

EL USO DE LABORATORIOS REMOTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: ESTUDIO DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA

Remote labs in chemistry teaching: a study of a didactic proposal

*María, Joselevich*¹

María Alejandra, Seria

María Agustina, Martínez

Universidad Nacional Arturo Jauretche

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto del uso de laboratorios remotos en el aprendizaje de contenidos de materias básicas de la ingeniería, comparándola con el uso de videos. Se estudió la utilidad de esas dos herramientas tecnológicas en la comprensión por parte del estudiantado de un modelo de comportamiento de un fenómeno natural, tomando el caso de la reconstrucción de la ley de Boyle-Mariotte para describir el comportamiento de los gases ideales. El principal resultado de la investigación fue la observación de que el uso del laboratorio remoto favorece, frente al uso de videos, la vinculación entre lo fenomenológico y lo teórico. En este sentido, podría considerarse que el manipular variables y observar los cambios desde el nivel macroscópico permite analizar las predicciones que surgen desde los saberes más teóricos, el desarrollo de anticipaciones y el análisis de causas y efectos en distintas situaciones.

Palabras clave: laboratorio remoto, enseñanza de ingeniería, química general, enseñanza centrada en el estudiante.

Abstract

The objective of this research is to analyze the impact of the use of remote laboratories in the learning of basic science contents, comparing it with the use of videos. The usefulness

¹ Contacto: mjoselevich@unaj.edu.ar

of these two technological tools in students' understanding of a behavioral model of a natural phenomenon was studied, taking the case of the reconstruction of Boyle-Mariotte's law to describe the behaviour of ideal gases.

The main result of the research was the observation that the use of the remote laboratory favors, compared to the use of videos, the link between the phenomenological and the theoretical. In this sense, it could be considered that manipulating variables and observing changes from the macroscopic level allows the analysis of predictions arising from more theoretical knowledge, the development of anticipations, and the analysis of causes and effects in different situations.

Keywords: Remote lab, engineering education, General Chemistry, student-centered teaching

Introducción

Siguiendo los lineamientos de su proyecto institucional, la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) diseña e implementa distintas estrategias de enseñanza que, atendiendo a la heterogeneidad de sus estudiantes, buscan producir algunas transformaciones en relación con el modelo educativo universitario tradicional y lograr mayores niveles de retención y graduación, manteniendo la excelencia académica y los objetivos tanto de superación como de formación humana y profesional.

En ese marco, este proyecto se propuso desarrollar una propuesta de trabajo² en una asignatura de segundo año de las carreras de ingeniería, perteneciente al bloque curricular Ciencias Básicas, que, tal como se describe en los distintos documentos curriculares institucionales:

[...] están orientadas a contribuir a la formación lógico-deductiva del estudiante, adquirir el conocimiento fundamental de los fenómenos de la naturaleza, proporcionar herramientas que les permitan modelar los fenómenos de la naturaleza y brindar una sólida formación conceptual para el aprendizaje posterior de disciplinas específicas (Rectorado de la UNAJ. Res. N° 98/14, 99/14, 100/14, 101/14; Consejo Superior de la UNAJ, Res. N° 13/18).

² En el apartado "Metodología" se explicitan los cambios realizados entre la propuesta original del proyecto y su posterior adecuación a las condiciones impuestas por la situación sanitaria y las medidas de aislamiento social, preventivo y obligatorio, vigentes durante los ciclos lectivos 2020 y 2021.

Los objetivos de la asignatura Química General, en la cual se desarrolla este proyecto, incluyen la formación de las y los estudiantes en el desarrollo de ciertas competencias que se consideran fundamentales para sus estudios posteriores, entre ellas, las relacionadas con el pensamiento y el trabajo experimental, especialmente relacionado con el uso de modelos en ciencias exactas y naturales. Este trabajo requiere, para ser llevado a cabo, del uso de laboratorios e instrumental específico. Si bien la UNAJ posee infraestructura destinada al desarrollo de trabajos prácticos de química, la Universidad está en una búsqueda permanente de herramientas didácticas complementarias que enriquezcan las propuestas.

