

## Actualización docente en la Experimentación Remota: El caso de la Ley de Boyle

**Eric Montero-Miranda<sup>1</sup>**

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

**Fiorella Lizano-Sánchez<sup>2</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-042X>

**Kenneth Castillo-Rodríguez<sup>3</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9023-0165>

**Carlos Arguedas-Matarrita<sup>4</sup>**

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

Montero-Miranda E. et al (2022). Actualización docente en la Experimentación Remota: El caso de la Ley de Boyle. *Nuevas Perspectivas*, I (1) Pp. 1-16

**Resumen:** Este trabajo presenta una investigación descriptiva con carácter cualitativo sobre la percepción de las personas docentes en torno al uso del Laboratorio Remoto de la Ley de Boyle como un recurso que permite la actualización de la temática de gases y el desarrollo del componente experimental como parte de la oferta de capacitación que ofrece la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la UNED. La metodología incluyó el uso de un cuestionario previo al taller con preguntas orientadas a contextualizar la población de estudio respecto al desarrollo de la actividad experimental y el conocimiento de los LR. Luego de la realización del taller se aplicó un instrumento con siete enunciados tipo Likert y dos preguntas abiertas para recabar la percepción de los participantes sobre el uso del LR para el fomento de la actividad experimental y la actualización

<sup>1</sup> Universidad Estatal a Distancia, Laboratorio de Experimentación Remota – Costa Rica. Correo de contacto: [emonterom@uned.ac.cr](mailto:emonterom@uned.ac.cr)

<sup>2</sup> Universidad Estatal a Distancia, Laboratorio de Experimentación Remota – Costa Rica.

<sup>3</sup> Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Capacitación Permanente en Didáctica de las Ciencias – Costa Rica

<sup>4</sup> Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Sistema de Investigación – Costa Rica.

docente. Participaron 14 docentes. Los resultados mostraron que los docentes perciben este laboratorio promueve aprendizajes teóricos y prácticos vinculados al diseño experimental y a la recolección y tratamiento de datos empíricos, importantes para la actualización de su conocimiento. Además, se encontró que el dispositivo figura como un recurso que promueve el componente experimental. Se destaca la versatilidad del recurso para el desarrollo de procesos intelectuales de reconocimiento y sensoriomotores de observación. Como principal conclusión se estableció el potencial de este recurso que permite la formación de futuros docentes y actualización de contenidos para profesionales en ejercicio.

Palabras Clave: Laboratorio Remoto, Ley de Boyle, actualización docente, componente experimental.

**Abstract:** This paper presents qualitative descriptive research on the perception of teachers regarding the use of the Boyle's Law Remote Laboratory as a resource that allows updating the topic of gases and the development of the experimental component as part of the training offer offered by the UNED Natural Sciences Teaching career. The methodology included the use of a questionnaire prior to the workshop with questions aimed at contextualizing the study population regarding the development of the experimental activity and knowledge of the RL. After the workshop, an instrument with seven Likert-type statements and two open questions was applied to gather the perception of the participants on the use of the RL to promote experimental activity and teaching updating. 14 teachers participated. The results showed that teachers perceive this laboratory promotes theoretical and practical learning linked to experimental design and the collection and treatment of empirical data, important for updating their knowledge. In addition, it was found that the device appears as a resource that promotes the experimental component. The versatility of the resource for the development of intellectual processes of recognition and sensorimotor observation is highlighted. The main conclusion was the potential of this resource that allows the training of future teachers and updating of content for practicing professionals.

Keywords: Remote Laboratory, Boyle's Law, teaching update, experimental component.

### Introducción

Este trabajo presenta un estudio de carácter descriptivo con el propósito de conocer la perspectiva de un grupo de profesores de Ciencias Naturales en Costa Rica, antes y después de participar de un taller de actualización docente denominado: "Indagando con la Ley de Boyle mediante la Experimentación Remota" que forma parte de la oferta de talleres didácticos del Programa de Capacitación Permanente en Didáctica de las Ciencias Experimentales (PROCDICE) de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) en Costa Rica.

Los procesos educativos que se gestan actualmente se proyectan como un medio que permite la alfabetización científica de las personas que conforman la sociedad, desde una postura que posiciona a las Ciencias Naturales como un pilar para el desarrollo, la toma de decisiones y la mejora en la calidad

de vida de los ciudadanos (Carrasco Monrroy, Orellana Barahona y Quintanilla-Gatica, 2020). La promoción de procedimientos propios del quehacer experimental le permite a la población aprendiente desarrollarse como futuros profesionales (Idoyaga, et al 2021) y miembros activos de la comunidad. Sin embargo, esta labor que recae en gran medida sobre la persona formadora, en este caso el docente.

