

De la Teoría a la Práctica: Extendiendo el Trabajo Experimental en la Enseñanza de las Ciencias.

From Theory to Practice: Extending Experimental Work in Science Teaching.

María Paula Obando Víquez¹

<https://orcid.org/0009-0007-4118-1505>

Eric Montero Miranda²

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

Fiorella Lizano Sánchez³

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

Calos Arguedas Matarrita⁴

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

Obando Víquez et al. (2024) “De la Teoría a la Práctica: Extendiendo el Trabajo Experimental en la Enseñanza de las Ciencias”. *Campo Universitario*. 5 (10) Julio - Diciembre 2024. Pp. 1-17.

Fecha de recepción: 07/10/2024

Fecha de aceptación: 25/11/2024

¹ Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Costa Rica. Contacto: mobandov@uned.ac.cr.

² Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Costa Rica. Contacto: emonterom@uned.ac.cr.

³ Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Costa Rica. Contacto: flizanos@uned.ac.cr.

⁴ Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota, Costa Rica. Contacto: carguedas@uned.ac.cr.



Resumen: El escenario post pandemia visibilizó y potenció la adopción de nuevas tecnologías en la educación, entre estos los Laboratorios Remotos (LR), que se han convertido en un recurso crucial para abordar los desafíos en la experimentación en la enseñanza de las ciencias en la actualidad. En este contexto, se llevó a cabo un taller con 15 docentes de ciencias de primaria y secundaria, donde se trabajó con un Laboratorio Ultraconcurrente de microscopía y un Laboratorio *Hands-On*, siguiendo una secuencia con los mismos objetivos de aprendizaje experimental en ambos para la temática de microscopía en biología. Los resultados mostraron que un 86.67% de los participantes consideraron el LR fácil de usar y destacaron que la experiencia fue comparable a la de un laboratorio presencial. Además, todos los participantes recomendaron integrar este recurso en el currículo de ciencias, valorando su utilidad en instituciones educativas que carecen de laboratorios físicos. La estadística descriptiva respaldó el consenso en torno a la accesibilidad y eficacia del recurso remoto para el aprendizaje, así como adaptabilidad para alcanzar los objetivos educativos. Este estudio subraya la importancia de la experimentación en la enseñanza, acompañada de una formación adecuada para que los docentes puedan incorporar de manera efectiva estas tecnologías en contextos de enseñanza temprana. La adopción de laboratorios remotos democratiza la enseñanza de las ciencias siempre que esté acompañada de buenas estrategias por parte de los docentes. Esto prepara a los estudiantes para la incorporación ética y responsable del uso de la tecnología.

Palabras Clave: Enseñanza de las Ciencias, Laboratorio Remoto, Trabajo Experimental, Microscopio.

Abstract: The post-pandemic scenario made visible and boosted the adoption of new technologies in education, including Remote Laboratories (RL), which have become a crucial resource to address the challenges of experimentation in science education today. In a recent workshop, 15 science teachers from primary and secondary education explored both an Ultra-Concurrent Microscopy Laboratory and a Hands-On Laboratory, both aimed at the same experimental learning objectives in biology.

The results showed that 86.67% of the participants found the LR easy to use and highlighted that the experience was comparable to that of a face-to-face laboratory. All participants recommended integrating this resource into the science curriculum, especially in institutions with infrastructure limitations. Descriptive statistics supported the consensus on the accessibility and effectiveness of the remote resource, as well as its adaptability to meet educational goals. This study underscores the importance of experimentation in teaching and the need for adequate training for teachers to effectively incorporate these technologies in primary and secondary education. The adoption of remote laboratories democratizes science education, provided that effective pedagogical strategies are implemented. This not only



enriches learning but also prepares students for the ethical and responsible use of technology in the future.

Keywords: Science Education, Remote Laboratory, Experimental Work, Microscope.

Introducción.

La pandemia de COVID-19 ha catalizado una transformación significativa en la metodología educativa, especialmente acelerando la adopción de tecnologías digitales (Sanz y López-Luján, 2022). Sin embargo, mientras algunos aspectos de la educación han evolucionado, la enseñanza de las ciencias naturales enfrenta desafíos persistentes. En particular, las actividades experimentales esenciales para un aprendizaje efectivo de las ciencias a menudo se ven obstaculizadas por la falta de recursos adecuados como equipos y espacios adecuados en las escuelas primarias y secundarias. Esta carencia se ha visto exacerbada incluso en la época de la post pandemia, lo que ha limitado aún más la capacidad de realizar experimentos prácticos (Capuya et al., 2023).

El escenario educativo en Costa Rica.

En Costa Rica, la educación en ciencias y tecnología enfrenta múltiples desafíos que comprometen su capacidad para contribuir efectivamente al desarrollo socioeconómico del país. A pesar de un incremento en la titulación de docentes en estas áreas, la calidad de la educación sigue siendo una preocupación debido a la falta de acreditación de muchos programas. Históricamente, los resultados en los exámenes de bachillerato de ciencias han sido bajos, reflejando deficiencias en la comprensión y el interés de los estudiantes por estas disciplinas. Además, existe una notable escasez de infraestructura adecuada, con un número insuficiente de colegios equipados con laboratorios adecuados para la enseñanza experimental de las ciencias (Programa Estado de la Nación, 2023).

