ¿Cómo usó este laboratorio remoto con sus estudiantes? ¿Qué acciones o actividades realizó? 3) ¿Recuperó en instancias de enseñanza posteriores lo trabajado en este laboratorio remoto? Por favor, explique cómo lo hizo. 4) ¿Qué tan sencillo o dificultoso le resultó el uso de este laboratorio remoto? ¿Por qué? 5) Si tuviera que contarle a un colega docente su experiencia utilizando laboratorios remotos en este curso de química, ¿qué le diría? 6) Plantee al menos tres recomendaciones que a su criterio mejorarían el laboratorio remoto utilizado en este curso de química. 7) Según su experiencia como docente de química ¿Qué aspectos, procedimientos, y/o valores de la química considera que se pueden enseñar a partir del uso de este laboratorio remoto? Por favor, explique por qué. 8) De acuerdo con sus conocimientos de química, enuncie qué otros contenidos de este curso consideran que se pueden abordar a través de laboratorios remotos. Por favor, justifique. 9) ¿Cómo valora los laboratorios remotos para realizar actividades experimentales en la emergencia por COVID-19? ¿Por qué? 10) ¿Cómo valora los laboratorios remotos en contextos como el CBC? ¿Por qué?

Las preguntas 1, 2 y 3 abordan la dimensión didáctica. Pretenden indagar las conceptualizaciones declarativas de los participantes respecto a aspectos didácticos, es decir, buscan conocer qué estrategias y acciones llevan adelante los profesores cuando utilizan el LR de VAB en su enseñanza. Las preguntas 4, 5 y 6 exploran la dimensión de uso. Apuntan a obtener apreciaciones y relatos sobre la experiencia de los profesores en el uso del LR. En particular, se pretende conocer el nivel de dificultad en la operación del dispositivo. Las preguntas 7 y 8 indagan acerca de la dimensión curricular, es decir sobre los contenidos de química que, según los profesores consultados, se pueden abordar con este LR. Finalmente, las preguntas 9 y 10 contemplan la dimensión contextual. Es decir, consultan acerca de la adecuación de la inclusión del LR en la propuesta de enseñanza, en el contexto específico de actuación de los profesores participantes.

Análisis de datos

Para el análisis de las declaraciones de los profesores, todas las respuestas a las preguntas de una misma dimensión se revisaron en conjunto, tendiendo a describir globalmente la dimensión indagada para cada participante. Para esto se recurrió a algunos aspectos del análisis de contenido (Bardin, 1996) utilizando categorías que se obtuvieron siguiendo los aportes metodológicos de la teoría fundamentada de Glasser y Strauss (1967).

En primer lugar, se procedió a codificar los datos en tantas categorías no excluyentes como fuera posible. Para esto se utilizaron las categorías generadas *a priori* y otras que emergieron durante el análisis de las respuestas. En segundo lugar, se compararon las respuestas asignadas a una categoría con las demás respuestas asignadas previamente a la misma categoría, lo que permitió la generación de propiedades teóricas para las categorías definidas. En tercer lugar, se realizaron comparaciones entre categorías y se identificaron relaciones que permitieron llevar adelante un proceso de reducción. La tabla 1 resume las categorías definidas para el análisis en función de la dimensión estudiada.

Se recurrió a la triangulación de investigador para acordar el análisis de las respuestas de los profesores participantes. Particularmente, tres investigadores del grupo de investigación analizaron de manera individual las respuestas tipificándolas según las categorías consolidadas, luego pusieron en común sus análisis y resolvieron las discrepancias.