Existe una necesidad de implementar cambios en las prácticas pedagógicas, con el fin de ofrecer herramientas con las cuales los estudiantes puedan desarrollar competencias básicas que permitan desenvolverse en una sociedad. Es importante hacer modificaciones de la enseñanza en el área de las ciencias de la educación, esto se debe a que las prácticas pedagógicas tradicionales no son eficientes porque no permiten una construcción y apropiación del conocimiento por parte del estudiantado. (Mejía y Parra, 2017)

La llegada de la COVID evidenció aún más la necesidad de hacer un cambio en la forma de enseñanza. La educación enfrenta múltiples desafíos, como lo es tener estrategias para que los estudiantes y profesores puedan construir conocimientos compartidos, aunque no se puedan reunir de forma presencial. (Idoyaga, Moya y Lorenzo, 2020). Esto involucra el hecho de que los profesores deban de estar en constante actualización no solo de sus conocimientos, sino en la aplicación de estos dentro de un contexto mediado por entornos digitales y que señalan el nuevo rumbo de la educación.

El fomento de la actividad experimental en la formación del docente de Ciencias Naturales se vuelve relevante para desarrollar habilidades científicas que impacten en la persona en formación y a nivel contextual que se propicien en los centros educativos (Sosa y Dávila, 2019). Por esto se diseñó una secuencia didáctica dirigida a la actualización docente aplicado en un taller didáctico del PROCDICE, para despertar la curiosidad por la experimentación remota a través de un LR sobre la Ley de Boyle.

El objetivo de este trabajo es describir la percepción de los docentes que participaron en el Taller didáctico: Indagando con la Ley de Boyle a través de la Experimentación Remota de la UNED, sobre la pertinencia de este recurso a través de los procesos de actualización docente y el abordaje de la actividad experimental en la temática de los gases y la Ley de Boyle, desde un estudio fenomenológico al realizar la experiencia con el LR propuesto para este fin.

### **La actividad experimental y la actualización docente**

La Actividad Experimental (AE) o Trabajo Práctico constituye un hecho ineludible y propio de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Barberá y Valdés, 1996) al mismo tiempo que es considerado una estrategia útil para conseguir cualquier objetivo que se plantee dentro de los procesos de enseñanza (Hudson, 1994). Parte de estos objetivos se centran en el desarrollo de ciertas habilidades que le permitan al estudiante desenvolverse en su futuro entorno laboral. Se pueden destacar habilidades de motricidad, observación, análisis y de reconocimiento y tienen lugar dentro de la actividad

experimental a través de diversos procedimientos (Lorenzo, 2020). Autores como Idoyaga et al., (2020a) y Lorenzo (2020), destacan dos grandes procedimientos del trabajo práctico:

1. Procedimientos Intelectuales (PI), que se subdividen en Procedimientos Intelectuales de Reconocimiento (PIC) que permiten reconocer un fenómeno y asociarlo a un modelo o teoría preexistente, y los Procesos Intelectuales de Control (PIC) que suponen un grado de control a la hora de tomar decisiones y que requieren una mayor exigencia cognitiva.
2. Procedimientos Sensoriomotores (PS), que se relacionan a su vez con las acciones manuales y de motricidad fina como la manipulación de un equipo a través de los Procedimientos Sensoriomotores de Acción (PSA) y los Procedimientos Sensoriomotores de Observación (PSO), que permiten, mediante la observación, percibir alteraciones en un sistema a través de los sentidos.

El avance de las Ciencias Naturales se da en la medida en que se formen nuevos conocimientos a partir de la experimentación constante y rigurosa de un fenómeno determinado (García y Moreno, 2020). Por lo que se puede ir más allá de la habilidad de observación ya que, se examina la situación problema, se interpreta y se formulan explicaciones acerca de fenómeno observado.

Dicho esto, se vuelve indispensable la actividad experimentación en la formación de profesorado en enseñanza de las Ciencias Naturales, ya que vincula la experiencia de la experimentación y observación de fenómenos para formular explicaciones sobre los acontecimientos observados en la natural. Por lo que estas dos variables se unen en un mismo propósito: comprensión de la naturaleza (García y Moreno, 2020).

La importancia del fomento de la actividad experimental en la actualización docente radica en la adquisición de herramientas primordiales para la construcción del conocimiento científico en las personas estudiantes. Pues favorece la apropiación y comprensión del conocimiento científico, el cual es uno de los retos de los docentes (Peña, 2012).

### **Abordaje pedagógico de la Ley de Boyle**

Muchos autores han señalado que el tratamiento de las leyes de los gases se lleva a cabo de manera superficial en educación media. Usualmente se inicia enseñando las fórmulas matemáticas de dichas leyes, sin embargo, no se transmite la importancia de la comprensión de dichas propiedades. (Aydeniz, Pabuccu et al., 2012; Kautz, Lovrude et al., 1999; Cline, 2001) Actualmente, se utilizan ejercicios cuantitativos con el fin de enseñar y evaluar el tema de gases, utilizando operaciones algebraicas elementales para llegar a una única solución, sin embargo, la resolución de dichos ejercicios requiere una lógica que no justamente implica comprender el fenómeno en estudio. (Niaz y Robinson, 1992; Kautz, Heron et al., 2005; Nakiboğlu y Yildirim, 2011).

