



Educación, equidad y sostenibilidad: El rol transformador de los laboratorios remotos

Daniel Guillermo Blanco

Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica)

<https://orcid.org/0009-0007-4950-0822>

Eric Montero Miranda

Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica)

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



Fecha de recepción:	31/Octubre/2025
Fecha de aceptación:	27/Noviembre/2025
Resumen:	Los Laboratorios Remotos (LR) representan una innovación pedagógica con gran potencial para transformar la educación científica en todos los niveles. A través de plataformas en línea que permiten la realización de experimentos a distancia mediante <i>hardware</i> y <i>software</i> especializados, los LR contribuyen directamente al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular los ODS 4 (educación de calidad), 10 (reducción de desigualdades) y 11 (ciudades y comunidades sostenibles). Este artículo analiza de manera crítica las contribuciones de los LR a los ODS, con énfasis en el contexto latinoamericano. Se destacan sus beneficios en el acceso equitativo a experiencias experimentales, la mejora en la formación docente, la reducción del impacto ambiental y las oportunidades para democratizar la ciencia. Asimismo, se abordan los desafíos para su implementación a gran escala, la necesidad de políticas públicas y el potencial de proyectos legislativos en curso. Finalmente, se concluye

	que los LR son herramientas clave para promover una educación científica más inclusiva, sostenible e innovadora.
Palabras clave:	Laboratorios remotos, ODS, educación científica, sostenibilidad, equidad.
Abstract:	Education, Equity, and Sustainability: The Transformative Role of Remote Laboratories Remote Laboratories (RL) represent a pedagogical innovation with great potential to transform science education at all levels. Through online platforms that enable remote experiments using specialized hardware and software, RLs contribute directly to the achievement of several Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 4 (quality education), SDG 10 (reduced inequalities), and SDG 11 (sustainable cities and communities). This article critically analyzes the contributions of LR to these goals, with an emphasis on the Latin American context. It highlights their benefits in terms of equitable access to experimental experiences, improved teacher training, reduced environmental impact, and opportunities to democratize science. It also addresses the challenges to their large-scale implementation, the need for public policies, and the potential of ongoing legislative projects. Finally, it concludes that LR are key tools for promoting more inclusive, sustainable, and innovative science education.
Keywords:	Remote laboratories, SDGs, science education, sustainability, equity.

Introducción

El compromiso global con los ODS impulsa la búsqueda de estrategias innovadoras que promuevan una educación equitativa, inclusiva y de calidad, establecidos en 2015 por las Naciones Unidas como parte de la Agenda 2030, abordan los grandes desafíos contemporáneos de la humanidad: pobreza, desigualdad, acceso desigual a la educación, degradación ambiental y exclusión tecnológica (Rojas-Morales, Montero-Miranda & Campos-Calderón, 2020). En particular, los ODS 4, 10 y 11 hacen referencia, respectivamente, al acceso a una educación de calidad para todos, la reducción de desigualdades dentro y entre los países, y la construcción de comunidades sostenibles desde un enfoque tecnológico y ambientalmente responsable.

En este escenario, los Laboratorios Remotos (LR) emergen como un recurso tecnológico que permite la realización de experimentos reales de forma remota,

utilizando dispositivos físicos controlados a través de Internet. Su implementación creció aceleradamente durante la pandemia de COVID-19 debido a la necesidad de continuidad pedagógica en la educación en ciencias (Herrero-Villareal, Arguedas-Matarrita & Gutiérrez-Soto, 2020), lo que evidenció su potencial para transformar los entornos de aprendizaje.

Los LR ofrecen acceso universal, sincrónico o asincrónico, a experiencias experimentales superando las limitaciones logísticas y materiales de los laboratorios tradicionales. Esta característica permite repensar la inclusión, la equidad y la sostenibilidad en la educación científica, al facilitar que poblaciones diversas accedan a oportunidades formativas de alta calidad sin necesidad de infraestructura física especializada (Arias & Arguedas-Matarrita, 2018), resultando oportuno evaluar en qué medida los LR pueden contribuir al cumplimiento de los ODS mencionados, integrando evidencia empírica y enfoques pedagógicos innovadores.



Este artículo propone un análisis crítico de la contribución de los Laboratorios Remotos al logro de los ODS 4, 10 y 11, identificando sus beneficios, limitaciones y perspectivas de escalabilidad en sistemas educativos diversos. En este ensayo se adopta una perspectiva argumentativa basada en la revisión crítica de literatura científica reciente y en el análisis de experiencias pedagógicas documentadas en el contexto latinoamericano. Estas reflexiones son relevantes al considerar los desafíos específicos que enfrentan los sistemas educativos latinoamericanos, caracterizados por desigualdades persistentes, limitaciones presupuestarias y brechas tecnológicas que condicionan el acceso a experiencias científicas de calidad en estos contextos.

