

[Cierre de edición el 01 de Mayo del 2023]

<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Aporte de los laboratorios remotos a la alfabetización científica: Un caso de estudio

Contribution of Remote Laboratories to Scientific Literacy: A Case Study

Contribuição de laboratórios remotos para a alfabetização científica: Um estudo de caso

Ramón Zárate-Moedano

Benemérita Escuela Normal Veracruzana
Xalapa, México

 ramon.zarate.moedano@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5225-3654>

Sandra Luz Canchola-Magdaleno

Universidad Autónoma de Querétaro
Querétaro, México

 sandra.canchola@uaq.mx
<https://orcid.org/0000-0002-7497-281X>

Jorge Suarez-Medellín

Universidad Veracruzana
Xalapa, México

 josuarez@uv.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6676-5143>



Recibido • Received • Recebido: 01 / 08 / 2021
Corregido • Revised • Revisado: 01 / 02 / 2023
Aceptado • Accepted • Aprovado: 14 / 02 / 2023

Resumen:

Objetivo. Evaluar si la utilización de laboratorios remotos como material didáctico mejora los conocimientos, habilidades y actitudes y desarrolla el nivel de alfabetización científica del alumnado de telesecundaria. **Metodología.** La metodología aplicada es mixta, cuasiexperimental pretest-postest. Las personas participantes es todo el estudiantado de segundo grado de secundaria (n=21) y la maestra del grupo correspondiente a la asignatura de ciencias (física). La recolección de datos se hace con cuestionarios y recolección de evidencias de aprendizaje. Para su análisis se llevó a cabo una prueba t para muestras independientes de las diferencias de la calificación postest/pretest entre estudiantes que utilizaron los laboratorios remotos y estudiantes pertenecientes al grupo de control, así como la triangulación de datos cuantitativos y cualitativos. **Resultados.** Los resultados y principales hallazgos muestran que los laboratorios remotos ayudan a desarrollar la alfabetización científica del estudiantado. El grupo que utilizó los laboratorios remotos mostró una mejoría de dos puntos en promedio en los resultados de la prueba postest con respecto a la prueba pretest, mientras que en el caso del grupo control no existe dicha mejoría. **Conclusiones.** Tanto la facilidad de uso como la



<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

pertinencia de los laboratorios electrónicos en la enseñanza de las ciencias favorecen la selección de actividades de indagación y evidencias experimentales de aprendizaje a través de la interacción física con fenómenos naturales. **Recomendaciones.** Si bien los laboratorios electrónicos no sustituyen un laboratorio formal, el uso de esta tecnología permite crear un laboratorio escolar fácil de utilizar, por lo cual es particularmente importante su integración en contextos escolares con recursos escasos.

Palabras claves: Enseñanza de las ciencias; material didáctico; laboratorio escolar; experimento en clase; tecnología educacional.

Abstract:

Aim. The aim is to evaluate whether the use of remote laboratories as didactic material improves knowledge, skills, and attitudes and develops the level of scientific literacy of telesecundaria [distance education programs for secondary school] students. **Method.** This study applies a mixed, quasi-experimental pretest/post-test methodology. The participants are all second-grade high school students (n=21) and their corresponding science teacher (Physics). Data were collected with questionnaires and by gathering learning evidence. The data analysis implemented a t-test for independent samples of the differences in the post-test/ pre-test score between the students that used the remote laboratories and the students from the control group; the analysis also triangulated quantitative and qualitative data. **Results.** The results and main findings show that remote laboratories help students develop scientific literacy. Furthermore, the group that used the remote laboratories showed an improvement of two points on average in the post-test results compared to the pre-test, while in the case of the control group, there was no such improvement. **Conclusions.** The conclusions reached are that the ease of use and relevance of electronic laboratories in science education favor the selection of inquiry activities and experimental evidence of learning through physical interaction with natural phenomena. **Recommendations.** Although electronic laboratories do not replace a formal laboratory, the use of this technology aids in the creation of an easy-to-use school laboratory. Its integration is particularly important in school contexts with scarce resources.