Otro impedimento a la hora de la comprensión de las leyes de los gases es la dificultad asociada a la construcción e interpretación de gráficos. Dichas habilidades son necesarias para comprender estas leyes ya que son introducidas mediante el uso de gráficos y modelos matemáticos. (Graieb, Cantera y Joselevich, 2016)

Se puede seguir el modelo de los niveles de acceso a la enseñanza de Johnstone para poder facilitar la solución a las dificultades anteriores. La propuesta de Johnstone oscila entre dos modelos: el primer modelo se relaciona con procesamiento de información y un segundo modelo vinculado a la naturaleza de la química. Este último tiene acceso a través de tres niveles, representados en el siguiente esquema.

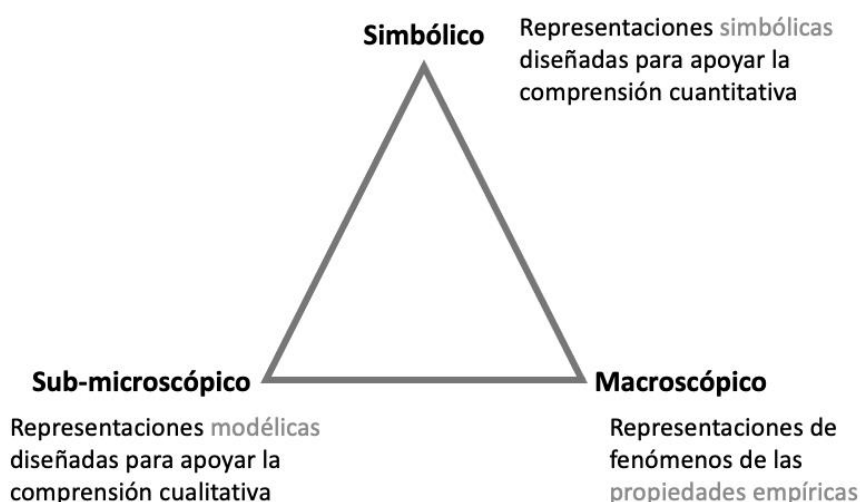


Figura 1. Niveles de acceso a enseñanza-aprendizaje de la química.

Cada uno de los extremos de la figura anterior representa un nivel de acceso a enseñanza-aprendizaje de la química, los niveles son: macro, micro y simbólico. En el caso del nivel macro se representa por lo "tangible", es decir, lo que se accede por medio de los sentidos; el nivel micro está compuesto por átomos, moléculas, iones; y el representacional o simbólico lo constituyen los símbolos, fórmulas, ecuaciones gráficas, etc. (Johnstone, 2000)

Es importante que en química los profesores apliquen éstos tres niveles de representación, de esta manera se promueve un aprendizaje significativo, en el cual se parte de un fenómeno observable hasta llevarlo a una organización molecular y así poder llegar al uso de fórmulas matemáticas. (Castillo, Ramírez y González, 2013)

## Metodología

La metodología propuesta para describir la percepción de los docentes que participaron en el Taller: Indagando con la Ley de Boyle a través de la Experimentación Remota, sobre la pertinencia de este recurso para los procesos de actualización de los conceptos propios del modelo corpuscular de los gases y particularmente de la Ley de Boyle, responde a un diseño fenomenológico, con un enfoque cualitativo. En este apartado se describe el contexto de la indagación, los participantes, la recolección y el análisis de datos.

## Contexto

Esta investigación se desarrolló en el marco de las actividades que promueve el PROCDICE como parte de la capacitación docente que se brinda a estudiantes en formación y profesionales en ejercicio de la Enseñanza de las Ciencias Naturales de manera anual.

Para este trabajo se realizó un diseño curricular del taller y avalado por la Dirección de Extensión Universitaria (DIREXTU) de la UNED. La convocatoria de la población se hizo por medio de correo electrónico y redes sociales del PROCDICE y de la carrera de Enseñanza de las Ciencias. El taller se realizó en el primer cuatrimestre de 2022 y tuvo una duración de 12 horas distribuidas en dos semanas y contó con la participación de 14 profesores que estuvieron a cargo de dos docentes que llevaron a cabo la experiencia a través de la plataforma *Microsoft Teams* con dos tutorías sincrónicas. Además, en esta misma plataforma se diseñaron tres módulos para el trabajo asincrónico.

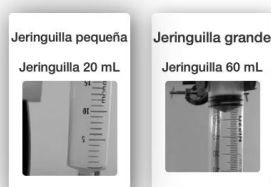
Se plantearon seis contenidos curriculares distribuidos en los tres módulos, lo cuales, se habilitaron cada tres días. Cada módulo contenía diversas actividades y recursos. El trabajo con el LR sobre la Ley de Boyle se trabajó en el módulo dos y luego de la respectiva mediación con la tutoría sincrónica, donde se mostró el recurso, se abordaron aspectos de construcción de gráficas, interpretación de estas y verificación del cumplimiento de la Ley de Boyle. Los participantes trabajaron durante tres días con el LR y al final de este entregaron un informe con formato tipo artículo científico en una plantilla prediseñada. El LR disponible para este taller fue desarrollado por el equipo de trabajo del Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED en Costa Rica y es gestionado por la empresa *LabsLand*.

Al acceder al LR de la Ley de Boyle el usuario pudo escoger entre una jeringuilla de 20 mL y una de 60 mL para realizar la experiencia (Figura 2a). Una vez seleccionada, se redireccionó al usuario a la interfaz del experimento donde se pudo decrementar el volumen de la jeringuilla y observar simultáneamente, en una interfaz, el aumento de la presión (Figura 2b).