Laboratorios Remotos y su Vinculación con los ODS

Los Laboratorios Remotos (LR) se han convertido innovación tecnológica que transforma radicalmente el acceso a la educación científica. Al permitir la

realización de prácticas experimentales reales desde cualquier ubicación con acceso a Internet, los LR rompen barreras estructurales tradicionales vinculadas a la infraestructura física, el equipamiento costoso y la ubicación geográfica (Obando et al., 2024). Esta flexibilidad no solo optimiza el uso de recursos técnicos, sino que también abre nuevas posibilidades para la democratización de la actividad experimental, inclusión, equidad y sostenibilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Desde una perspectiva alineada con la Agenda 2030, los LR ofrecen una respuesta concreta a múltiples dimensiones de los ODS. En particular, su impacto se refleja de manera destacada en los tres de ellos presentes en la Tabla 1: el ODS 4 (Educación de calidad), el ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles). Estas metas están interconectadas por el principio transversal del acceso equitativo a una educación significativa, contextualizada y ambientalmente responsable (Rojas-Morales, Montero-Miranda & Campos-Calderón, 2020).

ODS a los que contribuye la implementación de LR en un contexto latinoamericano.	
	Objetivo 4 Educación de calidad Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje para todos.
	Objetivo 10 Reducción de las desigualdades Reducir la desigualdad en y entre los países



Objetivo 11

Ciudades y comunidades sostenibles

Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

Tabla 1. Tres ODS que se destacan por el aporte que reciben con la implementación de LR; presentes en Naciones Unidas (2015).

La naturaleza digital, asincrónica y escalable de los LR les confiere ventajas comparativas frente a los laboratorios tradicionales. Por ejemplo, su aplicación durante la pandemia de COVID-19 permitió sostener la enseñanza de la ciencia experimental sin poner en riesgo la salud de los estudiantes, al mismo tiempo que evidenció su eficacia para mantener la continuidad académica en condiciones adversas (Herrero-Villareal et al., 2020).

Además, los LR no solo actúan como entornos de práctica científica, sino como mediadores pedagógicos que favorecen el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y autonomía en el aprendizaje. Investigaciones en contextos latinoamericanos han demostrado que los LR facilitan la apropiación de conocimientos en áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática (áreas STEM), la formación docente innovadora y la inclusión de estudiantes en situación de vulnerabilidad tecnológica o territorial (Arias & Arguedas-Matarrita, 2018; Ávalos & Arguedas-Matarrita, 2024).

En las secciones siguientes se analizará de forma detallada cómo esta tecnología educativa contribuye a los tres ODS mencionados, destacando su valor estratégico en la construcción de sistemas educativos más justos, resilientes y sostenibles.

Contribución de los Laboratorios Remotos al ODS 4: Educación de calidad

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 propone “garantizar una educación

inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (Naciones Unidas, 2015). En este marco, los Laboratorios Remotos se convierten en aliados fundamentales al ofrecer experiencias prácticas de aprendizaje científico accesibles, relevantes y contextualizadas para estudiantes en diferentes niveles educativos.

La implementación de LR permite desarrollar competencias en ciencias desde edades tempranas (Ávalos & Arguedas-Matarrita, 2024), aun en instituciones que carecen de laboratorios físicos. Al brindar acceso remoto a equipos reales, estas plataformas estimulan la curiosidad científica, fomentan el aprendizaje significativo y permiten que los estudiantes visualicen y comprendan fenómenos complejos a través de la experimentación, especialmente en regiones donde los recursos experimentales han sido históricamente limitados o inexistentes. (Arias & Arguedas-Matarrita, 2018). Esto contribuye al logro de la meta 4.1, que establece la necesidad de que los estudiantes completen la educación primaria y secundaria con resultados de aprendizaje pertinentes y eficaces.

Asimismo, los LR fortalecen la formación técnica y profesional en áreas STEM, alineándose con la meta 4.3, que busca asegurar el acceso equitativo a la educación terciaria, incluida la formación técnica y profesional. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de LR estimula el desarrollo de habilidades técnicas, el trabajo autónomo y la resolución de problemas en contextos reales, aspectos fundamentales para la transición educativa y laboral en el siglo XXI (Ávalos & Arguedas-Matarrita, 2024).

Otra dimensión clave es la formación docente. La implementación de LR en la práctica educativa implica una actualización metodológica y tecnológica por parte de los docentes, que deben incorporar nuevas formas de mediación pedagógica apoyadas en la virtualidad. Esto responde a la meta 4.c, que promueve el aumento sustancial del número de docentes cualificados, mediante

la mejora de la formación inicial y continua. Estudios aplicados en la formación docente han revelado que los LR potencian las capacidades de los futuros maestros para diseñar, adaptar e implementar prácticas experimentales innovadoras, incluso en entornos con recursos limitados (Herrero-Villareal et al., 2020).

