

Laboratorios Remotos para la Enseñanza de las Ciencias: Implementación en un Colegio Costarricense

Remote Laboratories for Science Teaching: Implementation in a Costa Rican School

Luis Felipe Paniagua Orozco¹

<https://orcid.org/0009-0004-9519-5214>

Fiorella Lizano-Sanchez²

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

María Paula Obando Viquez³

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

Carlos Arguedas Matarrita⁴

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

Paniagua Orozco, L., et al. (2025). Laboratorios remotos para la enseñanza de las ciencias: implementación en un colegio costarricense. *Revista Nuevas Perspectivas*, 4 (7), 1-15.

[ark:/s29533996/2icuddogk](https://doi.org/10.29533996/2icuddogk)

Fecha de recepción: 14/12/2024

Fecha de aceptación: 23/04/2025

Resumen: Los desafíos actuales en la calidad y equidad de la educación secundaria en Costa Rica, plantean la incorporación de nuevas estrategias educativas que fortalezcan el aprendizaje experimental en ciencias, ante este panorama la tecnología se convierte en un recurso educativo con un alto potencial de impacto. Como parte de un plan piloto se utilizaron Laboratorios Remotos (LR) en asignaturas de ciencias para diversificar las estrategias de enseñanza en el Colegio Nacional de Educación a Distancia (CONED). El objetivo de este artículo es mostrar la experiencia educativa de los

¹ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: lfpaniagua@uned.ac.cr

² Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: flizanos@uned.ac.cr

³ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: movandov@uned.ac.cr

⁴ Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Contacto: carguedas@uned.ac.cr

estudiantes del CONED de las asignaturas de Ciencias y Biología al utilizar Laboratorios Remotos. Se siguió una metodología mixta y se aplicó una encuesta para determinar la percepción de los estudiantes sobre el uso de LR en el CONED. Se utilizaron cuatro distintos laboratorios para los niveles de séptimo, octavo, noveno y undécimo. Se muestran resultados positivos en cuanto a usabilidad, percepción del aprendizaje y satisfacción, además se encontraron ventajas como la experiencia del aprendizaje, acceso y flexibilidad, visualización gráfica y motivación, no obstante, también se encontraron limitaciones tecnológicas, falta de apoyo docente y diseño del laboratorio. La integración de LR en el CONED ha demostrado tener un efecto positivo en el desarrollo de habilidades prácticas y aumentar la motivación para el aprendizaje a través de la experimentación a distancia. Esto representa un camino prometedor para avizorar un uso extensivo de LR en la educación secundaria costarricense.

Palabras clave: laboratorios remotos, educación a distancia, escuela media

Abstract: The present challenges in the quality and equity of secondary education in Costa Rica call for the incorporation of new educational strategies to strengthen experiential learning in science. Technology has become an educational resource with a high potential impact. As part of a pilot programme, Remote Laboratories (RL) were employed in science subjects to diversify teaching strategies at the National College of Distance Education (CONED). The objective of this article is to demonstrate the educational experience of CONED students in Science and Biology subjects using Remote Laboratories. Four different laboratories were used for the seventh, eighth, ninth and eleventh grades. The study yielded positive outcomes in terms of usability, learning perception and satisfaction, along with advantages such as learning experience, access and flexibility, graphic visualisation and motivation. However, the investigation also identified technological limitations, lack of teaching support and laboratory design. The integration of LR in CONED has been shown to have a positive effect on the development of practical skills and to increase motivation for learning through distance experimentation. This represents a promising way to envision an extensive use of LR in Costa Rican secondary education.

Keywords: remote laboratories, distance education, high school

Introducción

En el contexto educativo actual, es necesario que la educación secundaria integre tecnologías que puedan impactar el proceso de enseñanza y aprendizaje. La integración de la tecnología en el ámbito educativo se presenta como un componente fundamental para el fortalecimiento del trabajo experimental que es necesario en la educación en ciencias (Programa Estado de la Nación, 2023).

Según el noveno Informe del Estado de la Educación (2023), Costa Rica enfrenta una serie de desafíos educativos que amenazan la calidad y equidad de la educación en el país. Como resultado, los estudiantes avanzan en el sistema educativo con una preparación deficiente, lo que afecta su capacidad para tener éxito en niveles educativos superiores, en especial la educación universitaria en carreras de corte STEM.

Ante este panorama educativo, se ha presentado un proyecto de Ley que pretende establecer una legislación nacional que promueva las capacidades STEM fomentando el trabajo experimental por medio de LR aprovechando las ventajas de estos recursos en todo el sistema educativo costarricense (Expediente N.º 24.038).

Los LR son recursos educativos que integran *Software* y *Hardware* permitiendo realizar una actividad experimental a través de Internet. Existen dos tipos de laboratorios (Figura 1) en tiempo real (LTR) y ultra concurrentes (LU). En el primer caso se realiza un experimento que genera medidas en tiempo real, en el cual se manipula un equipo de manera sincrónica mientras el estudiante observa los fenómenos a través de una cámara web (Arguedas-Matarrita et al., 2019). En el segundo caso, se utilizan datos de experimentos reales que con el desarrollo adecuado busca emular la experiencia que se realizaría en el laboratorio presencial (Narasimhamurthy et al., 2020).