### Laboratorio de Ley de Boyle

1 - Introducción 2 - Configuración 3 - Observación

Elige el contenedor



< Volver a Introducción Comenzar a observar >

a) Modo de configuración del experimento

### Laboratorio de Ley de Boyle

1 - Introducción 2 - Configuración 3 - Observación

El experimento está ahora llevándose a cabo con la configuración que has elegido.

Vista principal



00:00:05 / 00:01:59

# Decrementar en 5 mL

b) Interfaz del experimento

Figura 2. Interfaz del LR de la Ley de Boyle

En este punto, el docente tuvo que anotar por su cuenta los valores de presión y volumen cada vez que hacía un decremento del último. Como parte de su trabajo asincrónico tuvo que construir la gráfica generando la isoterma que permitió comprobar la Ley de Boyle (presión contra volumen) y una gráfica que permitió el análisis correlacional de los valores a través de la linealización de los datos graficando la presión (P) contra el inverso del volumen (1/V), para finalmente ofrecer una interpretación y explicación a los fenómenos observados.

#### Recolección de datos

Para la recolección de los datos se diseñaron y aplicaron dos cuestionarios. El primero, fue aplicado previo al desarrollo del taller y tenía como objetivo conocer y caracterizar el contexto de los participantes y recabar información de la experiencia que se deseaba realizar. Este cuestionario incluyó preguntas relacionadas al tipo de institución en la que labora (pública, privada, técnico, científico, etc.), área de las Ciencias Naturales en la que imparte lecciones, modalidad de trabajo (virtual, presencial o híbrida). Además, de conocer las estrategias que emplean los docentes para el abordaje de la temática de gases (clases magistrales, experimentos, videos o resolución de problemas), la promoción de la actividad experimental (experimentos caseros, simulaciones o laboratorios virtuales) y las limitantes para su implementación (infraestructura, reactivos y equipos, apoyo institucional, falta de formación para desarrollar la AE o falta de conocimiento de recursos). Finalmente se plantearon tres preguntas para identificar alguna experiencia o conocimiento de los LR. El segundo cuestionario se aplicó una vez finalizado del taller, en el módulo 3, y se enfocó en la ganancia de conocimiento de la temática para la que fue diseñado. En la primera parte, se incluyó una pregunta cerrada destinada a conocer el tipo de dispositivo utilizado (PC de escritorio, PC portátil, smartphone o tableta) para acceder al LRD. En la segunda parte se plantearon siete enunciados tipo Likert, con sus respectivos enunciados de control con el fin de verificar la coherencia de las respuestas.

Los enunciados estaban vinculados a un grado de acuerdo 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 basaron en aspectos de fomento de la AE con el LR de la Ley de Boyle y la ganancia de conocimiento en el proceso de actualización al emplear el LR propuesto. La Tabla 1 muestra los enunciados empleados en esta investigación.

Enunciado	Enunciado de control
E1. Considero que la experiencia con el laboratorio remoto de la ley de Boyle me permitió ampliar los conocimientos que tenía respecto a la actividad experimental.	EC1. No considero que la experiencia con el laboratorio remoto de la ley de Boyle me permitió ampliar los conocimientos que tenía respecto a la actividad experimental.
E2. Considero que la capacitación en actividades experimentales es importante para la actualización docente.	EC2. No considero que la capacitación en actividad experimental es importante para la actualización docente.
E3. Considero importante fomentar la actividad experimental en la educación secundaria con recursos como los Laboratorios Remotos.	EC3. No considero importante fomentar la actividad experimental en la educación secundaria con recursos como los Laboratorios Remotos.
E4. Considero que el laboratorio remoto de la Ley de Boyle es un recurso adecuado para promover la actividad experimental.	EC4. No considero que el laboratorio remoto de la Ley de Boyle es un recurso adecuado para promover la actividad experimental.
E5. Considero que se logra tener una mejor comprensión de los conceptos vistos en clase al implementar la actividad experimental.	EC5. No considero que se logra tener una mejor comprensión de los conceptos vistos en clase al implementar la actividad experimental.
E6. Considero que esta capacitación aporta mejoras en el desarrollo de las actividades experimentales de las instituciones en donde se pueda desarrollar.	EC6. No considero que esta capacitación aporta mejoras en el desarrollo de las actividades experimentales de las instituciones en donde se pueda desarrollar.
E7. Luego de esta capacitación considero que puedo emplear los laboratorios remotos como actividad experimental en mis clases.	EC7. Luego de esta capacitación. No considero que pueda emplear los laboratorios remotos como actividad experimental en mis clases.

Tabla 1. Enunciados utilizados en el cuestionario

Finalmente se plantearon dos preguntas de respuesta abierta tendientes a conocer la opinión del docente sobre el potencial que visualizan en los LR como un recurso para promover el componente



experimental y el tipo de procedimientos que los docentes creen que se promueven con el desarrollo de esta experiencia.

P1. ¿Qué beneficios cree que obtendría al implementar la actividad experimental con los Laboratorios Remotos en sus clases?