Lo anterior motivó a este grupo de trabajo a explorar estrategias de enseñanza que auxilien en la formación práctica de generaciones de futuras ingenieras e ingenieros, así como a ofrecerles experiencias de aprendizaje que resulten significativas. Esta necesidad de contar con propuestas de trabajo alternativas se vio acentuada cuando, en el año 2020, la emergencia sanitaria llevó a una abrupta interrupción de las clases presenciales y a la virtualización de las propuestas formativas. Ante esta situación, la UNAJ desarrolló diversas iniciativas de acompañamiento a los equipos docentes, en la búsqueda de recursos didácticos que pudieran complementar y enriquecer las propuestas virtuales. Entre otras estrategias, se buscaron herramientas que permitieran ofrecer una experiencia de relación con los fenómenos que son objeto de estudio de las asignaturas, como la que se desarrolló en el marco del proyecto que aquí se presenta.

Laboratorios remotos

El estudio que se presenta en este informe buscó conducir el desarrollo de propuestas que, ancladas en conocimientos pedagógicos, didácticos, disciplinares, tecnológicos y contextuales, contribuyan al enriquecimiento de la propuesta educativa ofrecida por la Universidad. En este sentido, encuadramos el camino seguido en el marco del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (*Technological Pedagogical Content Knowledge* [TPACK]) (Mishra y Koehler, 2006). El trabajo en este marco teórico favorece una visión de la enseñanza con inclusión de recursos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la cuales se explicitan e integran los aspectos antes mencionados.

Nuestra investigación se centró en el uso de laboratorios remotos (LR). Los LR

son espacios físicos reales donde se encuentran equipos manipulables a través de internet. Contienen dispositivos experimentales con el agregado de sensores, cámaras y mecanismos de automatización y control externo para que las personas usuarias puedan acceder a la manipulación, al registro y a los controles desde sitios remotos. Quienes usan los LR no están físicamente presentes en el laboratorio, pero manipulan los equipos de manera remota, haciendo sus prácticas en tiempo real.

Respecto a la gestión, el uso de los LR permite tanto el ahorro de recursos económicos y la extensión de recursos materiales escasos como la posibilidad de compartir el equipamiento con otras instituciones, a la vez que proporciona acceso a equipos que pueden ser demasiado costosos, peligrosos o logísticamente problemáticos para una institución de enseñanza. Así, estos equipos pueden resultar una posible respuesta a la escasez de recursos económicos y edilicios, a la necesidad de realizar prácticas de manera protegida y accesible o a situaciones de emergencia, como la que devino a causa de la pandemia por la COVID-19.

Desde el punto de vista de la enseñanza, el uso de LR presenta varias ventajas. Por un lado, permite acrecentar la cantidad de tiempo y la frecuencia de acceso de las y los estudiantes al equipamiento de laboratorio respecto a las propuestas presenciales. Por otro lado, la disponibilidad de nuevas herramientas didácticas invita a las y los docentes a enriquecer e innovar en sus prácticas pedagógicas, incursionando en distintas modalidades de enseñanza que estimulen la construcción de entornos de aprendizaje que sean más significativos para las y los estudiantes, así como también refuercen en las y los docentes el rol de orientador de los aprendizajes.

En función de lo anterior, consideramos que, inmerso en propuestas pedagógicas adecuadas, el uso de LR conduce a la adquisición y sistematización de saberes relevantes. Esto es estimulado por un abordaje que pone en el centro del análisis los fenómenos de la naturaleza, generando la necesidad de movilizar otros saberes sin perder de vista la relevancia del fenómeno físico estudiado. También, mediante esta herramienta, se propicia el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas experimentales mediante el trabajo con procedimientos propios de las ciencias y relacionados con los modos de actuación profesional. En la situación de enseñanza remota de emergencia, surgida por la pandemia de la COVID-19, el acceso a LR pudo contribuir a reducir el impacto de la falta de actividades prácticas en algunas materias. En este sentido, existen ya diferentes propuestas para comenzar a considerar el uso de LR entre los estándares de

acreditación de las carreras de ingeniería. En este marco, la Comisión de Educación del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) creó una subcomisión de LR, en la que se está desarrollando, a su vez, una red colaborativa de laboratorios de acceso remoto (R-Lab). Esta red busca discutir sobre la enseñanza con este tipo de herramienta formativa práctica, para generar documentación respaldatoria sobre las características, la aplicación y el valor de las prácticas con LR, y así contribuir a reconocer la validez y los alcances de las actividades prácticas realizadas con LR.