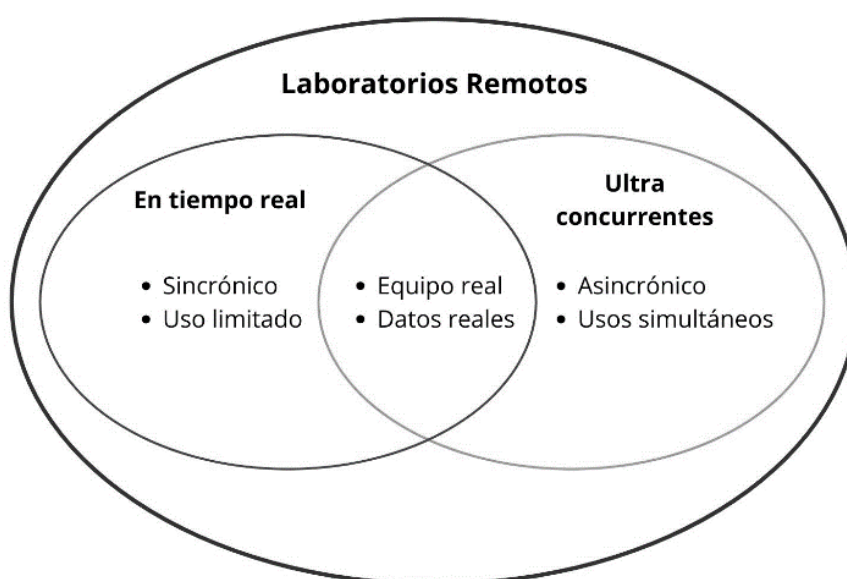


Figura 1. Características de los tipos de Laboratorios Remotos.

Estos se han utilizado como una solución tecnológica que ofrece experiencias prácticas desde edades tempranas (Silva et al., 2025), fomentando el desarrollo de habilidades científicas necesarias para la construcción de bases sólidas para el aprendizaje STEM (García-Zubía et al., 2023).

En este trabajo se presenta la implementación y adaptación de LR y secuencias de aprendizaje en el CONED, el cual forma parte del Departamento de Educación de Personas Jóvenes y Adultas del Ministerio de Educación Pública (MEP). La modalidad se basa en el modelo de educación a distancia, y es el primer colegio en Latinoamérica con esta modalidad.

La mayor parte del proceso de enseñanza y aprendizaje del CONED se lleva a cabo de manera virtual, utilizando el sistema de gestión de aprendizaje Moodle, el mismo empleado por la UNED. A través de

esta plataforma se gestiona la mediación pedagógica y se establecen las actividades académicas de cada asignatura.

Este artículo tiene como objetivo mostrar la experiencia educativa de los estudiantes del CONED de las asignaturas de Ciencias y Biología al utilizar Laboratorios Remotos.

Descripción de los Laboratorios Remotos utilizados en el CONED

Respiración celular

Este laboratorio (Figura 2a) permite al usuario medir la liberación de dióxido de carbono emitido por semillas, esto permite explorar su respiración, así como los cambios en la tasa de liberación al modificar las condiciones experimentales. Cuenta con tres secciones: introducción, configuración y observación. En la primera se observa un video que explica conceptos básicos de la experiencia y la configuración del equipo, la segunda permite elegir el pH de activación (activado en agua destilada, en solución de ácido acético y sin activar), por último, en la tercera sección se observa la vista frontal del experimento que incluye la interfaz, el sensor de CO₂ y el contenedor de las semillas. Además, hay dos versiones: con gráfica y sin gráfica, en la primera se muestra una gráfica que se construye conforme avanza el experimento.

Planaria

El laboratorio (Figura 2b) brinda al usuario la oportunidad de realizar una práctica experimental utilizando planarias para estudiar los efectos de sustancias excitantes o depresoras sobre el sistema nervioso. A través de una plataforma virtual, se puede seleccionar entre cinco disoluciones acuosas, agua de estanque (control), azúcar, ginseng, cafeína y taurina; con distintas concentraciones. Una vez seleccionada la sustancia, se visualiza una interfaz para observar el comportamiento de la planaria en una caja Petri con fondo cuadriculado. El entorno incluye un contador manual (con botones para aumentar, disminuir o reiniciar el conteo) y un cronómetro, lo que permite registrar cuántas veces la planaria cruza una línea durante un período determinado de 5 minutos. Al finalizar, se puede reiniciar el experimento para probar otra sustancia y comparar sus efectos.

Radiactividad

Este laboratorio (Figura 2c) permite medir la intensidad de radiactividad de diferentes materiales utilizando un contador Geiger. El mismo cuenta con cuatro secciones: Introducción, Modo, Configuración y Observación. En la primera sección se muestra un diagrama del laboratorio, así como distintos elementos necesarios para la comprensión de la actividad experimental, la segunda sección permite elegir entre un modo básico y otro avanzado. La tercera sección despliega una interfaz que va a depender del modo elegido; si se elige “Básico” la configuración permite elegir la fuente, distancia, duración y número de repeticiones. Si se elige la opción “Avanzado” la configuración permite elegir las características anteriores y además el absorbedor. Finalmente, en la parte de observación se muestra el equipo con el cual se realiza la actividad experimental y los resultados.