P2. ¿Qué tipo de procedimientos intelectuales y sensoriomotores promueve el desarrollo de la AE con el LR de la Ley de Boyle?

### **Análisis de datos**

Los datos obtenidos en el cuestionario previo fueron tratados con estadística descriptiva no paramétrica con el fin de observar el comportamiento y la tendencia de las respuestas hacia un fenómeno o situación planteada.

Para los datos obtenidos en el cuestionario posterior al taller, se estableció una estadística descriptiva no paramétrica tendiente a la relación de las frecuencias absolutas de las respuestas brindadas y los porcentajes relativos para cada uno de los enunciados según el grado de acuerdo ante el planteamiento de estos. Para el análisis de las declaraciones de los docentes ante las preguntas de respuesta abierta, se estableció, para la primera pregunta (P1), una dimensión que reúne una serie de categorías a través del análisis en conjunto de las respuestas brindadas por los participantes y basado en la metodología empleada por Idoyaga et al., 2021. Todas las categorías fueron generadas durante el análisis de las respuestas. La Tabla 2 muestra la categorización según las dimensiones propuestas.

<b>Dimensión</b>	<b>Categoría</b>
Comunicación	Transversal: Se basa en una comunicación horizontal. Transmedia: Se basa en una comunicación por múltiples medios y plataformas.
Curricular	Contenido Conceptual: Abordaje de ideas, teorías y modelos. Contenido procedimental: Cuando se trabajan PI y/o PS.
Acceso	Masividad: Permiten el acceso a grupos numerosos. Democratización: Permiten el acceso a personas de distintas clases sociales.

Tabla 2. Dimensiones y categorías propuestas para el análisis de las respuestas brindadas por los docentes

En el caso de la segunda pregunta (P2) se diseñó una tabla que incluía la frecuencia o similitud entre las respuestas de los docentes con respecto a algunos procesos propios de la AE.

## Discusión de Resultados

Al analizar los datos brindados en el cuestionario previo al taller se pudo estimar que el 50% de los participantes trabajan en colegios públicos, seguido de profesores que laboran en instituciones privadas (28,5%), el resto se distribuye en un menor porcentaje en instituciones de modalidad nocturna, técnica y solo una persona en colegios de corte científico.

Por otro lado, la mayoría de los profesores (43%) imparten lecciones de Biología. Si bien, el taller tiene un fuerte componente de aplicación en las áreas de física y química, es importante señalar que la modalidad de “concurso” que se promueve en el sistema educativo de secundaria de Costa Rica, hace que los profesores participen por distintas opciones de trabajo y, por ende, en distintas áreas de la Ciencias Naturales, por lo que muchos profesores optan por talleres y cursos de actualización, aunque no sean acordes a su situación laboral actual. En segundo lugar, los profesores de Química correspondieron a un 36% de los participantes y, por último, se obtuvo un 21% de participación de profesores del área de Física. En este estudio se tuvieron dos casos donde los docentes se dedican a las tres ciencias, sin embargo, invierten la mayoría del tiempo laboral a impartir Física.

Referente a la modalidad de trabajo en sus instituciones la mayoría de los docentes trabajan en una modalidad híbrida (43%), seguido de la modalidad virtual (36%) y en menor medida de forma presencial (21%). Si bien, las restricciones sanitarias impuestas por los gobiernos durante la pandemia causada por el virus responsable de la COVID han disminuido y se ha tenido un retorno a la presencialidad, se visualiza un panorama en donde los nuevos modelos educativos mantienen una tendencia orientada en procesos pedagógicos mediados en entornos digitales y con una fuerte tendencia a la modalidad híbrida, que es, la base que fundamenta el MLE, por ejemplo. (Idoyaga et al., 2020a)

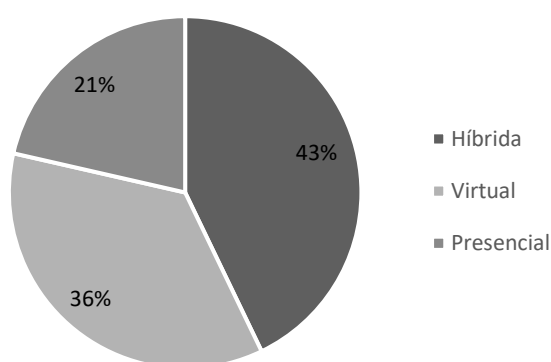


Figura. Distribución de la modalidad de trabajo de los docentes

Este estudio evidencia que la mayoría de los profesores han logrado adaptarse a los procesos mediados en entornos digitales, diversificando los recursos para abordar la temática de gases (Figura

4), logrando establecer una narrativa transmedia que permite la integración de los aprendizajes del estudiante desde distintas plataformas (Scolari, 2014).