En conjunto, los Laboratorios Remotos pueden ser una vía efectiva para ampliar las oportunidades de aprendizaje científico, garantizando el derecho a una educación de calidad con igualdad de condiciones para todos los estudiantes, sin importar su lugar de residencia o condición socioeconómica.

Contribución de los Laboratorios Remotos al ODS 10: Reducción de las desigualdades

El ODS 10 busca reducir las desigualdades dentro y entre los países, con especial énfasis en la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, género, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o condición económica u otra. En este marco, los Laboratorios Remotos tienen un papel significativo al democratizar el acceso a recursos educativos avanzados, como prácticas científicas de calidad, en contextos donde tradicionalmente han estado restringidos.

Al eliminar la necesidad de infraestructura física especializada y permitir el acceso a través de dispositivos comunes conectados a Internet, los LR ofrecen oportunidades de aprendizaje equitativo para estudiantes que viven en zonas rurales, territorios con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) desfavorable. Esta capacidad de extender la experiencia científica más allá de los límites geográficos y económicos contribuye directamente a las metas 10.1 y 10.2, relacionadas con el empoderamiento y la promoción de la inclusión de todos, así como con el aumento de ingresos y oportunidades para los grupos más vulnerables (Rojas-Morales et al., 2020).

Desde una perspectiva estructural, permitir que más estudiantes accedan a herramientas científicas prácticas incrementa las posibilidades de éxito académico, continuidad educativa y, eventualmente, acceso a empleos técnicos o profesionales mejor remunerados. Esto puede generar una cadena positiva de movilidad social ascendente, ayudando a romper ciclos de pobreza y exclusión. Además, los LR contribuyen a reducir la brecha digital educativa, uno de los mayores desafíos en América Latina, al promover experiencias de aprendizaje que no dependen exclusivamente de instalaciones físicas, sino de estrategias pedagógicas mediadas tecnológicamente. Para ello, es fundamental que los programas educativos integren también componentes de conectividad y formación docente que aseguren la apropiación efectiva de estas herramientas por parte de los sectores tradicionalmente excluidos (Kalantari et al., 2019).

De esta forma, los LR no solo amplían el acceso a la educación científica, sino que también actúan como instrumentos de equidad estructural, permitiendo que las oportunidades de aprendizaje de calidad sean una realidad para todas las personas, sin importar su origen o situación socioeconómica. No obstante, la expansión de estas plataformas no garantiza por sí sola la equidad. La falta de conectividad, la escasa formación tecnológica docente y las brechas en infraestructura digital continúan siendo barreras que deben ser abordadas con políticas públicas integrales.

Contribución de los Laboratorios Remotos al ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

El ODS 11 promueve la creación de comunidades sostenibles, resilientes e inclusivas. En este marco, los Laboratorios Remotos (LR) contribuyen a reducir la presión sobre infraestructuras físicas, promoviendo entornos de aprendizaje digital que minimizan el impacto ambiental. Al disminuir el uso intensivo de reactivos químicos, papel, energía y transporte, los LR se alinean con prácticas

educativas ambientalmente responsables (Montero-Miranda, Lizano-Sánchez & Arguedas-Matarrita, 2024).

Además, al integrarse en comunidades educativas rurales o urbanas, los LR fortalecen ecosistemas de innovación educativa que promueven la sostenibilidad tecnológica local. En territorios donde la movilidad es limitada, los LR actúan como nodos de acceso al conocimiento, fomentando comunidades de aprendizaje descentralizadas y autónomas. Esto genera una transformación en la manera en que las comunidades se relacionan con el conocimiento científico, posibilitando prácticas sostenibles que trascienden el aula. Sin embargo, su adopción aún es desigual y suele estar concentrada en instituciones con mayor autonomía o recursos, lo que pone de manifiesto la necesidad de estrategias nacionales de integración tecnológica equitativa.

La experiencia global provocada por la pandemia de COVID-19 reveló con crudeza las debilidades estructurales de los sistemas educativos, pero también abrió una ventana de oportunidad para repensarlos desde la resiliencia, la equidad y la innovación. En este contexto, los LR dejaron de ser una solución de emergencia para posicionarse como una vía legítima hacia una transformación educativa profunda que responda no solo a las exigencias tecnológicas, sino también a las urgencias sociales de inclusión y sostenibilidad en América Latina.