Hojas de árbol

En este laboratorio (Figura 2d) es posible observar seis muestras de diferentes hojas bajo un microscopio. La interfaz es sencilla, y los usuarios pueden utilizar los controles para seleccionar la muestra. Dependiendo de la muestra, es posible observar detalles como el nervio central, sus nervios secundarios y otras características morfológicas. Las seis muestras corresponden a hojas de la especie *Eugenia pyriformis*, de la cual se proporciona información general sobre su nomenclatura, nombres populares, familia, categoría, zona climática, origen, altura y ciclo de vida.

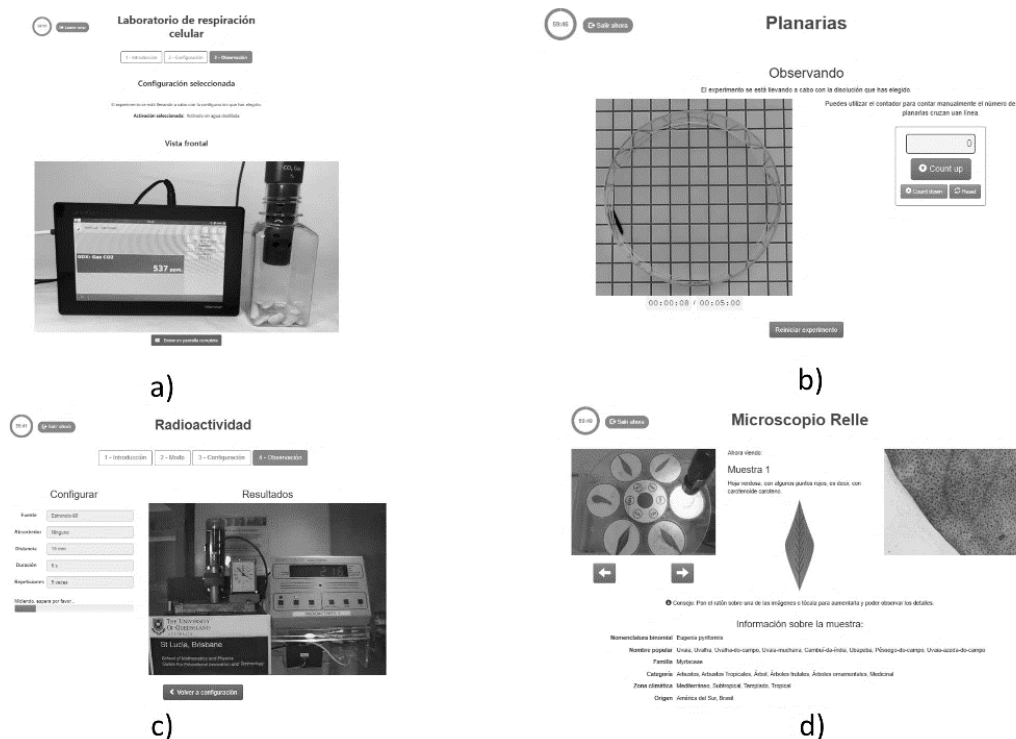


Figura 2. Laboratorios Remotos utilizados en el CONED.

Metodología

Se siguió una metodología mixta (Buendía, 1998) para determinar la percepción de los estudiantes sobre el uso de LR en el CONED. Como técnica de recolección de datos se aplicó una encuesta que se validó con criterio de expertos, la misma fue aplicada a estudiantes con edades entre 18 y 60 años que cursan la asignatura de ciencias y biología en los niveles de sétimo, octavo, noveno y undécimo. La misma consistió en 11 enunciados tipo Likert (Tabla 1), los mismos fueron vinculados a un nivel de acuerdo de 1 a 5, donde 1 indicó totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni en acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo. Estos enunciados se enfocaron en evaluar la usabilidad de los laboratorios, la percepción del propio aprendizaje y la satisfacción de los estudiantes. Además, se incluyeron dos preguntas abiertas que buscaban conocer las ventajas y limitaciones que presentaron los estudiantes al utilizar los LR.

Categorías	N°	Enunciado
Usabilidad	E1	Me gustaría que se integraran con mayor frecuencia actividades experimentales mediante Laboratorios Remotos en las clases.
	E2	La actividad experimental realizada con el Laboratorio Remoto fue sencilla de manejar.
	E3	La guía explicativa del laboratorio remoto me ayudó a seguir los pasos y entender la actividad.
	E4	Me sentí segura/o utilizando el laboratorio remoto y pude seguir todas las instrucciones sin problemas.
	E5	Este tipo de recurso se ajustan a mis necesidades como estudiante de educación a distancia.
Percepción de aprendizaje	E6	La actividad me ayudó a comprender mejor los conceptos de Ciencias o Biología vistos en clase.
	E7	Usar el laboratorio remoto me permitió relacionar los temas científicos con situaciones de la vida real.
	E8	Logré completar la recolección de datos, cálculos y respuestas que indicaba la guía del laboratorio remoto.
	E9	Considero que el laboratorio remoto no tuvo un impacto en mi aprendizaje.
Satisfacción	E10	Me gustaría que se incluyeran más actividades prácticas con Laboratorios Remotos en otros cursos.
	E11	Me sentí motivado/a y con interés al trabajar en la actividad experimental usando el laboratorio remoto

Tabla 1. Enunciados de usabilidad, percepción del aprendizaje y satisfacción, de la Escala Likert utilizada en el instrumento.