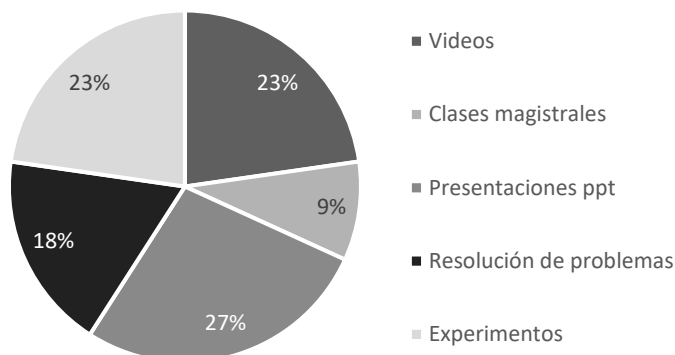


Figura 4. Estrategias empleadas para el abordaje de la temática de gases

Sin embargo, al preguntar sobre el tipo de recursos para llevar a cabo la actividad experimental, la mayoría de los docentes incentivaron el trabajo con experimentos caseros (43%) y en menor medida las simulaciones y LV (36%), el resto no promueve la actividad experimental. En este sentido, al cuestionarse sobre qué variables limitaban el desarrollo de otro tipo de AE, se evidenció que la principal causa considerada por los docentes es la falta de infraestructura y equipos idóneos para el desarrollo de la AE (57%), seguido de la falta de apoyo institucional para incentivar el componente experimental (29%) y, por último, el hecho de no contar con la adecuada formación para llevar a cabo la AE de una manera apropiada (14%).

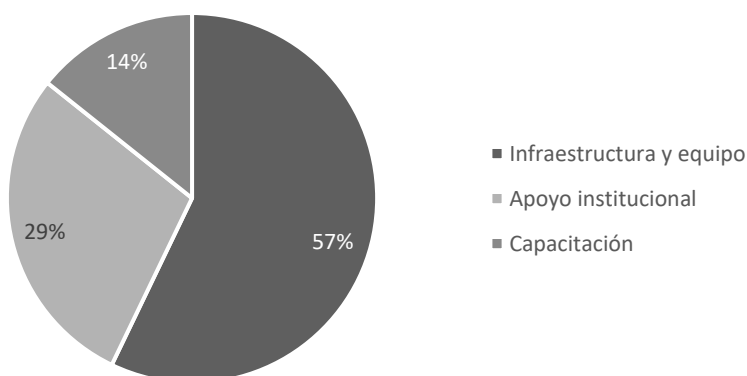


Figura 5. Variables que limitan el desarrollo de la AE

Finalmente, al plantear el cuestionamiento de si conocían los LR como recurso para abordar la AE, el 86% dijeron conocerlos y que también estarían dispuestos a utilizarlos en sus asignaturas, sin

embargo, externaron que la limitante para su implementación de estos recursos es el acceso de los estudiantes a Internet, máxime los de instituciones públicas que en muchos casos son de escasos recursos. Esta problemática fue expuesta en 2021 dentro del Octavo Informe del Estado de la Educación en Costa Rica, donde se evidenció que el 40% las familias con menores recursos (primer quintil de la población) solo tienen acceso a Internet desde un dispositivo móvil (Smartphone) y el 13% no tiene acceso a Internet del todo y son quienes asisten a instituciones públicas, mientras que los hogares de altos ingresos (último quintil) tienen hasta un 78% de acceso a redes de mayor velocidad y capacidad (Programa Estado de la Nación, 2021).

Al analizar los resultados del cuestionario aplicado luego del desarrollo del taller planteado se pudieron recabar los siguientes resultados:

El 100% de los docentes realizaron la experiencia remota desde una computadora portátil, lo que supone que no tuvieron problemas en la usabilidad. Esto se ha evidenciado en trabajos como el de Idoyaga et al., (2020b) que muestra un uso fácil de estos recursos desde cualquier dispositivo en otros contextos.

Por otro lado, al analizar las respuestas brindadas por los docentes en el cuestionario tipo Likert, se evidenció que en todos los enunciados se tuvieron niveles de acuerdo de 86% para el E1 y de 93% para los enunciados del E2 al E7 (Figura 6).