Dimensión	Categorías
Didáctica (preguntas 1, 2 y 3)	- <i>Estrategia mimética</i> : cuando se plantean actividades de observación, imitación y ensayo hasta obtener un resultado esperado con el LR. - <i>Estrategia directriz</i> : cuando la enseñanza se basa en una serie de directivas con el fin de obtener un resultado esperado con el LR. - <i>Estrategia exploratoria</i> : cuando se incita a la exploración del LR valorando la prueba y error. - <i>Estrategia contextual</i> : cuando el sentido de las prácticas en el LR se encuentra en el contexto de presentación.
de Uso (preguntas 4, 5 y 6)	- <i>Tipo intuitivo</i> : cuando el uso del LR resulta sencillo, amigable y sin dificultades. - <i>Tipo limitado temporalmente</i> : cuando el uso del LR es dificultado por los tiempos fijos propios del recurso, que no pueden acortarse. - <i>Tipo limitado visualmente</i> : cuando los recursos gráficos y las características de los videos del LR imponen dificultades.
Curricular (preguntas 7 y 8)	- <i>Contenidos conceptuales</i> : cuando se abordan ideas, modelos o teorías. - <i>Contenidos procedimentales</i> : cuando se trabajan PI y/o PS
Contextual (preguntas 9 y 10)	- <i>Recurso de emergencia</i> : cuando se valora la inclusión del LR solo en la ERE. - <i>Recurso de reemplazo</i> : cuando se valora el LR como un sustituto de otras actividades experimentales. - <i>Recurso de complementación</i> : cuando se valora el LR en el marco de un conjunto de prácticas experimentales

TABLA 1. Dimensiones y categorías de análisis

Resultados

En primer lugar, el análisis de las respuestas 1, 2 y 3, correspondientes a la dimensión didáctica, mostraron una clara prevalencia de las estrategias de enseñanza que suponen una manera correcta de realización y un resultado esperado de las actividades experimentales en el LR de VAB. Es decir, casi la totalidad de las respuestas de los profesores participantes (7 sobre 9) se encuadraron en las categorías *Estrategia mimética* y *directriz*. Por ejemplo, para la categoría *Estrategia mimética* se encontraron declaraciones que priorizan la observación y la imitación:

“Realizamos (...) la experiencia de forma conjunta [con los estudiantes] a modo indicativo (...) luego, ellos [los estudiantes] deben realizar la experiencia completa” (P5).
 “Lo hice (...) y mostré [a los estudiantes] los resultados correctos” (P2).

Para la categoría *Estrategia directriz* se encontraron respuestas que hacían hincapié en la disponibilidad de instrucciones para la realización correcta de la actividad en el LR:

“(...) compartí pantalla y les mostré [a los estudiantes] explícitamente cómo manejar las variables y qué tenían que obtener de la interfaz” (P1).
 “Luego, pasamos a la explicación del laboratorio remoto y de cómo lo deben utilizar [en referencia a los estudiantes] paso a paso” (P7).

Solo dos docentes declararon otras estrategias. Una centrada en la libre exploración del LR por parte de los estudiantes (*Estrategia exploratoria*) y otra que otorgaba especial importancia a la contextualización de la actividad experimental (*Estrategia contextual*). Respectivamente se encontró:

“Primero les comenté brevemente en clase a mis estudiantes cómo utilizar el LR, con qué herramientas contaba y qué hacer con cada una de ellas. Luego les di una semana para que investiguen por su cuenta. Finalmente, a la clase siguiente me hicieron consultas...” (P4).

“(...) se trató de vincular con el contexto médico asociando el porqué de la importancia de conocer la experimentación ácido-base, desde la creación y formulación de medicamentos, algo muy importante frente al metabolismo y lo que hace el sistema digestivo que funciona de cierta forma similar a una titulación con ácido fuerte” (P3).

En segundo lugar, las respuestas a las preguntas 4, 5 y 6, correspondientes a la dimensión de uso, mostraron que todos de los profesores consideraron que el uso del LR es de *Tipo intuitivo*, valorándolo como sencillo y amigable y descartando dificultades mayores de uso. Prueba de esto son declaraciones como:

“Me resultó muy sencillo e intuitivo” (P2).