Esta situación se ve exacerbada por una marcada brecha de género en el campo de las ciencias y tecnología, donde la participación femenina (40%) sigue siendo significativamente baja comparada con la masculina con un 60% (PNUD, 2024). También se destaca el estancamiento en la formación de técnicos medios y la mínima contribución de los graduados del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) a las categorías de técnicos especializados, lo cual plantea un desafío para el desarrollo de un sector tecnológico robusto y diversificado (Programa Estado de la Nación, 2023).

Ante estos desafíos, se reconoce la necesidad crítica de fortalecer la educación científica y técnica en el país mediante la mejora de la formación docente, la actualización de la infraestructura educativa, y la adopción de métodos pedagógicos innovadores que fomenten un aprendizaje más activo y basado en la indagación. Asimismo, se sugiere aumentar la



cobertura y la pertinencia de la educación técnica y profesional, fortaleciendo los vínculos con el sector empresarial para asegurar que la formación proporcionada sea relevante y de calidad. Estas medidas son fundamentales para cerrar las brechas existentes y propiciar un entorno que favorezca el avance hacia una economía basada en el conocimiento y la innovación.

Experimentación temprana y la formación docente.

La incorporación de estrategias que integren el trabajo experimental en ciencias desde una edad temprana es crucial. Las actividades prácticas no solo facilitan la comprensión de conceptos teóricos complejos, sino que también fomentan habilidades analíticas y críticas esenciales para el desarrollo académico y profesional de los estudiantes. Sin embargo, la implementación efectiva de tales estrategias depende en gran medida de la calidad de la formación docente. Los educadores bien preparados propician estrategias idóneas para mediar y adaptar estas actividades a las necesidades y contextos de los estudiantes (Quesada-Solís y Montero-Miranda, 2022). Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias en estos niveles se ha caracterizado por su enfoque teórico y memorístico, lo que ha limitado significativamente el desarrollo de habilidades científicas prácticas entre los estudiantes (Ávalos-Dávila y Arguedas-Matarrita, 2024), es por esto que los desafíos se centran en cómo las instituciones de educación superior y centros de formación deben de priorizar sus mallas curriculares para atender los vacíos en la implementación del componente experimental de sus futuros graduados.

Desafíos en la implementación de la experimentación en primaria y secundaria.

En 2010, el país comienza a exponer los desafíos de implementar la actividad experimental en primaria a través del Tercer Informe del Estado de la Educación (Programa Estado de la Nación, 2011), se reveló una deficiencia en programas de formación docente y la infraestructura necesaria para abordar esta problemática. Sin embargo, no se dieron avances apreciables desde el planteamiento de esta falencia y no es hasta escenarios postpandemia que se hacen evidentes los trabajos enfocados en implementar el componente experimental desde edades tempranas donde la tecnología se convierte en un aliado para poder desarrollar este objetivo. Ejemplo de esto es la estrategia innovadora donde se implementaron los Laboratorios Remotos (LR) y Actividades Experimentales Simples (AES) en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica (Elizondo-Blanco, Obando-Víquez, y Arias-Navarro, 2024)

Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de mejorar la metodología de enseñanza de las ciencias en los programas de Educación General Básica (EGB), específicamente dirigida

a futuros docentes de primaria. La introducción de recursos tecnológicos como los LR buscó transformar este panorama ofreciendo oportunidades para realizar experimentos a distancia, fomentando así un aprendizaje más interactivo y práctico. Durante el 2022, se llevó a cabo una metodología para evaluar el impacto de recursos en estudiantes de la carrera de educación para I y II ciclo. Los resultados obtenidos durante esta experiencia destacan no solo la aceptación y valoración positiva de los LR y AES, sino también su efectividad para mejorar las competencias científicas, evidenciando un cambio significativo en la preparación pedagógica de los futuros educadores. Esta experiencia ha demostrado ser fundamental para la integración de métodos de enseñanza innovadores que no solo enriquecen la formación docente, sino que también promueven un enfoque más experimental y lúdico en la enseñanza de las ciencias en edades tempranas (Ávalos-Dávila y Arguedas-Matarrita, 2024).

A nivel de secundaria el panorama no es ajeno al de la educación primaria, si bien, existen programas de formación y actualización docente para temáticas de interés científico, pocos de estos se enfocan en el componente experimental o bien la formación docente no aborda adecuadamente cómo integrar las prácticas experimentales en el aula, lo que resulta en una falta de confianza y habilidad entre los profesores para llevar a cabo estas actividades esenciales. Por otro lado, la falta de una infraestructura adecuada y recursos adecuados a menudo deja a los educadores luchando por implementar métodos experimentales efectivos (Capuya et al., 2023). Bajo estos escenarios, las nuevas formas de enfrentar estos desafíos, y que han demostrado ser efectivos en distintos contextos, se basan en la inclusión de recursos tecnológicos mediados en su mayoría por entornos digitales, o bien, que puedan desplegarse desde dispositivos electrónicos dentro del aula (Arguedas et al. 2023).