Keywords: Science education; instructional materials; school laboratories; experiments; educational technology.

Resumo:

Objetivo. O objetivo é avaliar se o uso de laboratórios remotos como material didático melhora os conhecimentos, habilidades e atitudes, desenvolvendo o nível de alfabetização científica dos alunos da telesecundária. **Metodologia.** La metodología é mista, quase experimental pré teste/pós-teste. Os participantes são todos os alunos do segundo ano (n=21) e o professor do grupo correspondente à disciplina de ciências (física). Os dados foram coletados através de questionários e da coleta de evidências de aprendizagem. Para sua análise, foi realizado um teste t para amostras independentes das diferenças na pontuação do pós-teste/pré-teste entre os alunos que usaram os laboratórios remotos e os alunos pertencentes ao grupo controle, bem como triangulação de dados quantitativos e dados qualitativos. **Resultados.** Os resultados e principais constatações mostram que os laboratórios remotos ajudam a desenvolver a alfabetização científica do corpo discente. O grupo que utilizou os laboratórios remotos apresentou uma melhora média de dois pontos nos resultados do pós-teste em relação ao pré-teste; enquanto no caso do grupo controle não houve essa melhora. **Conclusões.** As

conclusões a que se chega são de que a facilidade de uso e a relevância dos laboratórios eletrônicos no ensino de ciências favorecem a seleção de atividades investigativas e evidências experimentais de aprendizagem por meio da interação física com fenômenos naturais. **Recomendações.** Embora os laboratórios eletrônicos não substituam um laboratório formal, a utilização desta tecnologia permite criar um laboratório escolar de fácil utilização, sendo a sua integração particularmente importante em contextos escolares com recursos escassos.

Palavras-chave: Educação científica; material didático; laboratórios escolares; experiências; tecnologia educacional.

Introducción

Desde finales del año 2019, la pandemia causada por el SARS-CoV-2 ocasionó el cierre de las escuelas en todo el mundo y forzó a las instituciones educativas a ofrecer sus servicios a distancia, a través de internet, con la intención de frenar la propagación del virus. Sin embargo, después de más de un año, hay poco consenso sobre cómo garantizar la continuidad de la educación mientras se intenta evitar la transmisión del virus. En este sentido, [Lee et al. \(2020\)](#) sugieren, basados en datos de Shanghái, que las escuelas pueden reabrir con precauciones y en condiciones de reducción extrema de contacto entre la comunidad.

Aunque todavía no se dispone de evidencias contundentes sobre la eficacia de las políticas de cierre de escuelas ([Viner et al., 2020](#)), y con las medidas de distanciamiento social todavía vigentes en muchas regiones del mundo, las circunstancias actuales ponen de relieve la necesidad de contar con medios tecnológicos y material didáctico adecuado que ayude a facilitar los procesos educativos, especialmente la experimentación científica, en escuelas de todos los niveles educativos.

Los procesos de experimentación científica escolar requieren, por un lado, de un espacio que permita realizar actividades de indagación. Generalmente laboratorios escolares, un espacio bien equipado para realizar actividades de aprendizaje y de indagación científica ([Braun et al., 2018](#)) y, por otro lado, requieren la disponibilidad de recursos y material didáctico que facilite el proceso de experimentación e indagación. Pero en el contexto del aprendizaje a distancia, estos espacios y materiales han quedado inaccesibles tanto para estudiantado como para profesorado, por lo que ha surgido la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas como material didáctico electrónico. Un ejemplo, son los laboratorios remotos.