La adopción de estas tecnologías no debe limitarse a una visión instrumental, sino comprenderse como parte de una reconfiguración cultural del derecho a aprender. En América Latina, donde las desigualdades educativas se entrelazan con brechas territoriales, económicas y digitales, estos recursos pueden convertirse en vehículos para garantizar una participación más justa en la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, esto solo será posible si se reconoce que la tecnología, por sí sola, no es garantía de inclusión. Es imprescindible integrarla con criterios pedagógicos sólidos, políticas públicas

intencionadas y una visión de justicia social que coloque al estudiante —no al dispositivo— en el centro de la experiencia educativa.

Avanzar hacia una educación científica en la post-pandemia implica asumir que el acceso al conocimiento debe ser tratado como un bien común y no como un privilegio. En esa dirección, los LR representan más que una innovación tecnológica: son una oportunidad histórica para democratizar la ciencia, reducir la huella ecológica del aprendizaje experimental y fomentar nuevas formas de ciudadanía crítica y ambientalmente consciente.

Conclusiones

Los LR representan un recurso educativa de alto impacto para repensar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva de equidad, sostenibilidad e innovación. Su implementación ha demostrado ser más que una respuesta contingente a la pandemia; constituye una alternativa estructural que reconfigura el acceso al conocimiento científico y permite superar barreras históricas de exclusión tecnológica, geográfica y socioeconómica.

Desde la perspectiva del ODS 4 (Educación de calidad), los LR han ampliado el horizonte de oportunidades de aprendizaje al permitir el acceso remoto a prácticas experimentales reales, incluso en contextos con infraestructura limitada. Su potencial para estimular la curiosidad científica, desarrollar competencias técnicas y mejorar la formación docente los posiciona como aliados estratégicos para garantizar una educación inclusiva, pertinente y con enfoque STEM, desde la infancia hasta la educación superior.

En relación con el ODS 10, los LR contribuyen a democratizar el acceso al conocimiento científico al eliminar las barreras físicas y económicas que históricamente han restringido las experiencias de laboratorio a ciertos grupos privilegiados. Su carácter asincrónico, digital y adaptable favorece la inclusión de estudiantes en zonas rurales, pueblos indígenas y comunidades marginadas,

aportando así a la justicia educativa y la movilidad social ascendente.

En el marco del ODS 11, los LR también ofrecen beneficios ambientales y territoriales. Al reducir el uso de insumos físicos, minimizar el desplazamiento y promover prácticas pedagógicas sostenibles, contribuyen a una menor huella ecológica en el proceso educativo. Además, fomentan comunidades de aprendizaje resilientes que integran la tecnología como un bien común, fortaleciendo ecosistemas educativos distribuidos, descentralizados y con visión de futuro.

No obstante, el aprovechamiento pleno de los LR exige una articulación efectiva entre tecnología, pedagogía y política pública. La incorporación sistemática de estos recursos requiere el diseño de políticas nacionales que aseguren conectividad, capacitación docente, acompañamiento pedagógico y financiamiento sostenido, esto está cerca de ser una realidad en Costa Rica, donde se está promoviendo una ley para promover el uso de LR en la educación primaria y secundaria del país.

Referencias Bibliográficas

- Arias, N., E. y Arguedas-Matarrita, C. (2018). Fortaleciendo la enseñanza de la física en un Colegio Científico Costarricense mediante el uso del Laboratorio Remoto VISIR. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 9(16), 131-141.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2024). *Proyecto de ley para el incentivo del uso de laboratorios remotos en la educación primaria y secundaria en Costa Rica* (Expediente No. 24038).
- Ávalos, D., C., y 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, 17 - 31.
<https://doi.org/10.22458/rc.v27iEspecial.5270>
- Herrero-Villareal, D., Arguedas-Matarrita, C. y Gutiérrez-Soto, E. (2020). Laboratorios remotos: recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes.

Revista de Enseñanza de la Física, 32, 181-189.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30991>

Kalantari, Z., Ferreira, C., S., S., Page, J., Goldenberg, R., Olsson, J., y Destouni, G. (2019). Meeting sustainable development challenges in growing cities: Coupled social-ecological systems modeling of land use and water changes. *Journal of Environmental Management*, 245, 471-480. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.086>

Montero-Miranda, E., Lizano-Sánchez, F., y Arguedas-Matarrita, C. (2024). Use of Remote Laboratories to Reduce Environmental Impact. The Case of an Acid Base Titration Experiment. 2024 IEEE 6th International Conference on BioInspired Processing (BIP), Liberia, Guanacaste, Costa Rica, pp. 1-6, doi: 10.1109/BIP63158.2024.10885388.

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Obando, V., M., P., Montero, M., E., Lizano, S., F., y Arguedas, M., C. (2024). De la teoría a la práctica: extendiendo el trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias. *Campo Universitario*, 5(10). <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/112>