Laboratorios Remotos: Facilitadores de la innovación educativa.

Ante la escasez de recursos físicos, los LR emergen como una solución innovadora y accesible. Estos laboratorios permiten la realización de experimentos de forma virtual, eliminando las barreras físicas y económicas que muchas escuelas enfrentan. Según Idoyaga et al., (2021), los LR pueden replicar y, en algunos casos, mejorar las condiciones de un laboratorio físico tradicional, ofreciendo nuevas posibilidades pedagógicas que integran elementos virtuales y presenciales para enriquecer la experiencia educativa, lo que permite la apropiación y construcción del conocimiento por parte del estudiante de una manera holística.

El Modelo del Laboratorio Extendido y su impacto.

El modelo del Laboratorio Extendido (LE), que combina componentes presenciales y virtuales, ofrece una plataforma flexible y escalable para la enseñanza experimental (Idoyaga et al., 2020). Como se ha visto en decenas de trabajos planteados por los equipos de trabajo del

Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Universidad de Buenos Aires (pioneros de este modelo) y el Laboratorio de Experimentación Remota de la Universidad Estatal a Distancia, este modelo incorpora distintos recursos que pueden integrar en secuencias didácticas para programas de formación docente e implementación en el aula y lograr la asociación de conceptos teóricos a través del estudio de fenómenos naturales en ciencias sin la necesidad de inversiones considerables en infraestructura y equipos, donde se destacan los LR como el recurso tecnológico más potente en este sentido (Montero, 2022).

Esto es especialmente valioso en disciplinas como la biología, donde los equipos representan un alto costo monetario y la manipulación de muestras y observaciones detalladas son fundamentales. Los LR permiten una adaptación a diferentes niveles educativos y necesidades de aprendizaje, proporcionando una herramienta educativa valiosa para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en ciencias. Se puede observar cómo, mediante la diversificación de interfaces y el uso estratégico de representaciones visuales y narrativas, se puede revitalizar la enseñanza experimental y enfrenta desafíos contemporáneos en educación. Sin embargo, se subraya la crítica necesidad de evaluación formativa que alinee con las innovaciones pedagógicas del LE, propuestas con un enfoque más interactivo y aplicado que conecta teoría con práctica profesional y sociocientífica (Idoyaga, 2023).

El Laboratorio Remoto de microscopio.

Los laboratorios remotos son recursos virtuales que permiten la experimentación a través de un conjunto de *software* y *hardware*, su acceso se realiza por medio de Internet y con disponibilidad 24/7 (Arguedas et al., 2022). El ingreso a estos se realiza por medio de una interfaz de un sitio web autorizado. Entre estos se destacan los laboratorios remotos en tiempo real, los cuales consisten en la experimentación a través de una plataforma virtual, donde el usuario realiza el experimento en línea, mientras un equipo en un espacio físico designado lleva a cabo el experimento simultáneamente. Por otro lado, están los laboratorios remotos ultraconcurrentes, que, por su naturaleza, permiten la masificación, al soportar gran número de usuarios de forma simultánea, en este el usuario trabaja con equipo real, pero no en tiempo real (Elizondo-Blanco, Obando-Viquez, y Arias-Navarro, 2024).

Estos últimos laboratorios se diseñan mediante la automatización de una serie de grabaciones, estas son almacenadas en la nube y optimizadas en bibliotecas de código abierto como WebLabLib. Al ser experimentos reales, incluyen error experimental asociado, lo que hace que las experiencias varíen cada vez que se ingresa de forma virtual a la interfaz (Orduña et al, 2019). Es importante destacar que en ambas modalidades de laboratorios remotos se utilizan datos reales y no simulaciones, así como que se llevan registros de ingresos lo que favorece un seguimiento del proceso de aprendizaje del usuario y contribuyendo a la experiencia docente.

Como parte de estas tecnologías, el uso de microscopios virtuales en entornos de aprendizaje virtual ha emergido como una respuesta innovadora a los desafíos pedagógicos en la educación en ciencias naturales, especialmente en el contexto post-pandemia. Estos recursos, integrados en plataformas de aprendizaje como Moodle y Blackboard, han mostrado ser cruciales para superar barreras de acceso y mejorar la interacción y el compromiso de los estudiantes en disciplinas científicas. Este tipo de laboratorios no solo ofrecen alternativas logísticas y económicas a los laboratorios físicos, sino que también pueden alcanzar o incluso superar la efectividad de los métodos tradicionales en términos de resultados de aprendizaje (Herodotou et al., 2021). Sin embargo, los laboratorios virtuales y las simulaciones poseen ciertas limitaciones a la hora de generar experiencias alineadas a los comportamientos reales, ya que se tiene datos programados de manera teórica y estos distan muchas veces de los datos y resultados esperados en fenómenos naturales.