A manera de definición, se puede decir que un laboratorio remoto es un laboratorio físico que se puede utilizar de forma remota ([Limpraptono et al., 2021](#)), es decir, que los usuarios y la instalación del experimento se encuentran en espacios separados geográficamente. Esta forma de trabajo ha demostrado algunas ventajas como mayor motivación del estudiantado para el



<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

estudio de la física (Petry et al., 2016), estimula su interés al facilitar la recolección y análisis de datos en tiempo real (Husseini & Kaszubski, 2017), además de permitir la experimentación científica en escuelas que, de otra forma, no podrían hacerlo (Rocha Daros et al., 2016).

La investigación en didáctica de las ciencias muestra que utilizar actividades prácticas y experimentales en laboratorio logra un impacto positivo en los resultados académicos dado que la utilización de actividades y material didáctico que simultáneamente estimula diferentes sentidos (audición, visión) y cinestesia, mejora los aprendizajes (Suárez-Ramos, 2017), y la actitud hacia las ciencias en el estudiantado (Cifaldi, 2018). Aunado a esto, mejora las competencias metodológicas relacionadas con los ciclos de indagación científica (Schiefer et al., 2017). Además, se considera que el uso de la tecnología ayuda a trascender el aula y potenciar el trabajo académico vinculando la realidad local, nacional y mundial (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2017), pues permite que estudiantado y personal docente compartan un mismo lenguaje y, al mismo tiempo, se adapten a las necesidades y características específicas del momento, lo que favorece la comunicación no presencial (Suárez-Ramos, 2017).

Referente teórico

Según la OCDE, la educación científica debe perseguir el desarrollo de la alfabetización científica (AC) en el estudiantado, entendida esta como la capacidad de involucrarse con temas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como ciudadanía reflexiva (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2019), soportada por la competencia científica que, a su vez, se compone de tres subcompetencias fundamentales (Rosales Sánchez et al., 2020): explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar datos y evidencias científicamente (OECD, 2019).

Por su parte, el profesorado debe desarrollar variadas competencias docentes que le permitan abonar al desarrollo de las competencias científicas de sus estudiantes. En este sentido, Furió Más & Furió (2009) proponen como competencia docente, entre otras, saber preparar material didáctico adecuado para la implementación de las secuencias de enseñanza y aprendizaje.

En un sentido amplio, material didáctico se refiere a todos los recursos tangibles e intangibles que ayudan al profesorado y alumnado a alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados. Los materiales intangibles incluyen estrategias didácticas, organización del grupo o principios educativos. Los materiales tangibles (en adelante material didáctico) incluyen libros de texto, mobiliario escolar, equipos de cómputo, software y dispositivos digitales (Skutil et al., 2013).

Aunque existen varias definiciones de material didáctico en la bibliografía especializada, para el caso de la enseñanza de las ciencias y el enfoque constructivista retomamos la definición que considera que: el material didáctico son todos los recursos y medios que utiliza el profesorado

para facilitar y mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje que ocurre en un entorno educativo global y sistemático, que estimula los sentidos del alumnado con la intención deliberada de facilitar la adquisición de conceptos y habilidades así como la formación de actitudes y valores (Fernández Sesma & LeónFontes, 2016). Aunado a lo anterior, el material didáctico resulta fundamental para contextualizar el conocimiento; permite llenar los vacíos de procesos previos de aprendizaje, lo que facilita la construcción de concepciones del conocimiento científico en relación con el conocimiento común; integra al conocimiento previo esta construcción de nuevos y más elaborados conocimientos (Clemes Cardoso et al., 2009).

En la enseñanza de las ciencias, se observa la utilización de gran variedad de material didáctico ya sea físico, digital o electrónico. El material didáctico más sencillo, basado en tecnología, es el que utiliza herramientas multimedia integrando textos, gráficos, dibujos, imágenes fijas y en movimiento, animación, audio y cualquier otro medio que contenga información que pueda ser significada, almacenada, comunicada y manejada digitalmente (Qistina et al., 2019). Por ejemplo, cómics o imágenes y videos sencillos que mejoran la experiencia narrativa para el estudiantado (Syarah et al., 2019) o para integrar conocimientos y sabiduría local en el aprendizaje de conceptos científicos (Nasrudin et al., 2019).