“Me resultó bastante accesible y sencillo el uso del LR, con instrucciones de uso claras y precisas” (P3).

“Sencillo, no implica ninguna dificultad, (...) sencillo de utilizar y de comprender” (P9).

Sin demérito de lo anterior, y más allá de reconocer la sencillez en el uso, algunos profesores encontraron posibles aspectos a mejorar en el LR. Algunos de estos aspectos daban cuenta de un uso *Tipo limitado temporalmente* (5 sobre 9) y otros *Tipo limitado visualmente* (4 de 9). A modo de ejemplo, de las siguientes declaraciones las dos primeras corresponden al *Tipo limitado temporalmente* y las dos segundas al *Tipo Limitado visualmente*:

“(...) recomiendo experiencias más rápidas” (P8).

“(...) sería bueno tener un menor tiempo de proceso...” (P5)

“(...) estaría bueno que en los gráficos se vea un salto más pronunciado en el punto de equivalencia para una mejor visualización del mismo” (P4).

“(...) no me gustó mucho que la cámara cambiara de toma, cuando se alejaba se me hacía muy dificultoso ver qué sucedía, sobre todo al final de la titulación ya que esperamos ver el cambio de color” (P6).

En tercer lugar, las respuestas de los profesores mostraron que, para la dimensión curricular, se priorizan los *Contenidos conceptuales* (6 sobre 9) y, en menor medida, los *Contenidos procedimentales* (3 sobre 9). Es decir, el LR se entiende fundamentalmente como una oportunidad de trabajar ideas o modelos y, con menor frecuencia, como un recurso para enseñar procedimientos propios del quehacer experimental. Por ejemplo, para las categorías *Contenidos conceptuales* y *Contenidos procedimentales* se encontró respectivamente:

“A partir del laboratorio remoto se podrían explicar temas como es acidez y basicidad, titulaciones, (...), neutralización, ... Acidez y basicidad es un tema pilar y fundamental a explicar para entender lo que son las valoraciones (más que nada las ácido-base), por lo que el laboratorio remoto sirve para tomarse como base para explicar dicho tema. ...” (P4).

“Se puede enseñar cómo es el protocolo en los laboratorios y de qué manera se visualizan las experiencias, (...) para mostrar otro tipo de instrumentos muy utilizados” (P1).

En cuarto y último lugar, el análisis de las respuestas 9 y 10, que corresponden a la dimensión contextual, mostró que las respuestas se distribuyen homogéneamente entre las tres categorías utilizadas. Así, se encontró que algunos profesores (3 sobre 9) valoran especialmente el LR como un *Recurso de emergencia* para la enseñanza remota, otros (3 sobre 9) como una alternativa para la enseñanza en un contexto donde no se cuenta con

laboratorios tradicionales (*Recurso de reemplazo*) y los restantes (3 sobre 9) lo vislumbran como un elemento que enriquece su enseñanza y puede complementar al laboratorio presencial (*Recurso de complementación*). Al respecto, se encontraron las siguientes respuestas que corresponden a cada categoría en el orden de presentación:

“(…) se pueden recuperar muchas actividades de laboratorio que se estaban perdiendo por no haber presencialidad en la pandemia” (P1).
“Es excelente. (…) es muy útil contar con este tipo de experiencia para ver la utilidad y las técnicas que se utilizan cotidianamente... Sobre todo ya que los alumnos del CBC no cuentan con un laboratorio de trabajos prácticos [presencial] como sí lo tienen más avanzada su carrera universitaria” (P6).
“(…) es un acercamiento a lo que van a trabajar en detalle en el laboratorio [presencial], (…) Estos recursos son novedosos y permiten una experiencia práctica virtualizada (P7)

Discusión y perspectivas

Este trabajo constituye un primer estudio de carácter exploratorio tendiente a describir el conocimiento declarativo de los profesores con respecto a la enseñanza con LR. De este modo, se reconoce el rol central del profesor en el diseño de la enseñanza y se considera su conocimiento específico en las diferentes dimensiones, comentadas en el marco teórico, como un factor clave en el desarrollo de las prácticas educativas. Esto es especialmente relevante en el escenario fluido de innovación forzada por la pandemia que debe dar paso a propuestas sustentables.