Ante estas limitaciones el Laboratorio Remoto Ultraconcurrente de Microscopio desarrollado por el laboratorio de Experimentación Remota de la UNED, responde a una carencia de LR en el área de biología, y a la falta de acceso a laboratorios y equipos que limita la formación práctica de los estudiantes en esta área. En particular, los procesos biológicos suelen ser irreversibles y requieren el uso de material biológico que, a menudo, resulta complicado trabajar en línea. En este contexto, los laboratorios ultraconcurrentes, que utilizan imágenes y grabaciones de material real, se presentan como una solución versátil que se alinea con los objetivos de estudio. Este laboratorio remoto no solo emula el uso del microscopio, sino también la secuencia del trabajo experimental característico de un laboratorio físico. A diferencia de otros laboratorios de este tipo, las imágenes observadas provienen de muestras, instrumentos y equipo real, lo que acerca a la realidad la experiencia educativa.

Este laboratorio ofrece una experiencia de aprendizaje inmersiva e intuitiva. Al inicio, los usuarios reciben una introducción mediante un video explicativo y un diagrama del microscopio. Luego, pueden elegir entre muestras de células animales y vegetales, y realizar preparaciones de muestra. Este enfoque permite a los usuarios manipular instrumentos y equipo, permitiéndoles visualizar estructuras celulares a aumentos de hasta 1000X, y comprender mejor la biología a través de un entorno virtual que incluye sonidos y una interfaz atractiva, siendo la característica distintiva del laboratorio su total interactividad con el usuario, lo que permite a estos no solo observar, sino también participar activamente en todo el proceso experimental. Al combinar elementos sensoriomotores y visuales, este laboratorio se asemeja a la experiencia real de un laboratorio *Hands-On*.

Este estudio busca describir la percepción de los profesores de primaria y secundaria que han participado en un taller donde usan por primera vez un laboratorio ultraconcurrente de un

microscopio. Planteando la respuesta a la interrogante de cómo estos laboratorios pueden transformar la enseñanza de las ciencias, superando los desafíos tradicionales y mejorando la calidad educativa en contextos limitados por recursos físicos y económicos.

Metodología.

El taller se diseñó en sesiones de 45min cada una y se llevó a cabo en dos etapas: la primera con el uso del Laboratorio ultraconcurrente y luego, una segunda en un Laboratorio *Hands-On*. Ambas etapas abarcan los mismos objetivos experimentales de aprendizaje, siguiendo la secuencia: 1. Instrucciones generales e introducción, 2. Selección de muestras, 3. Montaje de muestras, 4. Observación de muestras en microscopio óptico y toma de resultados.

Etapa 1: Experiencia experimental Laboratorio ultraconcurrente.

La etapa inicial del taller, se realizó utilizando el laboratorio ultraconcurrente de microscopía. Los participantes recibieron acceso al laboratorio por medio de LabsLand, utilizando laptops y computadoras de escritorio con acceso a Internet. En la sección de introducción, los docentes observaron un video sobre el procedimiento, el equipo y los cuidados necesarios, así como un diagrama de las partes del microscopio (figura 1, a). Seguidamente, los docentes seleccionaron una de las seis muestras biológicas disponibles (células vegetales y animales) y pasaron a la sección de montaje de la muestra seleccionada (figura 1, b), realizando lo indicado mediante la manipulación de instrumentos de laboratorio en un entorno virtual (figura 1, c). Por último, los docentes pasaron al apartado de observación, donde utilizaron un microscopio que emula la manipulación del equipo real, permitiendo la colocación de diferentes aumentos (4x, 10x, 40x, 100x) y funciones como el ajuste de luz, enfoque, visualización con aumento y toma de capturas de imagen, así como cuidados en la manipulación (Figura 1, d). Posteriormente, se repitió el proceso con todas las muestras para reforzar su práctica.

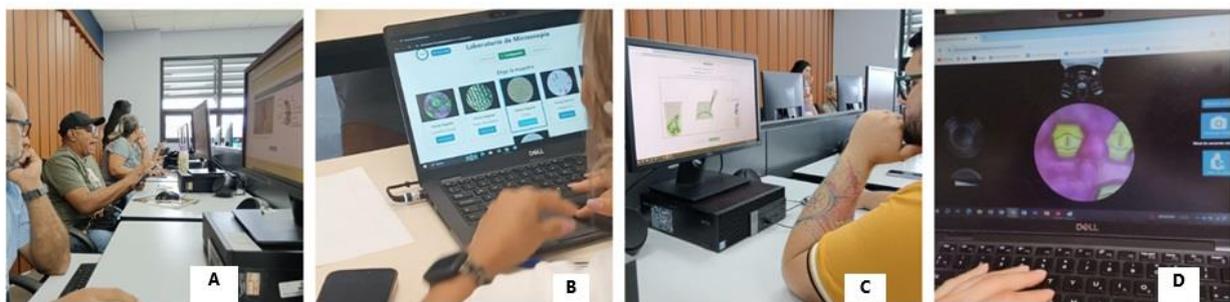


Figura 1. Uso de Laboratorio Ultraconcurrente de Microscopio Óptico, secuencia experimental: a. Instrucciones generales, b. Selección de muestras, c. Montaje de muestras, d. Observación de muestras en microscopio óptico y toma de resultados.

Etapa 2: Experiencia experimental Hands-On.