En el otro extremo, encontramos material didáctico que utiliza tecnología avanzada que permite incluso la incorporación de robots con fines educativos. La utilización de este tipo de material didáctico resulta importante no solo porque facilita el trabajo con contenidos de ciencias, sino también porque facilita el desarrollo de habilidades sociales, de trabajo en equipo y colaboración, a través de la exploración y solución de problemas del mundo real al crear experiencias de aprendizaje interesantes, que atrapan al alumnado con mejoras significativas en sus logros escolares (Lin & Wang, 2017).

Desde robots humanoides, con medidas antropomórficas (Polishuk & Verner, 2018), hasta pequeños dispositivos robotizados, que permiten modificar su programación, este tipo de material didáctico facilita el cumplimiento de funciones y objetivos distintos dependiendo de la necesidad educativa con la que se estén incorporando. Un ejemplo de esta tecnología aplicada a la educación es la utilización de laboratorios remotos, que permiten la experimentación científica, con actividades del tipo *manos a la obra*, aun en contextos de escasez de recursos económicos y materiales (Lustig et al., 2018).

Una ventaja adicional, asociada al uso de material didáctico basado en tecnología, es que además de permitir la exploración de conceptos científicos complejos (Hammang et al., 2018), y facilitar imágenes reales de procesos científicos (Qistina et al., 2019), puede ayudar a corregir deficiencias en las habilidades del profesorado relacionadas con la tecnología mientras mejoran su enseñanza (Laherto & Laherto, 2018), ya que el éxito de las actividades de aprendizaje no solo está determinado por el maestro o la maestra y el uso instruccional que le da al material



<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

didáctico (Hapsari et al., 2019), también está determinado por la capacidad que tiene el estudiantado para manejar y manipular los recursos que el maestro y la maestra ponen a su disposición, ayuda a resolver el problema que representa la falta de entusiasmo de los grupos de aprendices frente a contenidos de ciencias, pues crea ambientes relajados, placenteros y divertidos para el aprendizaje.

Metodología

El propósito de esta investigación es evaluar si la utilización de laboratorios remotos como material didáctico mejora los conocimientos, habilidades y actitudes desarrollando el nivel de alfabetización científica de alumnado de telesecundaria.

Diseño de investigación

Este trabajo utilizó un diseño cuasiexperimental pretest-postest con grupo de control no equivalente debido a que busca conocer el grado de asociación que existe entre dos o más variables en un contexto determinado (Hernández Sampieri et al., 2010).

Esquema experimental

G1 O1 – O2
G2 O1 X O2

Como se muestra en el esquema experimental, para trabajar con el grupo control (G1, n=9) los temas de calor y temperatura, se solicitó a la maestra titular diseñar y aplicar una secuencia de enseñanza y aprendizaje estándar en donde se incluyeran todos los requisitos y sugerencias que se desprenden del currículo, las actividades a realizar y el material didáctico a utilizar.

Para el grupo experimental (G2, n=12) se facilitaron dos laboratorios remotos y se capacitó a la maestra en su uso. La capacitación consistió en una sesión de una hora en donde se mostró el uso del dispositivo, que permitía medir la temperatura, humedad, presión y altitud (ver Apéndice A). Después de la capacitación, se solicitó a la maestra que hiciera las modificaciones que considerara necesarias a la secuencia de enseñanza y aprendizaje utilizada con el G1, se incluyeron, también, todos los requisitos y sugerencias que se desprenden del currículo, las actividades a realizar y el uso del laboratorio remoto.

Hipótesis

Se plantean un par de hipótesis de tipo correlacional de la diferencia entre grupos con la intención de comparar los resultados obtenidos por dos grupos (Hernández Sampieri et al., 2010).

H0

La utilización de laboratorios remotos no mejora los conocimientos, habilidades y actitudes y no desarrolla el nivel de alfabetización científica de alumnado de telesecundaria.