Las respuestas del grupo de profesores participantes mostraron un alto nivel de homogeneidad en algunas de las dimensiones indagadas (didáctica, de uso y curricular), lo que, en estos casos, permitiría esbozar un perfil general.

En primer lugar, con respecto a los aspectos didácticos, a las estrategias y actividades propuestas, queda claro que se prioriza una visión de la actividad experimental en el LR donde el modo correcto de trabajo es uno solo y el resultado es el esperado. En esta línea, las declaraciones recuperan para el LR prácticas tradicionales, y altamente cuestionadas, del laboratorio presencial como el protocolo tipo receta (directriz) y la mimesis (copia y repetición). Esto, limita las posibilidades intrínsecas del LR para favorecer la autonomía de los estudiantes, para promover aprendizajes de procedimientos intelectuales y sensorios motores y para diseñar actividades personalizadas que atiendan la heterogeneidad propia de cursos masivos, como el que contextualiza la investigación.

Cabe mencionar que, en mucha menor medida, se identificaron respuestas que corresponden a otras estrategias de enseñanza con el LR, que resultan de interés. Por un lado, pudo reconocerse un caso en el que se le otorgó suma importancia a contextualizar la práctica, lo que resulta adecuado dada la proliferación de la experimentación remota en distintos campos de desempeño profesional. Por otro lado, se identificó otro caso en el que el profesor fomentó la libre exploración del LR, tendiendo a aumentar los grados de libertad del estudiantado en la actividad experimental.

En segundo lugar, en referencia al uso del LR, todos los docentes declararon que el recurso resulta intuitivo, sencillo y amigable. Si bien, esto puede entenderse como un éxito en términos de diseño, encierra el riesgo de que sea considerado autoevidente. Es decir, que el profesorado, experto en laboratorios presenciales y en otras formas de realizar actividades experimentales piense que el LR es fácil de comprender para cualquiera, incluso para sus estudiantes, limitando, en consecuencia, la enseñanza explícita de varios aspectos.

Es importante comentar que algunos profesores recomendaron diversas mejoras para el LR. Por un lado, sugirieron reducir los tiempos que implica la actividad en el LR. Esto podría vincularse con el uso mimético o directriz, ya comentado. Es decir, los profesores demandan mayor velocidad, ya que realizan la práctica completa en conjunto con sus estudiantes, desaprovechando la disponibilidad de los LD (tipo de LR utilizado) para que un gran número de alumnos realicen y repitan la práctica cuantas veces necesiten en cualquier momento y lugar. Por otro lado, aparecieron cuestiones vinculadas a las representaciones gráficas presentes, lo que podría estar relacionado a las dificultades, ampliamente descritas en bibliografía y comentadas anteriormente, que los estudiantes tienen a la hora de interpretar gráficos de VAB y de otros temas de química. Es posible que los profesores demanden gráficos simplificados (curvas modélicas de titulación), en lugar de aprovechar las representaciones obtenidas de la empírea para trabajar competencias gráficas. Además, se comentan en las declaraciones algunos problemas de visualización, en particular en el momento del viraje del indicador, que deberían revisarse en diseño del LD de VAB, sobre todo para facilitar aprendizajes relacionados a los procedimientos de observación.