Entre las numerosas universidades del mundo que han incorporado el uso LR como herramienta en la enseñanza podemos mencionar, por país: en Australia, la de Australia del Sur; en España, la de Deusto y la Nacional de Educación a Distancia (España); en Estados Unidos, la de Stanford; y, en México, el Instituto Tecnológico de Monterrey.

En la Argentina, fueron pioneros los desarrollos de la Universidad Nacional del Litoral,³ de la Universidad Nacional de Rosario⁴ y el de la Universidad de la Marina Mercante.⁵ Algunas de estas y otras universidades han incluso conformado distintas redes de LR como ser Labsland⁶ y Unilabs.⁷

Enseñanza de la química

Una faceta fundamental de la actividad de las ciencias naturales es la relacionada con la construcción, evaluación y revisión de modelos de los procesos naturales. Esos modelos buscan describir, explicar y predecir comportamientos y propiedades de los sistemas en estudio.

La investigación educativa (Talanquer, 2010) señala la importancia de que las y los estudiantes desarrollen habilidades para la modelización y la evaluación de modelos. Según Myint Swe Khine e Issa Saleh (2011), la participación en actividades de modelización beneficia el desarrollo de capacidades cognitivas en las y los estudiantes, tales como la transferencia del conocimiento a la resolución de nuevos problemas.

En las modalidades tradicionales de enseñanza, las y los docentes suelen abordar

³ Ver <http://galileo4.unl.edu.ar/>

⁴ Ver <https://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/about/>

⁵ Ver <http://www.remotelab.com.ar/>

⁶ Ver <https://labsland.com/#!/home>

⁷ Ver <http://unilabs.dia.uned.es>

los modelos científicos de manera expositiva y con poca interacción con el estudiantado. La docente o el docente comúnmente ilustra, describe y explica los modelos y la información que obtiene a partir de ellos; pero para la construcción de conceptos es importante que quien estudia participe en el análisis de los modelos y en actividades de predicción de resultados obtenidos a través de dichos modelos.

Leyes de los gases

Un ejemplo de lo anterior es el caso del tratamiento de las leyes que permiten interpretar el comportamiento de los gases. La enseñanza suele comenzar con la formulación matemática de las leyes (Aydeniz *et ál.*, 2012; Kautz *et ál.*, 1999). Es frecuente encontrar que las actividades propuestas a la hora de enseñar y evaluar el dominio del tema consistan en ejercicios cuantitativos en los que, a través de operaciones algebraicas elementales, se llega a la única solución (Niaz y Robinson, 1992; Kautz *et ál.*, 2005; Nakiboğlu y Yildirim, 2011).

Más allá de las dificultades que implica un enfoque didáctico basado en el entrenamiento para lograr una cabal apropiación de muchos conceptos, otro impedimento que se observa en la comprensión de las leyes de los gases es la dificultad asociada a la producción e interpretación de modelos matemáticos que describan los comportamientos que se estudian (Sande, 2010). Estas dificultades plantean la necesidad de dedicar un tiempo de la enseñanza a trabajar específicamente en la construcción e interpretación de gráficos.

En esta investigación, propusimos la utilización de datos obtenidos a partir de la observación de fenómenos físicos reales como alternativa al planteo de ejercicios cuya resolución puede ser meramente algorítmica. Con esos datos, se acompañó a las y los estudiantes en la construcción de un modelo que describa el proceso observado. Se buscó que el alumnado reflexione sobre sus aprendizajes, corroborando si los modelos utilizados son o no consistentes con las observaciones de los fenómenos naturales que realizaron.

Metodología

Originalmente, el proyecto preveía un diseño de investigación que combinaba la obtención de datos a través de técnicas cuantitativas y cualitativas, a desarrollarse en el marco de la asignatura Física I, materia común a los planes de estudio de las carreras de Ingeniería en Informática, en Petróleo, Electromecánica, Industrial y Bioingeniería de la UNAJ.