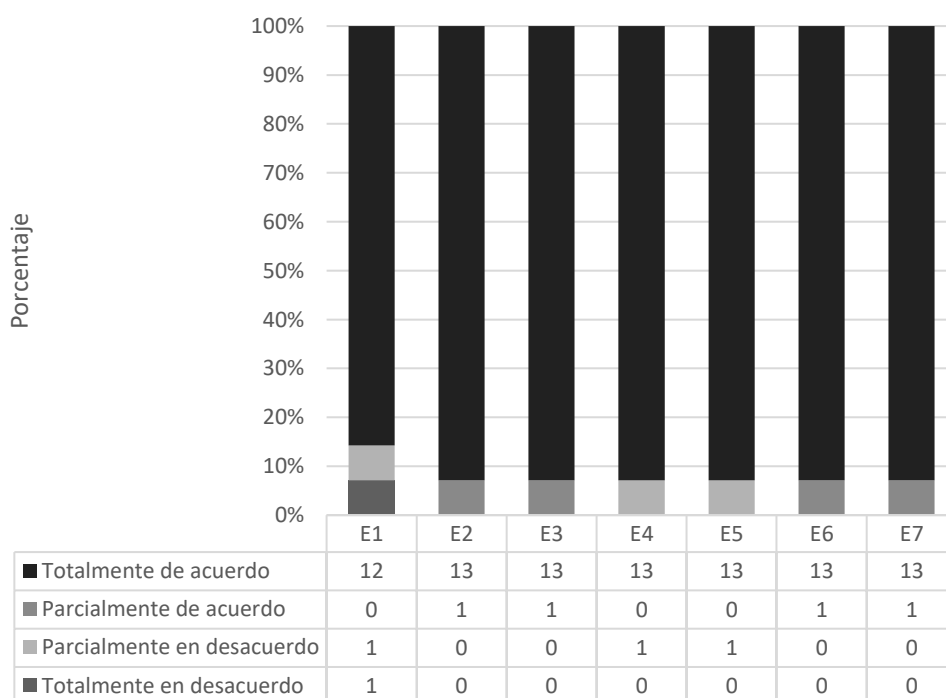


Figura 6. Frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo en cada uno de los siete enunciados estudiados

Se percibe un comportamiento homogéneo en las respuestas brindadas por los participantes, lo que evidencia un alto grado de acuerdo de estos respecto a que el recurso del LR de la Ley de Boyle propicia la adquisición y reforzamiento de conocimientos relacionados con la AE (E1), y es evidente en los enunciados E2 y E3 donde se muestra un grado de acuerdo respecto a la importancia de reforzar la capacitación, la formación y actualización docente en el componente experimental a través de recursos como los LR. Además, se establece el LR de la Ley de Boyle como adecuado para promover la AE (E4). Finalmente, se observó que las AE y los procesos de capacitación docente en la aplicación de estas, son importantes para la actualización de conceptos (E5) y el desarrollo del componente experimental en contextos como el de secundaria (E6) en donde se pueden emplear los LR como un recurso adecuado para enseñar (E7). En contraparte, los enunciados de control afianzan los resultados que se han expuesto anteriormente.

Grado de acuerdo	Enunciados de control						
	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	12	13	13	13	13	13	13
<b>Parcialmente en desacuerdo</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Parcialmente de acuerdo</b>	1	0	0	0	0	0	0
<b>Totalmente de acuerdo</b>	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 3. Tendencia de los enunciados de control

Respecto a las preguntas de respuesta abierta, al plantear el cuestionamiento sobre “los beneficios que obtendrían al implementar la actividad experimental con los Laboratorios Remotos en sus clases”, se logró establecer respuestas en todas dimensiones propuestas, sin embargo, la mayoría de las respuestas fueron ubicadas en las dimensiones curricular (contenido conceptual) y de acceso (democratización).

Inicialmente, al analizar las respuestas clasificadas en la dimensión de comunicación se estableció dentro de la categoría transmedia dado que se establecen actividades en distintas dinámicas y en forma híbrida. Además, se denota una categoría transversal que permite la comunicación entre los mismos miembros del aula.

*“Se puede abordar la temática de una manera dinámica y distinta”.*

*“...se puede hacer mediación de temas sobre ciencia que de manera presencial no se harían”.*

*“Permite el trabajo en conjunto con los compañeros de clase al poder comparar datos”.*

En segundo lugar, dentro de la dimensión curricular se agruparon respuestas en la categoría de contenido conceptual que apuntan a un complemento de los conceptos teóricos a través de la experimentación y un conocimiento perdurable y más cercano a los fenómenos reales.

*“Estas actividades ayudan a complementar los contenidos teóricos con la actividad práctica...”*

*“Se obtienen ventajas como un mayor acercamiento de los estudiantes con la realidad...”*

En esta misma dimensión también se tratan aspectos relacionados a los contenidos procedimentales de tipo PI y PS. Los PI se denotan en el reconocimiento de fenómenos propios de la naturaleza y promueve el cuestionamiento de estos. Además, los PS se pueden encontrar en los procesos de observación de los posibles errores propios de la experimentación remota.

*“(...) hace que se despierte su interés en cuestionarse el porqué de los fenómenos que los rodean”.*

*“(...) favorece el pensamiento crítico de los alumnos”.*

*“(...) [Los LR] permiten trabajar con instrumentos reales, por consiguiente, es posible obtener cierto porcentaje de error en la experimentación, lo cual despierta la curiosidad y es posible realizar nuevos descubrimientos...”*

En tercer lugar, para la dimensión de acceso, se encontraron respuestas que hacían referencia a la categoría de masividad y democratización, donde los docentes ven el potencial de los LRD como un recurso apto para grupos numerosos, además de que es posible desarrollar la actividad experimental sin la necesidad de contar con un laboratorio físico o equipos de difícil acceso. Además, advierten de un ahorro en lo económico con respecto a la actividad experimental presencial.