En tercer lugar, considerando las respuestas que corresponden a la dimensión curricular, en las declaraciones de los docentes mayoritariamente se entienden los LR como oportunidades para trabajar conceptos, ideas o modelos. Esta fuerte identificación de los LR con el desarrollo de contenidos conceptuales estaría vinculada con el modo tradicional de trabajo en el laboratorio presencial donde la práctica se pone al servicio de la teoría, algo que se viene cuestionando desde la didáctica de la química. Sin demérito de lo anterior y en menor medida, se identificaron respuestas que hacen hincapié en la enseñanza de contenidos procedimentales. Esto estaría en consonancia con la posibilidad que brindan los LR para el aprendizaje de procedimientos intelectuales y sensorio-motores propios del quehacer experimental. Además, resulta llamativo que en ningún caso se mencionaran cuestiones vinculadas a actitudes o valores de la experimentación como aspecto central del trabajo en química.

En cuarto lugar, al analizar las respuestas referidas a la dimensión contextual aparecen tres claros perfiles. Primero, los que valoran especialmente los LR como recursos para la enseñanza remota de emergencia. Segundo, los que consideran que los LR son adecuados en contextos, como el de la investigación, donde por distintos motivos el laboratorio presencial no está accesible. Tercero, los que vislumbran que el LR puede complementar el trabajo en el laboratorio presencial. Esta variedad de respuestas da cuenta de la brusca irrupción de la experimentación remota en las prácticas de los participantes y su reciente familiarización con los modos de trabajo asociados. En este sentido, los participantes no logran reportar en sus declaraciones las ventajas que supondría diversificar la actividad experimental y trabajar en el marco del laboratorio extendido comentado al inicio de este documento.

Los resultados permiten sostener discusiones de interés para la didáctica de la química y para la tecnología educativa. Pero, deben reconocerse las limitaciones metodológicas que implica el trabajo a partir de las declaraciones de los profesores. Muchas veces los docentes, como ya se comentó, no logran exteriorizar sus ideas y reportar lo que hacen en sus prácticas. No obstante, el conocimiento declarativo resulta un insumo valioso que en el futuro deberá considerarse en conjunto con resultados de otras aproximaciones metodológicas.

La consideración de los resultados debe tener en cuenta que los LR aparecieron como alternativas posibles en las prácticas de los docentes participantes durante la suspensión de actividades presenciales en el marco de las medidas sanitarias por la pandemia de la

COVID-19. Sin embargo, pueden constituir valiosas innovaciones para la enseñanza de la química en el nivel superior dada su capacidad de promover aprendizajes de procedimientos propios del ejercicio profesional. Estos dispositivos, en particular los de tipo diferido, representan una enorme oportunidad para redefinir las actividades experimentales en la educación en química y aportar a la resolución de problemas de enseñanza de algunos tópicos específicos, como la VAB, integrándose con otros recursos en la lógica del LE para maximizar la probabilidad de aprendizaje.

Los profesores resultan actores clave que convierten los LR agnósticos en herramientas potentes para la práctica en contextos específicos. En consecuencia, sus concepciones y necesidades formativas se convierten en condicionantes de las posibilidades de generar innovaciones con estas nuevas tecnologías. Así, toda investigación tendiente a describir y documentar el conocimiento de los profesores, con independencia de a qué modelo adhieren, reviste de sustancial importancia. En ese sentido, este trabajo abona una línea de investigación centrada en el profesor como gerente de la experimentación remota en educación.

Las perspectivas son amplias y ambiciosas. Es necesario explorar otras metodologías que permitan dar cuenta del pensamiento y de las acciones del profesorado más allá de lo declarativo. Posiblemente, es menester incluir entrevistas, observaciones y otras aproximaciones en futuros trabajos. Más allá de estas necesidades, como ya se dijo, se fortalece una línea que debe priorizar al profesor y el uso que hace de los LR sobre el diseño del dispositivo *per sé*.