H1

La utilización de laboratorios remotos mejora los conocimientos, habilidades y actitudes desarrollando el nivel de alfabetización científica de alumnado de telesecundaria.

Muestra

Se utilizó una muestra no probabilística por conveniencia (Hernández Sampieri et al., 2010), compuesta de dos grupos de segundo grado de una escuela telesecundaria semiurbana de la localidad de Acajete del Estado de Veracruz, México (n= 21 estudiantes en total). Las edades del estudiantado que participó rondan los 13 años.

Esta selección se debe a que es en segundo grado de la educación secundaria en donde se trabajan contenidos de física, en particular contenidos sobre calor y temperatura.

Los criterios de inclusión que se utilizaron son:

- Estudiantes con inscripción al segundo grado de telesecundaria en la escuela que participó de la investigación.
- Estudiantes que asistieron a clases durante el tiempo que duró la implementación del proyecto de investigación.

Los criterios de exclusión fueron:

- Estudiantes sin inscripción al segundo grado de telesecundaria en la escuela que participó de la investigación.
- Estudiantes con dos o más inasistencias a clases durante el tiempo que duró la implementación del proyecto de investigación.

Es importante mencionar que tanto la escuela como la maestra de grupo atendieron a todo el estudiantado asistentes a la escuela durante la implementación de este proyecto, la inclusión o exclusión solo se realizó al nivel del conjunto de datos que se recolectaron.

Instrumento

La recogida de datos se hizo mediante la aplicación de dos cuestionarios (pretest y postest) tipo examen que evalúan la alfabetización científica. La elaboración de los cuestionarios fue el resultado del trabajo colaborativo entre el equipo investigador y dos maestras frente a grupo

<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

funcionando como juicio de personas expertas. Los cuestionarios constan, en su mayoría, de preguntas cerradas de opción múltiple.

Para efectos de validez, se realizó un pilotaje en un grupo de segundo de secundaria de otra escuela que no participa del estudio. Para llevar a cabo los análisis estadísticos se utilizó el lenguaje de programación R (versión 3.6.0), mediante la interfaz gráfica de usuario Rcmdr. Además, se recogieron evidencias de aprendizaje realizadas en clase con la intención de triangular los datos cuantitativos con una mirada cualitativa de lo ocurrido durante la aplicación.

Resultados y análisis

Para poder analizar la información obtenida de las evaluaciones aplicadas, se realizó la tabulación de los datos a los que se aplicaron diversos tratamientos estadísticos. La [Tabla 1](#) muestra las diferencias de las calificaciones que obtuvo cada estudiante entre el pretest y postest. A estos datos se les aplicó la prueba de Shapiro – Wilk ($p < 0.05$) para determinar si su distribución era normal.

Tabla 1: Diferencias de calificaciones por estudiante

Grupo 1				Grupo2			
Estudiante	Calificación Pretest	Calificación Postest	Delta	Estudiante	Calificación Pretest	Calificación Postest	Delta
1	3	4	1	1	3	5	2
2	2	4	2	2	4	7	3
3	4	5	1	3	5	4	-1
4	4	8	4	4	7	8	1
5	6	5	-1	5	7	8	1
6	6	2	-4	6	3	6	3
7	3	1	-2	7	1	6	5
8	8	6	-2	8	4	7	3
9	5	4	-1	9	6	7	1
				10	7	8	1
				11	2	5	3
				12	6	7	1