Para cumplir con el objetivo general del proyecto de estudiar la incidencia de propuestas didácticas que contemplen el uso de LR en aspectos que hacen al aprendizaje y la enseñanza universitaria de la física, se diseñó una secuencia didáctica sobre el tema ondas mecánicas. La previsión inicial implicaba su implementación en el segundo cuatrimestre de 2019 y el primer cuatrimestre de 2020, y requería la utilización del LR inicialmente desarrollado a través de un convenio de cooperación con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA), y ubicado en las instalaciones de la UNAJ.

Como es de público conocimiento, a partir de la situación sanitaria producida por la COVID-19 (las medidas de aislamiento social, preventivo y obligatorio y demás normas dictadas específicamente para el sistema universitario por autoridades ministeriales), se produjo la suspensión de clases presenciales en todo el sistema educativo a partir del 16 de marzo de 2020. Dichas medidas impactaron de manera directa en el desarrollo de actividades previstas para el ciclo lectivo que recién se iniciaba, obligando a las instituciones universitarias a adecuar sus reglamentaciones, reprogramar las actividades y transformar el modo tradicional de dictado de clases presenciales en lo que luego se denominó “enseñanza remota de emergencia” (Consejo Interuniversitario Nacional o , 2021).

En ese contexto no fue posible la realización de las actividades previstas en el presente proyecto, debido a que la utilización del LR diseñado e instalado en la UNAJ requería indefectiblemente de la presencia y manipulación de algunos de los elementos del dispositivo.

En este marco, el equipo de investigación tomó la decisión de no resignar los objetivos previstos en el proyecto y para ello se procedió a cambiar el ámbito de desarrollo a una nueva materia, Química General; a adecuar temática y tecnológicamente la propuesta; a modificar las técnicas de relevamiento en función de las posibilidades que impuso el contexto; y a acotar el tiempo de implementación a un cuatrimestre.

La nueva asignatura seleccionada forma parte del mismo bloque curricular de materias que la asignatura original, el de Ciencias Básicas, de las carreras de ingeniería. Según la carrera de la que se trate, se ubica en el segundo o tercer año del plan de estudios y es dictada por un equipo formado por tres docentes. Durante la etapa de suspensión de clases presenciales, la materia se llevó adelante a través del Campus Virtual de la UNAJ.

En cuanto al contenido, se buscó identificar una unidad temática que, a juicio del equipo docente, fuera representativa del trabajo pedagógico en la materia y que presentara cierta dificultad en su abordaje. El tema seleccionado fue la construcción de una de las leyes de los gases ideales, la ley de Boyle-Mariotte, la cual describe la correlación entre el comportamiento del volumen y el de la presión de un gas ideal cuando se mantienen constantes la cantidad de materia y la temperatura del sistema.

En relación al LR se hizo una búsqueda de recursos. Dentro de las posibilidades existentes, se decidió utilizar un laboratorio remoto disponible en la red de laboratorios Labsland⁸, el cual permite registrarse de manera gratuita y acceder al LR para dos usos de 20 minutos cada uno.

Implementación

El proyecto buscó analizar el efecto de las diferentes estrategias didácticas utilizadas en la comprensión, por parte de las y los estudiantes, de un modelo de comportamiento de un fenómeno natural, a partir de las producciones de dos grupos que utilizaron dos herramientas tecnológicas diferentes. Mientras uno de los grupos trabajó con un video que mostraba el fenómeno, el otro lo reprodujo manipulando un LR y tomando datos de la experiencia que llevaba adelante.

Para el desarrollo de los contenidos, se elaboró un material teórico que fue presentado a la totalidad de las y los estudiantes, en el que se desarrolló una introducción conceptual al tema. En dicho material, se contempló también la realización de una actividad de carácter obligatorio. En esta instancia se trabajó con dos propuestas diferenciadas: un grupo (formado por dos comisiones: “Propuesta A”) contó con un video como material de apoyo (Augusto Graieb, Cecilia Cantera y María Joselevich, 2016), mientras que el otro (compuesto por una sola comisión: “Propuesta B”) utilizó un LR desarrollado por la Universidad Estatal a Distancia (UED), de Costa Rica, y alojado en la plataforma Labsland⁹.