Referencias

- Alvarado-Zamorano, C., Mellado, V. y Garritz, A. (2013). Dificultades en el aprendizaje de acidez y basicidad y el conocimiento didáctico del contenido de profesores mexicanos de Bachillerato. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 107-112. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/305977>
- Arguedas-Matarrita, C., Montero-Miranda, E., Vargas-Badilla, L., Sánchez-Brenes, R., Ríos-Badilla, E., Orduña, P. y Rodríguez-Gil, L. (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 M. Auer (Ed.), *18th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 239-247). Springer.
- Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido*. Akal.
- Barragués J.I., Garmendia M., Guisasola J., Zuza K. (2014) Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos. *Enseñanza de las Ciencias* 32 (2), 113-129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.911>
- Damanhuri, M., Treagust, D., Won, M. y Chandrasegaran, A. (2016). High School Students' Understanding of Acid-Base Concepts: An Ongoing Challenge for Teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(1), 9-27. <http://dx.doi.org/10.12973/ijese.2015.284a>
- Ferré A.S., Lorenzo G. Para no seguir reinventado la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre compuesto aromáticos, *Educación Química*, 25(3), 304-311, 2014. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70546-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70546-4)

- 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. <https://doi.org/10.17227/01203916.6031>
- 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>.
- Gillet, D. y Salzmann, C. (2011). Smart Labs 2.0 for Engineering Education. En *Using remote labs in education: two little ducks in remote experimentation* (pp. 425-440). Servicio de Publicaciones Argitalpen Zerbitzua.
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T. y Bond, A. (27 de marzo 2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. Recuperado el 6 de abril 2021 de <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>.
- Idoyaga, I., Capuya, F., Dionofrio, J., López, F. y Moya, C. N. (2020). Enseñanza remota de emergencia de la química para grandes grupos. *Revista de Educación en la Química*, 26(2). <http://www.adeqra.com.ar/index.php/institucional/revista/separatas/810-vol-26-2-pp153-167>.
- Idoyaga, I. y Lorenzo, M. G. (2019). *Las representaciones gráficas en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad* [Tesis de doctorado no publicada]. Universidad de Buenos Aires.
- 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). UNL.
- Idoyaga, I., Moya, C. N. y Lorenzo, M. (2020). Los gráficos y la pandemia. Reflexiones para la educación científica en tiempos de incertidumbre. *Educación En Ciencias Biológicas*, 5(1), 1-18. <https://doi.org/10.36861/RECB.5.1.1>
- Idoyaga, I. J., Vargas-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), 4-26. ADUBA <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, (21). <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>.
- Lorenzo, M. G., Farré, A. S., y Rossi, A. M., (2018). La formación del profesorado universitario de ciencias. El conocimiento didáctico y la investigación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 301-316. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3603
- Narasimhamurthy K. C., Orduna P., Rodríguez-Gil L., G. C. B., Susheen Srivatsa C. N. y Mulamuttal K. (2020) Analog Electronic Experiments in Ultra-Concurrent Laboratory. En: M. Auer y D. May (Eds.). *Cross Reality and Data Science in Engineering. REV 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1231, pp. 37-45) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_3.

- Orduña P., Rodríguez-Gil L., García-Zubia J., Angulo I., Hernández 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
- Padilla K., Garritz, A. Creencias epistemológicas de dos profesores-investigadores de la educación superior, *Educación Química*, 25(3), 343-353, 2014. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70550-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70550-6)
- Pokoo-Aikins, G. A., Hunsu, N. y May, D. (2019). Development of a Remote Laboratory Diffusion Experiment Module for an Enhanced Laboratory Experience. En Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028460>
- Raviolo, A. y Farré, A. (2017). Una evaluación alternativa del tema titulación ácido-base a través de una simulación. *Educación Química*, 28(3), 163-173. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.01.003>.
- Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 32-45. <https://doi.org/10.1039/B5RP90014J>
- Trinidad-Velasco, R., & Cardenas, F. D. M. R. (2020). Exploring Chemistry Teachers' General Pedagogical Knowledge through Teachers' Self-reflection. *Science Education International*, 31(3), 263-272. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i3.5>