En esta etapa del taller, denominada Laboratorio *Hands-On*, los docentes se trasladaron a un laboratorio físico, donde se les brindó las instrucciones sobre normas de seguridad y la manipulación de instrumentos y equipos (figura 2, a). Durante esta fase, los docentes trabajaron en el montaje de diversas muestras, que incluían células de cebolla, *Elodea* sp, *T. zebrina* y células del epitelio bucal de ellos mismos (figura 2, b). Utilizando diagramas de flujo como guía, replicaron el procedimiento aprendido en el laboratorio remoto, llevando a cabo tanto el montaje con instrumentos (figura 2, c), como la observación en equipo físicos (figura 2, d).

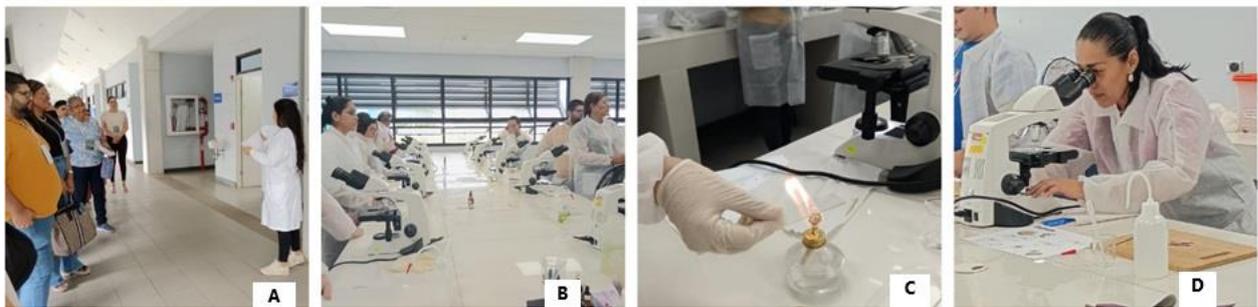


Figura 2. Uso de Laboratorio *Hands-On* de Microscopio Óptico, secuencia experimental: a. Instrucciones generales, b. Selección de muestras, c. Montaje de muestras, d. Observación de muestras en microscopio óptico y toma de resultados.

Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se confeccionó un cuestionario basado en la propuesta de Heck (2017), el cual se sometió a un proceso de validación mediante el juicio de expertos, el instrumento consta de 15 ítems estructurado de la siguiente manera: 11 preguntas de selección única (tabla 1) mediante una escala Likert y 2 preguntas cerradas que indagan sobre el nivel educativo que imparten y la institución a la que pertenecen los docentes, y 2 preguntas abiertas.

Se emplea la escala Likert de cinco puntos para evaluar las respuestas, que se conforma de la siguiente manera: Totalmente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni en desacuerdo ni de acuerdo (3), De acuerdo (4) y Totalmente de acuerdo (5). Enfocando las preguntas en tres categorías principales, siendo estas la satisfacción del usuario del laboratorio remoto (P1 a P3), así como la calidad de la experiencia de aprendizaje (P4 a P8) y la adaptabilidad del recurso en los distintos contextos para alcanzar los objetivos educativos establecidos (P9 a P11).

Código	Pregunta
P1	La plataforma del laboratorio remoto fue fácil de usar y accesible.
P2	Me siento satisfecho/a con el uso del laboratorio remoto.
P3	El laboratorio remoto permite al usuario repetir experimentos de manera más flexible que en el laboratorio presencial.
P4	El laboratorio remoto me permitió comprender el proceso de preparación de la muestra tan bien como en el laboratorio presencial.
P5	La calidad de las observaciones obtenidas en el laboratorio remoto fue comparable a la del laboratorio presencial.
P6	El laboratorio remoto proporciona una experiencia de aprendizaje que es complementaria a la del laboratorio presencial.
P7	¿El laboratorio remoto ofrece los recursos suficientes para alcanzar los mismos objetivos de aprendizaje que se logran en la práctica presencial?
P8	La experiencia en el laboratorio remoto fue lo suficientemente inmersiva como para emular una experiencia presencial.
P9	Me sentí más confiado/a utilizando el equipo real en el laboratorio presencial luego de haber utilizado la plataforma remota.
P10	Considero que el laboratorio remoto se adapta bien a las estrategias de mediación que utilizo en mi enseñanza.
P11	El laboratorio remoto es adecuado para reforzar conceptos teóricos antes de la práctica presencial.

Tabla 1. Preguntas del cuestionario de percepción de los estudiantes.

Las preguntas abiertas se diseñaron para explorar no solo la percepción del recurso en términos de usabilidad, sino también su efectividad comparativa con laboratorios *Hands-On* y el potencial de su integración en el currículo de ciencias para estudiantes de secundaria y primaria.

Pregunta 1. ¿Cómo describirías tu experiencia general utilizando el laboratorio remoto en comparación con el laboratorio presencial?

Pregunta 2. Recomendaría la integración del laboratorio remoto como recurso complementario en el currículo de ciencias para estudiantes de secundaria y primaria. ¿Por qué?

El cuestionario fue administrado al finalizar el taller mediante la plataforma *Google Forms*.

Tratamiento de datos.