*“Poder tener un grupo grande trabajando en lo mismo, no necesitar instalaciones”.*

*“Por el difícil acceso al instrumental y equipo de laboratorio es muy ventajoso este tipo de actividad”.*

*“(...) democratiza el conocimiento, varios estudiantes operan a la vez los equipos remotos desde el centro de estudio.”*

*“Más accesible, sobre todo para los colegios que no cuentan con laboratorio de ciencias.”*

*“(...) se puede acceder desde cualquier lugar, permite trabajar con grupos grandes, es más económico en comparación con los materiales que requiere un laboratorio presencial.”*

Finalmente, para la pregunta sobre los “procedimientos intelectuales y sensoriomotores promueve el desarrollo de la AE con el LR de la Ley de Boyle” se encontraron respuestas que asocian el desarrollo de las habilidades de observación de fenómenos, reconocimiento de objetos de estudio, manejo de variables dependientes e independientes, construcción y entendimiento de conceptos dentro de un modelo, control de instrumentos de forma remota. Cabe destacar que los PS fueron los que menos se referenciaron por parte de los docentes, esto se pudo deber a que estos procedimientos se relacionan más con la acción, es decir, con la manipulación de equipos dentro de un laboratorio, lo cual solo ocurre en un laboratorio de tipo *Hads-on*.

Procesos intelectuales	Frecuencia	Procesos sensorio-motores	Frecuencia
reconocimiento de objetos de estudio	7	Observación de fenómenos	4
manejo de variables dependientes e independientes	4	Registro de datos	2
construcción y entendimiento de conceptos	2	Control de equipos de forma remota	1

Tabla 4. Procedimientos experimentales visualizados por los docentes dentro del LR de la Ley de Boyle

### Conclusiones

Los resultados permiten concluir que la implementación de los LR son recursos que tienen el potencial de uso para la actualización docente, así como para el fomento de la actividad experimental en secundaria, siendo un aliado para la persona docente que requiere de herramientas para aplicar los conocimientos que adquieren en los procesos de capacitación y actualización docente. Un ejemplo de esto se pudo recabar las opiniones y de los profesores donde dejan al descubierto la necesidad de integrar esta y otras tecnologías en el aula. Y comentar de la importancia de la integración de la indagación científica en el fomento de habilidades científicas utilizando los LR.

Establecer un contexto de la población meta antes de diseñar un curso de actualización permite conocer las necesidades y limitaciones de esta, haciendo más eficiente la labor del formador. En este sentido, el docente es una pieza fundamental del engranaje de los desarrollos tecnológicos en educación, ya que es este quién adapta los recursos a un contexto específico. Finalmente, los docentes estiman que los LR representan un recurso que potenciaría su labor en la enseñanza de las Ciencias Naturales, beneficiando a la población estudiantil del país, máxime a nivel de secundaria, donde las actividades experimentales no se han desarrollado en la medida que muchos docentes desearían.

### Referencias bibliográficas

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.

- Barberá, O., Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias* 14(3), 365-379.
- Carrasco Monroy, P. A., Orellana Barahona, N. J. y Quintanilla-Gatica, M. R. (2022). Argumentación y aprendizaje de la Teoría, Ácido-Base. *Educación Química*, 33(2), 50-63. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>
- Castillo, A., Ramírez, M. y González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograr. *Revista Omnia*, 19(2), 1124.
- García, A.X. y Moreno, Y.A. (2020). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. Biografía. *Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 13(2), 149-158. ISSN 2619-3531
- García, C. y Ruiz, M. (2010) La ley de Boyle, el análisis de dos experimentos, *Lat. Am. J. Phys. Educ*, 4, 957-962.
- 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.
- Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3), 299-313.
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L. Moya, C.N., Montero-Miranda, E., Maeyoshimoto, J. E., Capuya, F. G., Arguedas-Matarrita, C. (2021). Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos, *Enseñanza Química*32(4), 154-167. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Nahuel 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. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Idoyaga, I., Moya, C. y Lorenzo, M. (2020). Los gráficos y la pandemia. Reflexiones para la educación científica en tiempos de incertidumbre. *Rev. Ed. Cs. Biol., RECB*, 5(1), 1-18.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry – logical o psychological. *Chemistry Education: research and practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Kautz, C., Heron, P., Loverude, M. E. y McDermott, L. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055-1063.



- Kautz, C., Lovrude, M., Herron, P. y McDermott, L. (1999). Research on student understanding of the ideal gas law, En: *Proceedings, 2nd International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, 83-85.
- Lorenzo, M. G. (2020). Revisando los trabajos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria* 21(4), 15–34. <https://doi.org/10.14409/dys.2020.49.e0002>
- Mejía, C.; Parra, C. (2017). *La estrategia de indagación para el aprendizaje de la ley de boyle-mariotte apoyada en la implementación de una secuencia didáctica*. [Tesis de Maestría, Universidad ICESI].
- Nakiboğlu, C. y Yildirim H. (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. (1992). From 'algorithmic mode' to 'conceptual gestalt' in understanding the behavior of gases: An epistemological perspective. *Research in Science y Technological Education*, 10(1), 53-64.
- Peña, E. (2012). *Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la Institución Educativa Mayor de Yumbo*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira].
- Programa Estado de la Nación (2021). *Octavo Informe del Estado de la Educación. Cap 4.: Competencias digitales docentes para integrar las TIC en el aula*. San José, Costa Rica.
- Sosa, J. A., y Dávila, D. T. (2019). La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación Y Ciencia*, (23), 605–624. <https://doi.org/10.19053/0120-7105.eyc.2019.23.e10275>
- Valera, A. (2005). *Apuntes de física general*. UNAM