Luego, se realizó una exploración de los laboratorios que aloja LabsLand, para identificar los que se adaptaban a los contenidos y objetivos de los planes de estudio de cada nivel (Tabla 2). Como resultado, se determinó la siguiente distribución de LR por nivel: séptimo año “Hojas de árbol”, octavo año “Radiactividad”, noveno año “Planarias” y undécimo año “Respiración celular”. En cuanto a décimo año, no se encontró ningún laboratorio que se relacionara con el eje temático y el criterio de evaluación correspondientes.

Grado	Eje temático	Criterio de evaluación	Laboratorio remoto propuesto
Séptimo	Uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta.	Reconocer los aportes en los campos agrícola, industrial, salud pública, exploración espacial, entre otros, como resultado de los avances de la ciencia y la tecnología.	Hojas de árbol

Octavo	Uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta.	Reconocer las características de la radiactividad natural y artificial que pueden generar algunos elementos químicos.	Radiactividad
Noveno	Los seres vivos en entornos saludables, como resultado de la interacción de aspectos biológicos, socioculturales y ambientales.	Comprender la interrelación entre los aspectos anatómicos y fisiológicos de los sistemas del cuerpo humano, como parte de la salud personal.	Planarias
Undécimo	Uso sostenible de la energía y los materiales, para la preservación y protección de los recursos del planeta.	Analizar los principales sistemas de fijación y de emisión del carbono, la productividad primaria y secundaria, la acidificación de los océanos, la huella ecológica.	Respiración celular

Tabla 2. Criterios para la elección de los Laboratorios Remotos de cada nivel.

Una vez seleccionados los LR, se desarrolló una imagen interactiva que presenta la secuencia didáctica para guiar a los estudiantes en el desarrollo de la actividad experimental. La secuencia didáctica diseñada se estructuró en cinco etapas: (1) presentación de información teórica contextualizada, (2) introducción al contexto narrativo de la actividad, (3) realización de la actividad experimental mediante el uso del LR, (4) guía detallada para el acceso y uso del laboratorio remoto, y (5) análisis de resultados y elaboración de conclusiones.

Como actividad evaluativa se estructuró una tarea que consistió en una serie de preguntas orientadas al análisis e interpretación de los datos obtenidos en el laboratorio remoto, permitiendo así valorar el nivel de comprensión y apropiación del conocimiento científico por parte del estudiantado.

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados de 226 respuestas de estudiantes sobre el uso de LR en el CONED. La información se organizó en cuatro apartados: usabilidad, percepción del aprendizaje, satisfacción y preguntas abiertas, los cuales se detallan a continuación.

Usabilidad

En la primera categoría de usabilidad (Figura 3), se reflejan resultados positivos en E1 (integración de LR) con un 48,7% en el nivel 5, seguido por un 25,2% en el nivel 4. En el caso de E2 (manejo de actividad experimental), E3 (claridad de la guía) y E4 (seguridad al utilizar al LR) presentan porcentajes similares, todos por encima del 20% para el nivel 4 y del 40% para el nivel 5, lo que sugiere que los estudiantes

encontraron el manejo del laboratorio remoto intuitivo y las guías adecuadas para completar las actividades sin mayores dificultades. Adicionalmente, E5 (usabilidad en contextos de educación a distancia) presenta un 56,2% en el nivel 5 y un 19,9% en el nivel 4.