Una vez aplicados los instrumentos a los participantes se realizó la recopilación de los datos y se trabajó en su tratamiento siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Las preguntas tipo Likert fueron agrupadas en frecuencia de respuesta en un gráfico que muestra las frecuencias relativas y una tabla integrada que muestra la frecuencia absoluta.
2. Además del gráfico se estableció la estadística descriptiva de tendencia central (moda y mediana) utilizando el Software *IBM SPSS Statistics* versión 29.
3. Para el caso de las preguntas de respuesta abierta, se sometió a análisis de contenido con el software *Atlas.ti* versión 8.

En todos los casos, la participación fue completamente voluntaria. Se obtuvo el consentimiento informado de los participantes y se garantizó que los datos personales fueran tratados de manera confidencial y codificada.

Resultados y Discusión.

El taller reunió a 15 docentes de ciencias de la dirección regional de Puntarenas, Costa Rica, de estos docentes, 12 trabajan en educación secundaria y 3 en educación primaria. En figura 3 se muestra la percepción de profesores participantes luego de usar el LR de microscopio, donde las frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo en cada una de las 11 preguntas estudiadas. Donde se observa que las percepciones son predominantemente positivas sobre la experiencia con el LR. En este se visualizan porcentajes igual o superiores al 80% en la opción de “total acuerdo” y un aproximado de 13.33% en “de acuerdo”, lo que indica que cerca del 90% de los encuestados se posicionan en las escalas más favorables con lo planteado en los ítems. Esta tendencia se confirma en la tabla 2, donde se presentan medianas y modas de 5, el valor más alto de la escala, para todos los enunciados.

Un 86.67% de los participantes consideró que la plataforma es fácil de usar y accesible (P1). Asimismo, expresaron satisfacción con la capacidad del laboratorio para permitir la repetición flexible de experimentos, destacando la importancia de su accesibilidad ilimitada (P2 y P3). La representación virtual de la preparación de muestras fue valorada positivamente, ya que facilita la comprensión y es comparable a la experiencia en un laboratorio presencial (P4). El



80% de los encuestados coincidió en que la experiencia fue inmersiva, similar a la presencial. Sin embargo, se identificó un 6.67% que no se posicionó ni en desacuerdo ni en acuerdo, sugiriendo un margen de mejora en la experiencia (P5).

En relación con la adaptabilidad del recurso en diferentes contextos educativos, el 80% y 20% catalogan en total acuerdo o acuerdo, en la integración del recurso adecuadamente en sus estrategias de enseñanza y además, lo perciben también como útil para una experiencia complementaria (P6). A pesar de que la mayoría de los porcentajes son positivos, es fundamental considerar el 6.67% de docentes que se mostraron neutrales en la evaluación. Aunque representan una minoría, sus perspectivas pueden guiar mejoras en el desarrollo del laboratorio. El instrumento destaca la necesidad de incorporar más recursos y aumentar la inmersión en el proceso de aprendizaje, lo que permitirá optimizar la plataforma, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la eficacia para el aprendizaje (P7 y P8).

Finalmente, se logró observar un alto nivel de acuerdo en el hecho de que este recurso es adecuado para desarrollar los objetivos de aprendizaje que se planteen en los distintos contextos que de los que provienen los profesores, ya que brinda confianza al usuario, es un recurso adaptable a estos contextos y permite reforzar los conceptos aprendidos durante el desarrollo de la clase teórica (P9, P10 y P11).