⁸ Ver <https://labsland.com/>

⁹ Ver <https://labsland.com/es/labs/boyle>

Propuesta A

La propuesta A consistió en la recreación de la ley de Boyle-Mariotte mediante el análisis de datos obtenidos de un video (Graieb, Cantera y Joselevich, 2016). En este se observa cómo un buzo se sumerge en una masa de agua y desciende, cada vez a mayor profundidad, llevando en las manos un recipiente que en la superficie está lleno de aire. Conforme el buzo se sumerge, aumenta la presión del ambiente, lo cual se observa en un manómetro que lleva en un reloj de muñeca. Este ascenso en la presión provoca la contracción del volumen del aire contenido en el recipiente, el cual se indica en distintos momentos con intervenciones sobre el video.

Las y los estudiantes analizan cómo correlaciona la presión a la cual está sometido el gas con el volumen que ocupa. Para eso, se indica que vuelquen los datos en una tabla, luego armen un gráfico y trabajen en la construcción de un modelo matemático, que se va complejizando al aumentar el número de mediciones que se toman en cuenta.

Propuesta B

En la propuesta B se estudió la relación entre el volumen de un gas y la presión a la cual está sometido mediante el uso de una jeringa. La jeringa contiene un volumen determinado de aire y está sellada y conectada a un manómetro. Su émbolo se controla a distancia para modificar el volumen del gas que contiene. Las y los estudiantes modifican el volumen del gas dentro de la jeringa, observan el valor de la presión a cada volumen y trabajan para encontrar una correlación entre esas dos variables.

Resultados

Se analizaron y compararon las resoluciones de las consignas que llevaron adelante veinte estudiantes con la opción A y veintiuno con la opción B. A partir del análisis de las resoluciones de las consignas de trabajo, notamos algunas diferencias entre los dos grupos de estudiantes.

Una mayor proporción de las y los estudiantes que trabajaron con el LR incluyeron en sus explicaciones referencias a la naturaleza particulada de la materia (33% del grupo B frente a 10% del grupo A). Si bien eso no se preguntaba explícitamente, es un contenido fundamental de la asignatura e inferimos que el uso del LR permitió a estos estudiantes una mayor conexión entre lo observable y la explicación teórica. Lo anterior se refuerza

cuando se analiza el nivel de elaboración propia observado en las producciones realizadas por las y los estudiantes. Al respecto, se observa una tendencia mayor entre quienes utilizaron el LR al desarrollo de argumentos e interpretaciones que incorporan construcciones personales articuladas con los contenidos teóricos trabajados (48% del grupo B frente a 40% del grupo A).

Si bien también se observa el tipo de respuestas que reproducen las teorías sin ninguna contextualización, se destaca que estas construcciones más “acríticas” disminuyen notablemente entre el estudiantado que utilizó el LR (10% del grupo B frente a 15% del grupo A).

Sin embargo, al analizar las respuestas obtenidas en el punto en el que se requería a las y los estudiantes que expliquen las relaciones entre el comportamiento de las variables (aumentos y disminuciones), no encontramos diferencias significativas entre ambos grupos, ya que tanto quienes hicieron la actividad con el apoyo del video como quienes tuvieron la experiencia de utilizar el LR pudieron identificar una relación inversamente proporcional entre las variables (90% y 81,5%, respectivamente).

El resultado más destacable que obtuvimos fue la observación de que el uso del LR favorece la vinculación de lo fenomenológico con lo teórico. En este sentido, podría considerarse que el manipular variables y observar los cambios desde el nivel macroscópico permite analizar las predicciones que surgen desde los saberes más teóricos, el desarrollo de anticipaciones y el análisis de causas y efectos en distintas situaciones.

Dificultades

Las dificultades encontradas para llevar adelante los objetivos originales de este proyecto determinaron que se haya podido llevar a cabo un solo ensayo de investigación. Los resultados que se encontraron posibilitaron la reflexión y trajeron nuevas preguntas. La búsqueda de respuestas para estos interrogantes invita a la reformulación de los instrumentos de enseñanza y evaluación y constituye el inicio de un trabajo que debe profundizarse.

En ese sentido, sería deseable, en primer lugar, replicar la experiencia con un número mayor de estudiantes y a lo largo de un período de tiempo más extenso. Esto permitiría aumentar las posibilidades de indagación, porque se contaría con un volumen mayor de respuestas.