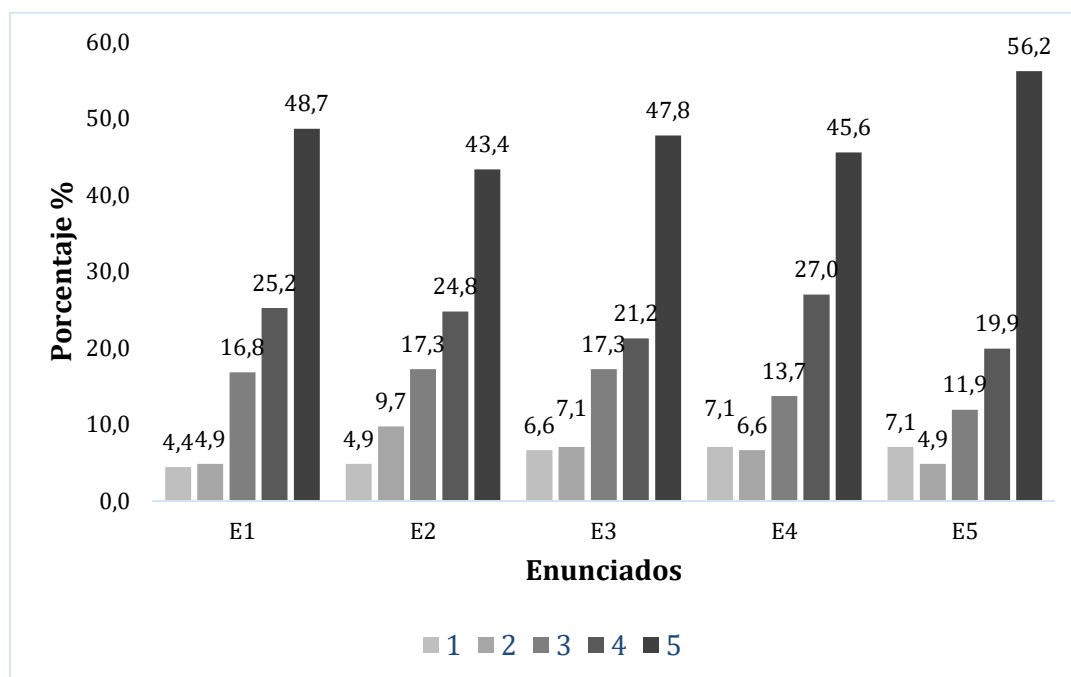


Figura 3. Porcentajes de la percepción de la usabilidad de los Laboratorios Remotos en el CONED.

Los resultados anteriores muestran que E5 es el enunciado con un mayor porcentaje de respuestas positivas (con un 76,1% entre los niveles 4 y 5), lo que indica que este recurso se ajusta a las necesidades del estudiantado de educación a distancia, reflejando la importancia de adaptar los recursos educativos a los distintos contextos de aprendizaje (Casado-Mansilla et al., 2023; Viquez et al., 2024).

Percepción del aprendizaje

Al analizar la categoría relacionada con la percepción del aprendizaje (Figura 4), E8 (Recolección de datos y cálculos) muestra un 54% en el nivel 5 y un 27% en el nivel 4. Un comportamiento similar se presenta en los enunciados E6 (comprensión de conceptos) y E7 (relación con la vida real) que alcanzan un 49,6% y un 45,6% en el nivel 5, y un 27% y un 33,6% en el nivel 4 respectivamente. Por otro lado, el ítem de control E9, redactado en forma negativa, obtuvo los porcentajes afirmativos más bajos, con un 27,4% en el nivel 5 y un 15,9% en el nivel 4, lo que quiere decir que la mayoría de los estudiantes no estuvo de acuerdo con que el laboratorio remoto careciera de impacto en su aprendizaje. Esto concuerda y reafirma la percepción positiva expresada en los otros enunciados.

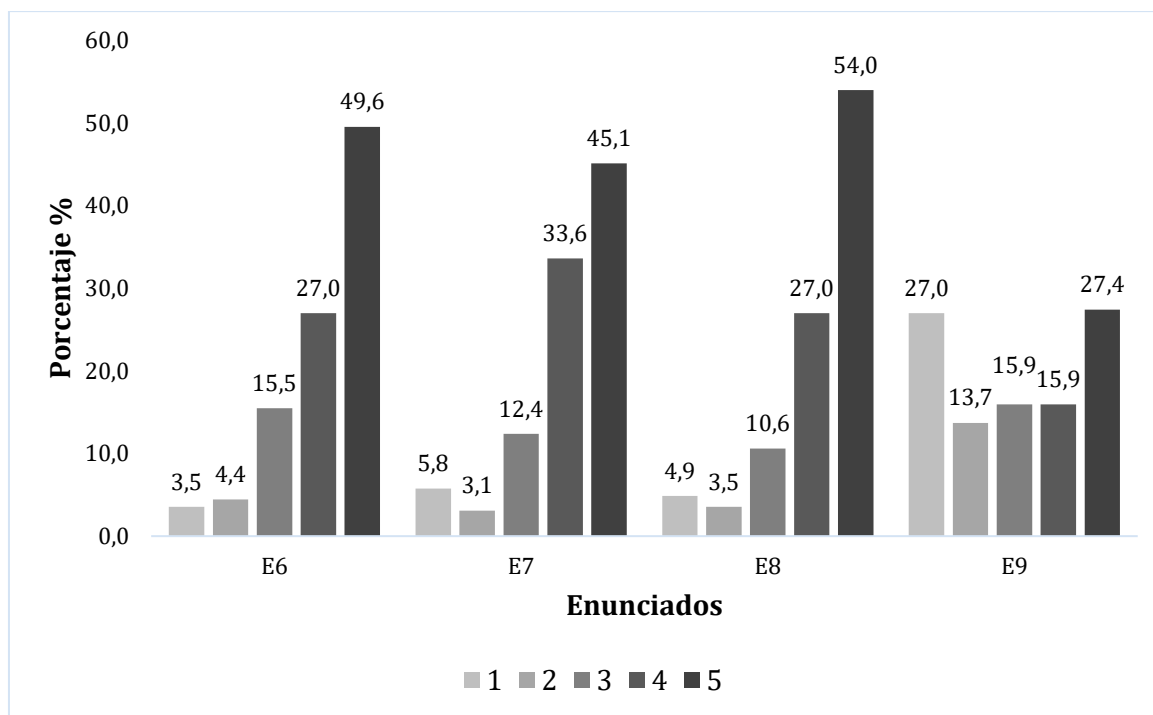


Figura 4. Porcentajes de la percepción del aprendizaje al utilizar los Laboratorios Remotos en el CONED.