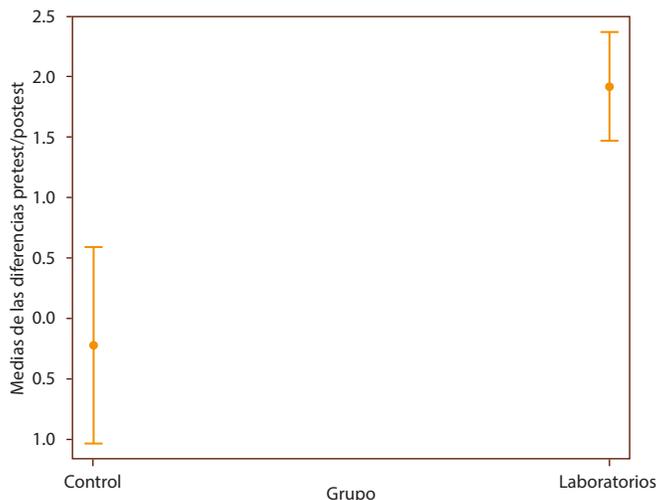
Nota: Elaboración propia.



Debido a que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, se procedió a realizar una prueba t de student, sin asumir igualdad de varianzas, con la intención de determinar si existe una diferencia significativa en la media de las diferencias de calificación pretest-postest (delta) para ambos grupos ($p < 0.05$). Para este caso se encontró una diferencia estadísticamente significativa $p = 0.01944$, cuyo valor de t calculado es de -2.3005 , con 12.814 grados de libertad, y un 95% de confianza.

El grupo que utilizó los laboratorios remotos muestra una mejoría de dos puntos en promedio en los resultados de la prueba postest con respecto a la prueba pretest, mientras que en el caso del grupo control no existe dicha mejoría, tal y como se observa en la [Figura 1](#).

Figura 1: Medias de las diferencias de calificaciones



Medias de las diferencias de calificaciones. Se observa una mejoría promedio de dos puntos en los resultados de la prueba postest con respecto a la prueba pretest, entre estudiantes que utilizaron los laboratorios remotos, mientras que en el grupo control no existe dicha mejoría. Las barras de error indican el error estándar.

Nota: Elaboración propia.

Con base en los resultados, se puede afirmar que el grupo que utilizó los laboratorios remotos mejoró su rendimiento académico en comparación con el grupo que no lo utilizó. Dicha diferencia puede atribuirse precisamente al uso de los laboratorios remotos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por [Post et al \(2019\)](#) en el sentido de que las experiencias de experimentación que utilizan laboratorios remotos permiten al estudiantado adquirir conocimientos científicos.

<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Los resultados del análisis cualitativo se muestran en la [Tabla 2](#), secuencias de enseñanza y aprendizaje utilizadas.

Tabla 2: Secuencias de enseñanza aprendizaje utilizadas

Proyecto - Cambio climático en mi localidad				
Aprendizaje esperado: Analiza el calor como energía.				
Intención didáctica: Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales, así como explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.				
Tiempo de ejecución: 1 semana				
	Grupo 1		Grupo 2	
Proyecto	Durante tres días observa los cambios que se producen en una planta de tu huerto familiar. Utiliza un diario para anotar las observaciones realizadas agregando imágenes.		Durante tres días observa los cambios en temperatura, humedad y presión que se producen dentro y fuera de un invernadero. Utiliza un diario para anotar las observaciones realizadas con énfasis en la evolución de la temperatura, humedad y presión, a lo largo del día, relacionando las condiciones climáticas.	
Actividades	Recursos	Evaluación	Recursos	Evaluación
¿Cómo producir calor?	Explicación con diapositivas	Notas en cuaderno de trabajo	Explicación en vivo utilizando el laboratorio remoto	Experimento con globos y fuego
	Revisión de video en YouTube	Cuadro comparativo	Diferencia entre temperatura y calor	Informe y socialización de resultados
Factores y elementos del clima	Diferencia entre temperatura y calor			
	Revisión de video en clase	Mapa mental	Revisión de datos almacenados en el laboratorio remoto	
	Factores y elementos del clima	Responder preguntas propuestas	Factores y elementos del clima	Responder preguntas propuestas
Evidencia para evaluación final	Observación de una planta	Cuadro comparativo sobre los climas de diferentes localidades	Observación de planta	Cuadro comparativo sobre los climas de diferentes localidades
	Elaboración de cartel sobre el calor como una energía que incide en el cambio climático de su localidad.		Elaboración de un termómetro casero explicando cómo la energía calorífica incide en él. Explicar con esto el cambio climático de su localidad	

Nota: Elaboración propia.