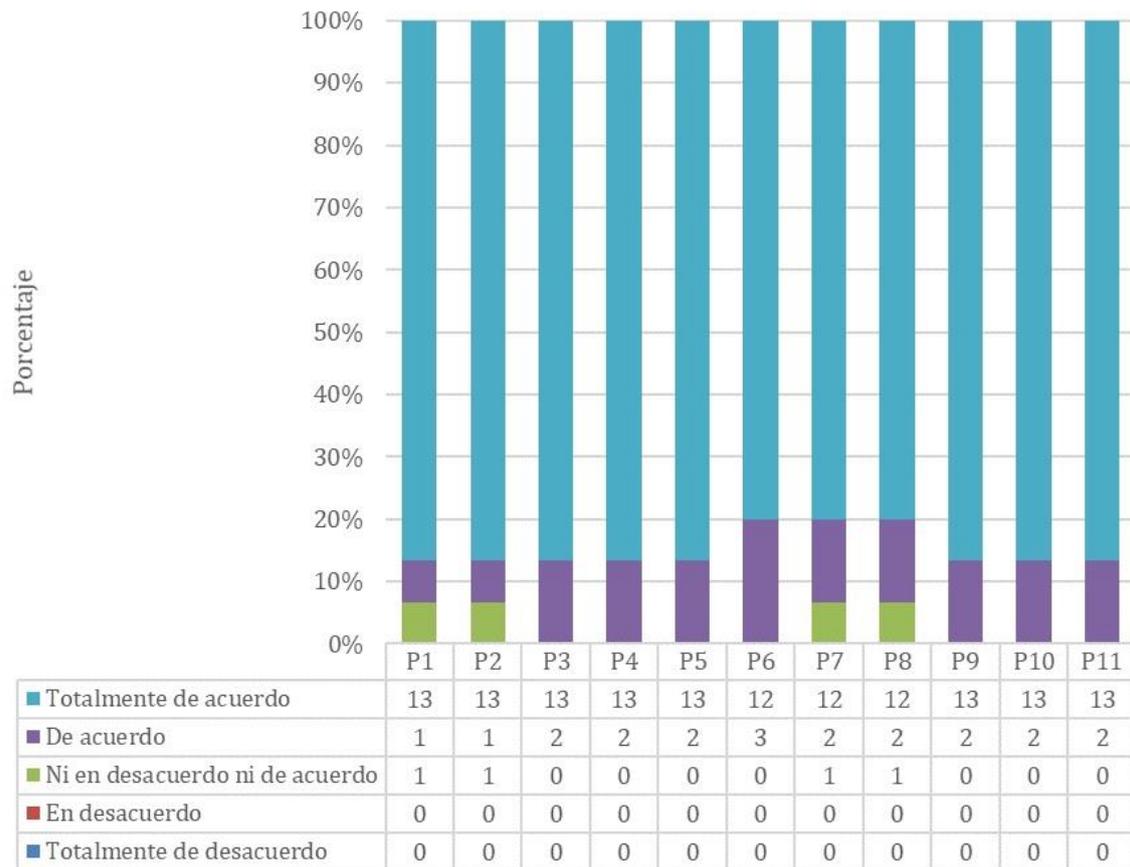


Figura 3. Frecuencias absolutas y los porcentajes obtenidos para cada grado de acuerdo en cada una de las 11 preguntas estudiadas

Pregunta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Moda	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mediana	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de tendencia central (moda y mediana), para las 11 preguntas

La primera pregunta abierta sobre la experiencia general utilizando el laboratorio remoto en comparación con el laboratorio presencial revelan tendencias entre los docentes participantes, por lo que se agrupan las respuestas según la inclinación en tres categorías, estas se aprecian en la tabla 3, donde la mayoría (47%) describieron su experiencia como satisfactoria, lo que sugiere una aceptación generalizada de los docentes sobre el uso del recurso. Indicando que, a pesar de ser un recurso experimental mediado por entornos digitales, los docentes encontraron valor en el laboratorio remoto, de ahí la importancia de que los docentes reciban una buena formación para que puedan realizar una adecuada selección de recursos tecnológicos y el uso eficaz de los mismos (Real, Mora y Contreras, 2024).

Por otro lado, un 33% de los docentes calificó su experiencia como enriquecedora, por lo que visualizan el laboratorio remoto como un recurso útil que podría mejorar la enseñanza al permitir la exploración de nuevas metodologías de experimentación. El 20% de los participantes consideró el laboratorio remoto como interesante, destacando factores como la inmersión y la interacción como los más sobresalientes, siendo interés por un recurso educativo un elemento clave que impulsa la motivación de los usuarios, la cual está estrechamente relacionado con el aprendizaje, ya que los estudiantes interesados se comprometen más profundamente con el proceso educativo (Sandoval et al., 2022).

Categorías	F	Fr
Enriquecedora	5	0.33
Satisfactoria	7	0.47
Interesante	3	0.20
total	15	1.00

Tabla 3. Preguntas del cuestionario de percepción de los docentes

Finalmente, respecto a la segunda pregunta de respuesta abierta, el 100% de los participantes contestó de manera afirmativa en el hecho de que recomendaría la integración del laboratorio remoto como recurso complementario en el currículo de ciencias para estudiantes de secundaria y primaria. Esto denota el grado de satisfacción que se observó también en la Figura 3. Parte de los motivos que impulsan a esta decisión se respaldan en el hecho de que los profesores lograron observar que este recurso es idóneo para entender aspectos básicos del funcionamiento de equipo de laboratorio, como se observa en la respuesta del profesor 2.

Profesor 2: “Para el conocimiento en el uso de equipo de laboratorio”

Por otro lado, se logra comprobar que estos recursos representan un insumo muy valioso para la experimentación en instituciones, que, como se ha mencionado, no cuentan laboratorios en su centro educativo (profesor 9), y que representa un recurso útil para el abordaje de los contenidos, permitiendo a los estudiantes ese realismo que se tiene en el laboratorio *Hands-On* (profesor 11).

Profesor 9: “Si especialmente en aquellas instituciones que no cuentan con laboratorios físicos de ciencias”

Profesor 11: “Porque va a permitir observar de primera mano los contenidos de la célula, inclusive para aquellas instituciones que no cuentan con equipos de laboratorio capaz de poder los alumnos vivir la experiencia de convivir y preparar muestras para

laboratorio.”

También existen profesores que analizan el potencial de estos recursos como un complemento para la actividad experimental presencial, tal es el caso del profesor 13.

Profesor 13. “Claro que sí. Serviría para que el laboratorio remoto se utilice como teoría o como de manera asincrónica, y luego aplicarlo en físico en el laboratorio.”

Conclusiones y prospectivas.

Esta investigación ha destacado la capacidad de este recurso para facilitar un aprendizaje profundo y autónomo, promoviendo habilidades de pensamiento crítico y analítico esenciales para las ciencias naturales. Sin embargo, la integración efectiva de estas tecnologías requiere no solo de los insumos adecuados (dispositivos electrónicos y conectividad), sino también de un proceso de formación y acompañamiento docente que permita a estos últimos la capacidad integrar estos recursos en sus clases, desarrollando la capacidad de adecuarlos a las necesidades educativas que demanda su contexto.