Los datos indican que los LR no solo facilitan la usabilidad, sino que también aportan una valiosa contribución en el desarrollo de habilidades cognitivas y el aprendizaje conceptual a distancia, y que el diseño adecuado de las guías desempeña un papel fundamental en el fomento del aprendizaje autónomo en entornos virtuales (Gómez-Martínez et al., 2024).

Satisfacción

En la categoría de satisfacción (Figura 5), E10 (inclusión de actividades prácticas con LR) y E11 (motivación al utilizar LR) presentan respuestas en el nivel 5 del 44,7% y 46,0% respectivamente, y en el nivel 4 del 25,3 % y 29,6% respectivamente. Estos resultados refuerzan el valor del LR como recurso educativo, ya que se evidencia el aumento en la motivación e interés por parte del estudiantado.

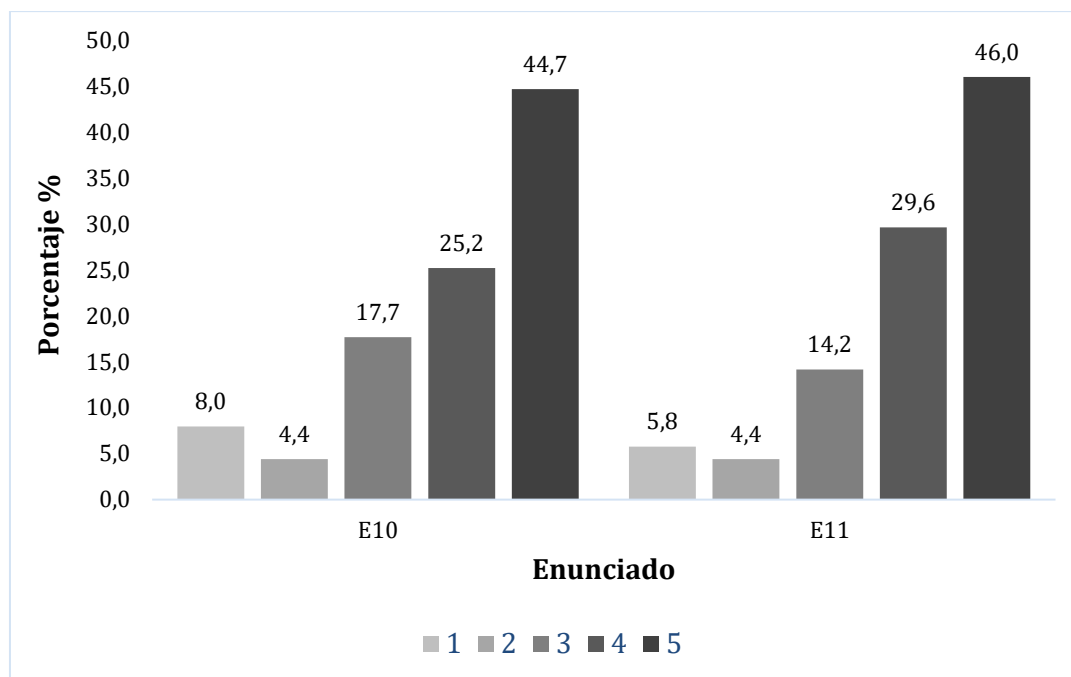


Figura 5. Porcentajes de la satisfacción al utilizar los Laboratorios Remotos en el CONED.

Si bien la mayoría de los participantes valoraron de forma positiva el uso de los LR en las categorías anteriores, hay un grupo pequeño que se inclinan hacia los niveles 1 y 2, y aunque estos no representan la mayoría, estas opiniones contribuyen a identificar áreas de mejora para que la experiencia sea más clara, accesible y motive a todos los estudiantes.

Preguntas abiertas

Tras el análisis de las respuestas de los estudiantes se identificaron elementos valiosos cuando se utilizan los distintos LR. En el caso de la primera pregunta que buscaba conocer sobre las ventajas, se encontraron aspectos relacionados a la **experiencia en el aprendizaje de las ciencias**, esta categoría reúne comentarios sobre cómo el uso de LR permitió mejorar la experiencia de aprendizaje lo cual concuerda con el resultado los porcentajes obtenidos para E6:

Logré comprender mejor la radiactividad que emiten diferentes sustancias y cómo funcionan los absorbedores (S40).

Me dio una idea de cómo se ve una hoja en diversos procesos que atraviesa (S46).

A través de los LR los estudiantes pudieron utilizar instrumentos de medición y comprobar la emisión de radiactividad en diferentes materiales, o bien en el caso del microscopio, observar en detalle distintos tipos de hojas. De este modo, se favorece el desarrollo de habilidades como la observación y la interpretación de resultados, esenciales en las ciencias (Lorenzo, 2020).