En la [Tabla 2](#) se observa cómo la integración de los laboratorios electrónicos propició no solo el enriquecimiento o mejora de las actividades que se tenían planeadas para el grupo 1, sino un cambio en las propias actividades y evidencias que solicita la maestra titular. Pasó de una clase enfocada en conceptos y demostración de aprendizajes logrados por memorización a una clase principalmente experimental, en donde el foco estaba puesto en la demostración de conceptos y su utilización para explicar fenómenos naturales.

Discusión

La enseñanza de las ciencias requiere incorporar algunos cambios para lograr mejores resultados. Estos cambios deben estar sustentados en la certeza de que la experimentación científica escolar es fundamental, no solo para favorecer la motivación y el interés por aprender sino para favorecer el trabajo colectivo y práctico como fuente principal de construcción de conocimientos ([Chacón-Ramírez et al., 2016](#)).

En este sentido, los cambios que se observan en los resultados en el desarrollo de la alfabetización científica del estudiantado, evaluada a través de cuestionarios y corroborada con las evidencias de aprendizaje recolectadas, concuerdan con otras investigaciones ([Lin & Wang, 2017](#); [Lustig et al., 2018](#); [Hammang et al., 2018](#)) respecto a que el material didáctico basado en tecnología facilita el desarrollo de habilidades a través de la exploración y la solución de problemas del mundo real, manteniendo cierto grado de incertidumbre ([Jiang et al., 2021](#)) en el proceso mismo de indagación y sus resultados. Además, han mostrado una gran aceptación tanto en docentes como en estudiantes ([Conejo-Villalobos et al., 2019](#); [Herrero-Villareal et al., 2020](#); [Post et al., 2019](#)), debido a que logra estimular los sentidos del estudiantado y favorece la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y valores.

A manera de ejemplo, basta observar los cambios entre las actividades y evidencias de aprendizaje que se requieren en el apartado *¿Cómo producir calor?* Mientras el grupo 1, a partir de un video de YouTube, tiene que crear un cuadro comparativo, el grupo 2 pone a prueba estos conocimientos en un experimento, que resulta ser mucho más divertido que la creación de un cuadro comparativo. Al terminar, realizan un informe de prácticas que es socializado entre todos los integrantes del grupo, lo que permite la obtención de conclusiones generales, ayudando a integrar las nuevas experiencias vividas a sus conocimientos previos ([Chacón-Ramírez et al., 2016](#)).

Parafraseando a Claudia Broitman en su texto *Cambian los problemas, cambian los procedimientos de resolución*, en donde el argumento principal es que un cambio en alguna de las variables que intervienen en la construcción de un problema matemático, determina la elección de un procedimiento de solución sobre otros por parte del estudiantado ([Broitman, 2000](#)), podemos decir que un cambio en el material didáctico utilizado determina las actividades que el personal docente plantea y las evidencias de aprendizaje que solicita para una clase de ciencias. Esto resalta la importancia que tiene que el personal docente busque de manera



<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

permanente adaptarse a los contextos históricos y sociales, de tal forma que se apropie de estrategias y herramientas didácticas con la intención de enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje (Suárez-Ramos, 2017).

Conclusiones

Los resultados cuantitativos resultan muy importantes para asegurar, con sólida evidencia, que el uso de material didáctico innovador como los laboratorios remotos, alineado con la idea de aprender ciencias a través de la experimentación y la indagación, mejora la alfabetización científica del estudiantado, alcanzando el propósito de esta investigación. Esta afirmación se corrobora con las evidencias cualitativas, en donde se puede observar que el estudiantado está utilizando sus conocimientos y habilidades para demostrar fenómenos naturales, lo que sirvió para reflexionar sobre el cambio climático, sus causas y sus efectos.