Las tecnologías tienen un auge considerable en la actualidad y son herramientas potentes que, como se ha demostrado, pueden ser empleadas para facilitar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, sobre todo en las ciencias naturales, donde se han experimentado algunos rezagos relacionados a la implementación del componente experimental.

A modo de prospectiva, el desarrollo de las tecnologías como los laboratorios remotos no se queda en ideas innovadoras como las presentadas en este LR de microscopio, sino que ya se apunta a la integración de la Inteligencia Artificial como un componente no solo importante, sino necesario para los procesos de formación de estudiantes que deben de ir adaptando, de forma ética y responsable, la incorporación de estas tecnologías en su vida como parte de los procesos de globalización actuales y futuros. Esto permitirá crear competencias y habilidades a las que se han integrado en el sistema educativo clásico.

Referencias bibliográficas.

- Arguedas-Matarrita, C., Montero-Miranda, E., Lizano-Sánchez, F., Varela, G., Maeyoshimoto, J.E., Medina, G. & Idoyaga, I. (2023). Promotion of Remote Experimentation in Three Latin American Countries. In: Auer, M.E., El-Seoud, S.A., Karam, O.H. (eds) *Artificial Intelligence and Online Engineering. REV 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 524*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17091-1_14
- Ávalos-Dávila, C., & Arguedas-Matarrita, C. (2024). Fomento de habilidades científicas en estudiantes de la carrera de EGB I y II Ciclos: una experiencia inter cátedras. *Repertorio Científico*, 27(Especial), 17–31. <https://doi.org/10.22458/rc.v27iEspecial.5270>
- Capuya, F., Montero-Miranda, E., Arguedas-Matarrita, C., & Idoyaga, I. (2023). Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia de la COVID. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(38), 246-259. <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4121>
- Elizondo-Blanco, D. G., Obando-Viquez, M. P., & Arias-Navarro, E. (2024). La evaluación de contenidos teóricos en asignaturas de física mediante las actividades experimentales. *Repertorio Científico*, 27(Especial), 93–105. <https://doi.org/10.22458/rc.v27iEspecial.5276>
- Heck, Carine. (2017). *Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, Brasil. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/179798>
- Herodotou, C., Aristeidou, M., Scanlon, E., & Kelley, S. (2021). Virtual Microscopes and Online Learning: Exploring the Perceptions of 12 Teachers About Pedagogy. *Journal of Interactive Media in Education*, 2021(1). <https://doi.org/10.5334/jime.565>
- Idoyaga, I. J. (2023). El laboratorio extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(especial), 45-59. <https://dx.doi.org/10.22458/ie.v25iespecial.5083>
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E., Maeyoshimoto, J. E., Capuya, F. G. y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos. *Educación Química*, 32(4). 154-176. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>
- 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. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17>
- Montero Miranda, E. (2022). Laboratorios Remotos: *Una alternativa complementaria de las actividades experimentales presenciales en química para disminuir el impacto ambiental generado por el laboratorio de valoración ácido-base en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica*. [Tesis de Maestría, Instituto Centroamericano de Administración Pública].

- Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., Angulo, I., Hernández, U., Villar, A., & García-Zubia, J. (2019, February). WebLabLib: new approach for creating remote laboratories. *In International conference on remote engineering and virtual instrumentation* (pp. 477-488). Springer, Cham.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2024). *Sesgos codificados: La subrepresentación de las mujeres en STEM en América Latina y el Caribe*. Recuperado de <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/sesgos-codificados-la-subrepresentacion-de-las-mujeres-en-stem-en-america-latina-y-el-caribe>
- Programa Estado de la Nación. (2011). *Tercer Informe Estado de la Educación*. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación. Recuperado de <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/675>
- Programa Estado de la Nación. (2023). *Noveno Informe Estado de la Educación*. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación. Recuperado de <https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2023/08/EE-2023-Book-DIGITAL.pdf>
- Quesada-Solís, M., & Montero-Miranda, E. (2022). El uso de actividades experimentales simples para la enseñanza de geometría molecular: El caso de las cajas didácticas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34(Número Especial), 267-274. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/39737>
- Real Roby, R. A., Mora Herrera, E. Y., & Contreras Moscol, D. F. (2024). Hacia un futuro sostenible: el impacto transformador de la tecnología educativa en la educación superior. *Revista InveCom*, 4(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10558708>
- Sandoval, O. G. V., Alendes, A. M. H., Mendoza, J. C., Cabanillas, P. E. S., Bonifacio, H. C. M., & Vilca, C. S. V. (2022). Aprendizaje significativo en el contexto de la pandemia. Una revisión sistemática. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(23), 458-465. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i23.348>
- Sanz, R., & López-Luján, E. (2022). Aprendizajes educativos como consecuencia de la pandemia COVID-19. ¿Qué papel debe jugar la escuela en el nuevo escenario mundial? *Revista Complutense de Educación*, 33(2), 215-223. <https://dx.doi.org/10.5209/rced.73928>.