Otro de los aspectos valorados por los estudiantes es **el acceso y la flexibilidad** para ingresar a los LR, como se evidencia en las siguientes respuestas:

Que se podía ver laboratorio sin necesidad de trasladarse de la casa (S3).

Al ser una persona que trabaja de tarde noche es muy complicado poder asistir a realizar estas tareas o prácticas presenciales; es de gran ayuda (S28).

La ventaja que tuve fue la flexibilidad de horarios y saber que en cualquier zona se podía utilizar (S149).

Es importante considerar que los estudiantes del CONED están distribuidos en diferentes sedes, algunas de ellas ubicadas en zonas rurales. Además, muchos de ellos tienen una vida laboral activa, lo que limita el tiempo disponible para realizar actividades experimentales. En este contexto, los LR se convierten en una herramienta valiosa, ya que permiten el acceso sin necesidad de traslado físico y están disponibles las 24 horas, lo que representa una solución práctica y equitativa.

La posibilidad de involucrarse directamente en la actividad experimental por medio de la **visualización y comprensión gráfica** fue otro punto destacado en las respuestas:

Conocer sobre otras fuentes de radiación, no solo el cobalto y el mercurio (S72).

Me ayudó visual y técnicamente a entender la materia (S192).

El aprendizaje, la experiencia y entender la gráfica de los experimentos. La verdad lo entendí super bien y me encantó porque se sale de la rutina de estudio (S77).

Las respuestas anteriores muestran que a través de los LR los estudiantes pueden aplicar conocimientos en contextos reales, además, el apoyo visual que ofrecen estos entornos facilita la comprensión de conceptos complejos y refuerza el aprendizaje.

Entre las respuestas de los estudiantes se refleja un aumento en la **motivación** tras el uso de los LR lo que concuerda con lo manifestado en E11:

Estuvo bonito porque le da una idea a uno de cómo en realidad trabajan los científicos (S13).

En el aprendizaje. Algo nunca visto. Aprender cosas nuevas. Fue magnífico (S21).

Reforcé mi aprendizaje, de manera tal que me ayuda a querer aprender más (S224).

Se evidencia la importancia de integrar recursos tecnológicos como los LR que permitan a los estudiantes ser actores principales en la construcción del conocimiento (Idoyaga, 2023), y de esta manera aumentar la autonomía y motivación para aprender.

En el caso de la segunda pregunta que buscaba conocer las limitaciones, emergieron aspectos relacionados a la **falta de explicaciones o apoyo docente**, esta categoría incluye aquellas limitaciones

relacionadas con la ausencia de orientación durante el uso del laboratorio remoto, lo cual se evidencia en las siguientes respuestas:

Una mejor explicación ya que en varias ocasiones no sabía que estaba pasando en el tiempo del experimento (S3)

Se debería de mejorar la explicación del uso del laboratorio remoto (S202)

La falta de acompañamiento docente en tiempo real es una de las principales limitantes de los LR (Matarrita & Concari, 2018), esto dificulta la resolución de dudas inmediata y, en consecuencia, la comprensión de algunos conceptos durante la práctica experimental. Esto resalta la importancia de contar con herramientas que brinden acompañamiento continuo. En este caso, el uso de asistentes inteligentes se presenta como una alternativa, debido a que ofrece orientación inmediata y facilita la comprensión más profunda de los contenidos (Hussein et al., 2024; Lizano-Sánchez et al., 2025).

Además, las respuestas de los estudiantes también reflejan las **limitaciones tecnológicas**, en donde aparecieron aspectos relacionados con el acceso o funcionamiento de los recursos necesarios para utilizar los LR, esto se evidencia a continuación:

No cuento con computadora, me gustaría y facilitaría que todo se haga en un solo paso ya que es difícil de solucionar desde el móvil (S47)

Al inicio se me dificultó un poco ya que estaba empezando a usar la plataforma después de 30 años sin estudiar (S107)

Es importante resaltar las diferencias en los niveles de brecha digital, especialmente entre estudiantes de distintas edades (Czaja, 2019), en el caso particular del CONED la población es muy diversa con edades entre 18 y 60 años, lo cual puede influir en la autonomía y efectividad con la que se enfrenta el uso de este tipo de plataformas para la realización de actividades experimentales.

Otro aspecto importante son los **problemas con el diseño del laboratorio**, en esta categoría se agrupan dificultades relacionadas con la navegación poco intuitiva, baja calidad visual de las imágenes, y en otros casos la escasez en la interactividad.

En mi caso no sé si sería la computadora o la Tablet que no veía bien la imagen (S187).

En noveno hicimos uno de planarias y me pareció muy lento y aburrido, será bueno algo que llame más la atención (S147).

Los comentarios anteriores resaltan la importancia de diseñar LR que sean visualmente más atractivos e interactivos. Una interfaz más intuitiva y recursos gráficos de calidad permiten captar mejor la atención de los estudiantes, lo cual genera un mayor interés y motivación durante la actividad

experimental (Viquez et al., 2024). Estos aspectos pueden contribuir a mejorar el aprendizaje facilitando la comprensión y motivación por el contenido que se está estudiando.