Las producciones de las y los estudiantes nos llevan a considerar la existencia, en nuestra propuesta, de tres niveles de descripción del fenómeno estudiado. En un extremo, situamos las ecuaciones matemáticas que explican la relación entre la presión y el volumen de una masa determinada de gas ideal cuando su temperatura se mantiene constante, es decir, la expresión de la ley de Boyle-Mariotte. En otro extremo de esta escala, ubicamos la observación, en una filmación de una situación real y en un contexto realista, de cómo se comprime un gas en un recipiente cuando se modifica su presión externa. Este es el fenómeno analizado por el grupo de estudiantes de la propuesta A.

Ubicado en un nivel intermedio de la escala anterior, se encontraría la experiencia con el LR que analizó el grupo de la propuesta B. En ella se utiliza un modelo experimental que involucra material e instrumental de laboratorio e implica el desarrollo de una situación en la que se presenta el conjunto de variables en estudio, las que han sido separadas de las demás presentes en el desarrollo de la experiencia (temperatura del ambiente, masa de gas, desviaciones de la idealidad, etc.).

Nos preguntamos si el uso del LR, que implica explícitamente esta situación de laboratorio, ha funcionado como un andamiaje en la apropiación de los modelos teóricos por parte de las y los estudiantes. Resultaría interesante estudiar, en el futuro, si la facilitación que observamos resulta en una comprensión del fenómeno más profunda por parte de las y los estudiantes.

Consideramos importante también poder comparar los resultados obtenidos con el nivel de comprensión alcanzado por estudiantes que no hayan resuelto ninguna de las dos actividades sino solo estudiado el tema con materiales teóricos.

Por otro lado, en un futuro, nos interesa analizar el nivel de autopercepción de las estudiantes y los estudiantes en la adquisición de los conocimientos relacionados con este tema. Como una primera aproximación, se realizó una encuesta informal a algunos estudiantes de los dos grupos. En ella se les consultó si podían relacionar la ecuación que describe la ley de Boyle-Mariotte con el fenómeno al que tuvieron acceso (inmersión del buzo o jeringa), tanto desde un punto de vista macroscópico como microscópico. En todos los casos, las y los estudiantes respondieron afirmativamente. Independientemente de que el instrumento de evaluación debe ser mejorado, nos preguntamos cuánto de lo que las y los estudiantes consideran como conocimiento adquirido está realmente afianzado. Es decir, el interrogante que subyace a este análisis es qué nivel de metacognición poseen las y los estudiantes en relación a la percepción de lo que saben y lo que desconocen sobre

sus saberes (Camilloni *et ál.*, 1998; Anijovich y Mora, 2010; Tamayo Alzate *et ál.*, 2016); o sea, cuánto saben las y los estudiantes de lo que creen que saben.

Un aspecto que no pudo ser abordado por la imposibilidad del trabajo presencial fue la posibilidad de hacer un trabajo colaborativo entre las y los estudiantes. Consideramos que estrategias de trabajo colaborativo pueden incrementar las posibilidades de construcción conceptual. Por otro lado, dinámicas de trabajo en equipo podrían incrementar la autonomía de las y los estudiantes, uno de los aspectos que se pretendía estudiar en el planteo inicial de este proyecto de investigación.

Como último aspecto que quisiéramos mencionar, consideramos importante retomar el objetivo de analizar la reflexión del equipo docente sobre sus propias prácticas de enseñanza. Esto podría incluirse en nuevos ensayos de las actividades que fueron objeto de análisis en este estudio.

Discusión

A partir del análisis realizado sobre las respuestas obtenidas de los dos grupos de estudiantes, es posible observar que la gran mayoría de las y los estudiantes ha logrado reconstruir el modelo que describe el comportamiento de los gases ideales de Boyle-Mariotte.

Tomando en cuenta lo expuesto, consideramos que el uso del LR contribuyó al establecimiento de relaciones más estrechas entre la teoría y los modelos que se utilizan para describir los fenómenos. Esto permitiría cargar de sentido los conocimientos teóricos en función del fenómeno observado.