Conclusiones

Los estudiantes consideran que los LR ofrecen una interfaz accesible e intuitiva, lo cual facilita la realización de actividades experimentales en contextos de educación a distancia. En el caso de percepción de aprendizaje, se destaca que estos recursos contribuyen en la comprensión de conceptos y la aplicación en contextos reales. En cuanto a la satisfacción, los estudiantes expresan un alto nivel de motivación e interés confirmando el potencial de los LR como recursos educativos, sin dejar de lado la importancia de realizar mejoras para garantizar una experiencia inclusiva y atractiva para todos.

Con la integración de LR en el CONED se está fortaleciendo el desarrollo de competencias prácticas y el aumento de la motivación por el aprendizaje por medio de la experimentación a distancia. Se recomienda reforzar las guías didácticas, ampliar la oferta de laboratorios alineados con el currículo nacional y establecer mecanismos de acompañamiento docente en tiempo real, utilizando herramientas como asistentes inteligentes.

Los LR representan una vía prometedora para democratizar el trabajo experimental, por lo que es posible avizorar un uso extensivo de LR en la educación secundaria costarricense para fortalecer las capacidades STEM en el país. Especialmente entre estudiantes que, por condiciones geográficas, económicas o personales, enfrentan mayores barreras para acceder a experiencias científicas de calidad.

Referencias bibliográficas

- Arguedas-Matarrita, C., Conejo-Villalobos, M., García-Zubia, J., Da Mota Alves, J. B., Concari, S. B., Rodríguez-Gil, L., Orduna, P., Elizondo, F. U., Hernández-Jayo, U., Carlos, L. M., Bento Da Silva, J., & Marchisio, S. T. (2019). Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps. *2019 5th Experiment International Conference (exp.at'19)*, 208-212. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2019.8876553>
- Buendía, L., Colás, M. y Hernández, P. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A. Madrid.
- Casado-Mansilla, D., García-Zubia, J., Cuadros, J., Serrano, V., Fadda, D., & Canivell, Y. V. (2023). Remote experiments for STEM education and engagement in rural schools: The case of project R3. *Technology in Society*, 75, 102404. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102404>
- Czaja, S. J. (2019). Usability of technology for older adults: Where are we and where do we need to be. *J. Usability Studies*, 14(2), 61-64. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3532689.3532690>
- García-Zubía, J., Canivell, V., Casado, D., Angulo, I., Hernández-Jayo, U., Guenaga, M., Gimenez, C., & Rodríguez-Gil, L. (2023). Rural, Remote and Real: Democratizing the Access to Science in Rural Schools Using Remote Experiments. En M. E. Auer, S. A. El-Seoud, & O. H. Karam (Eds.), *Artificial Intelligence and Online Engineering* (Vol. 524, pp. 143-150). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17091-1_15
- Gómez-Martínez, K., Soriano-Sánchez, S., Soriano-Rivera, K., Triminio-Zavala, C., & Herrera-Castrillo, C. (2024). *Guías de Laboratorio para el Aprendizaje del Electromagnetismo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13630978>
- Hussein, R., Zhang, Z., Amarante, P., Hancock, N., Orduna, P., & Rodríguez-Gil, L. (2024). Integrating Personalized AI-Assisted Instruction Into Remote Laboratories: Enhancing Engineering Education with OpenAI's GPT Models. *2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10892918>
- Idoyaga, I. J. (2023). El Laboratorio Extendido: Nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Innovaciones Educativas*, 25(Especial), 44-58. <https://doi.org/10.22458/ie.v25iEspecial.5083>
- Lizano-Sánchez, F., Idoyaga, I., Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., & Arguedas-Matarrita, C. (2025). Teachers' perspective on the use of artificial intelligence on remote experimentation. *Frontiers in Education*, 10, 1518896. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1518896>

- Lorenzo, M. G. (2020). REVISANDO LOS TRABAJOS PRÁCTICOS EXPERIMENTALES EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA. *Aula Universitaria*, 21, e0004. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>
- Matarrita, C. A., & Concari, S. B. (2018). Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: Indagando a los especialistas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 702-720. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p702>
- Narasimhamurthy, K., Orduña, P., Rodriguez-Gil, L., C., B., Srivatsa, C., & Mulamuttal, K. (2020). Analog Electronic Experiments in Ultra-Concurrent Laboratory. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1231, 37-45. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_3
- Programa Estado de la Nación Noveno Estado de la Educación 2023 [Recurso electrónico] / Programa Estado de la Nación. -- Datos electrónicos (1 archivo : 20 mb). -- San José, C.R. : CONARE - PEN, 2023. (Informe Estado de la Educación ; no. 09 – 2023)
- Silva, J. B. D., Borba, J. F. M. D., Bilessimo, S. M. S., & Machado, L. S. R. (2025). Education for Sustainable Development (ESD) in Basic Education from a Maker Perspective: A Case Study in a Public School in the Municipality of Sombrio/SC. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(3), e011594. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n3-040>
- Viquez, M. P. O., Miranda, E. M., Sánchez, F. L., & Matarrita, C. A. (2024). De la teoría a la práctica: Extendiendo el trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias. *Campo Universitario*, 5(10), Article 10. [//campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/112](http://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/112)