Como mencionamos anteriormente, observamos que gran cantidad de estudiantes desarrollaron argumentos e interpretaciones que incorporan construcciones personales articuladas con los contenidos teóricos trabajados. Esto nos lleva a proponer, como conclusión preliminar, que el trabajo con LR podría permitir que las y los estudiantes desarrollen trayectos de aprendizaje personales en el análisis de los fenómenos. Así, se lograría un ida y vuelta entre fenómeno y teoría, lo que desembocaría en mayores posibilidades para el establecimiento de aprendizajes más profundos en los que las relaciones entre fenómenos y teorías se volvieran más significativas. Sería enriquecedor poder profundizar el estudio de estos primeros hallazgos en futuras investigaciones.

Referencias bibliográficas

- Anijovich, R. y Mora, S. (2010). *Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P. S. y Kaya, E. (2012). Argumentation and students' conceptual understanding of properties and behaviors of gases. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6), 1303-1324.
- Camilloni, A., Celman, S. y Litwin, E. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Paidós.
- Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) (2021). Acuerdo plenario N° 1139/21. http://www.fcejs.unsl.edu.ar/wp-content/uploads/2021/08/Acuerdo-P.-N_-1139-21.pdf
- Consejo Superior de la UNAJ. Resolución N° 13/18. Plan de estudios de Ingeniería en Transporte
- Graieb, A., Cantera, C. y Joselevich, M. (2016). Hacia la integración de las TIC en el aula: una propuesta de trabajo sobre la ley de Boyle- Mariotte. *Educación en la Química en Línea*, 22(1), 11-25.
- Joselevich, M. (2014). Módulo 3: Los simuladores. En *Introducción al uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las reacciones químicas* (1.^a ed.). Dentro del Programa Virtual de Formación Docente del Centro de Innovación en Tecnología y Pedagogía de la Secretaría de Asuntos Académicos del Rectorado de la Universidad de Buenos Aires.
- Kautz, C. H., Lovrude, M. E., Herron, P. R. L. y McDermott, L. C. (1999). Research on student understanding of the ideal gas law. In R. Duit et al. (eds.), *Research in science education – Past, present, and future: Proceedings, 2nd International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, Vol. 1. 83-85. Kiel, Germany: IPN
- (11) (PDF) A STUDY OF THE EFFECT OF A PRACTICAL ACTIVITY ON PROBLEM SOLVING IN CHEMISTRY. Available from: https://www.researchgate.net/publication/255744890_A_STUDY_OF_THE_EFFECT_OF_A_PRACTICAL_ACTIVITY_ON_PROBLEM_SOLVING_IN_CHEMISTRY [accessed Jul 06 2023].

- Kautz, C. H., Heron, P. R., Loverude, M. E., y Mcdermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law. Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055-1063.
- Khine, M. S. y Saleh, I. (2011). *Models and Modeling: Cognitive Tools for Scientific Enquiry*. Dordrecht: Springer.
- Mishra, P. y Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Nakiboğlu, C. y Yildirim, H. E. (2011). Analysis of turkish high school chemistry textbooks and teacher-generated questions about gas laws. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1047-1071.
- Niaz, M. y Robinson, W. R. (1992). From 'algorithmic mode' to 'conceptual gestalt' in understanding the behavior of gases: An epistemological perspective. *Research in Science and Technological Education*, 10(1), 53-64.
- Rectorado de la UNAJ. Resolución N° 98/14. Plan de estudios de Bioingeniería.
- Rectorado de la UNAJ. Resolución N° 99/14. Plan de estudios de Ingeniería en Informática.
- Rectorado de la UNAJ. Resolución N° 100/14. Plan de estudios de Ingeniería Industrial.
- Rectorado de la UNAJ. Resolución N° 101/14. Plan de estudios de Ingeniería Electromecánica.
- Sande, M. E. (2010). Pedagogical content knowledge and the gas laws: a multiple case study (Tesis doctoral). University of Minnesota, Minnesota.
- Talanquer, V. (2010). Construyendo puentes conceptuales entre las varias escalas y dimensiones de los modelos químicos. *Educación Química*, 5(11).
- Tamayo Alzate, O., Zona López, J. y Loaiza Zuluaga, Y. (2016). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 1031-1036.