Por su parte, los resultados cualitativos también evidencian cómo la introducción de material didáctico como los laboratorios remotos motiva una serie de modificaciones instruccionales haciendo que el énfasis docente estuviera en las evidencias experimentales y de demostración de fenómenos naturales y no en las evidencias conceptuales y teóricas y tampoco en el uso del propio laboratorio.

Estas modificaciones y cambios tienen grandes implicaciones en la práctica docente. Desde el punto de vista del diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje se incorporan actividades interactivas de experimentación que antes eran casi imposibles de llevar a cabo en un salón de clases. Además, genera también una modificación en las relaciones profesorado–alumnado y alumnado–alumnado hacia una relación más cooperativa entre la comunidad áulica durante el desarrollo de las actividades clase.

Por último, la propia evaluación de los aprendizajes resulta ser más auténtica, ya que refleja tanto el aprendizaje como las actitudes y valores del estudiantado con respecto a las actividades realizadas. Esto permite concluir que los laboratorios remotos, utilizados como material didáctico, son herramientas de enseñanza que brindan un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje de las ciencias, prácticos y atractivos para el estudiantado, lo que ayuda a mejorar la comprensión y aplicación práctica de leyes y principios científicos favoreciendo el desarrollo de su alfabetización científica.

Limitaciones y sugerencias

Debido a que el muestreo emplea el método de conveniencia, esta muestra puede tener un sesgo de selección y puede no representar a la población del estudiantado de telesecundaria. Se circunscribe únicamente a estudiantado inscrito en escuelas que comparten el mismo contexto. Además, el número de estudiantes que participan del estudio no es suficiente para

pretender generalizar los resultados; sin embargo, resulta suficiente para los propósitos que se persiguen y deja espacio para otras investigaciones que impliquen mayor cantidad de docentes y estudiantes, lo cual permita encontrar conexiones significativas en las pruebas estadísticas que garanticen una representación justa del fenómeno.

Por otra parte, los datos cuantitativos se limitan a la evidencia que se recolecta con instrumentos de respuesta cerrada en dos momentos de la intervención. Puede ser interesante realizar investigaciones de largo aliento que obtengan evidencias de evaluación formativa parciales, es decir, a lo largo del tiempo, que permitan evaluar la incidencia de los laboratorios en diferentes momentos del proceso de enseñanza y aprendizaje para valorar el aporte de estos dispositivos.

Declaración de contribuciones

Las personas autoras declaran que han contribuido en los siguientes roles: **R. Z. M.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo; la obtención de fondos, recursos y apoyo tecnológico y el desarrollo de la investigación. **S. L. C. M.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo y el desarrollo de la investigación. **J. S. M.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo y el desarrollo de la investigación.

Declaración de material complementario

Este artículo tiene material complementario disponible en:

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/15806/27523>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/15806/27524>

Referencias

- Braun, M., Kirkup, L., & Chadwick, S. (2018). The impact of inquiry orientation and other elements of cultural framework on student engagement in first year laboratory programs. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(4), 30-48. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/12508>
- Broitman, C. (2000). Cambian los problemas, cambian los procedimientos de resolución. En *La enseñanza de las Matemáticas I. Programa y materiales de apoyo para el estudio. Licenciatura en educación secundaria. Especialidad: Telesecundaria. 3^{er} semestre. Programa para la transformación y el fortalecimiento académicos de las Escuelas Normales* (pp. 37-46). SEP.
- Chacón-Ramírez, N., Saborío-García, F., & Nova-Bustos, N. (2016). El uso de recursos didácticos de la química para estudiantes, en los colegios académicos diurnos de los circuitos 09 y 11, San José, Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 20(3), 1-24. <https://doi.org/10.15359/ree.20-3.2>



<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Conejo-Villalobos, M., Arguedas-Matarrita, C., & Concari, S. B. (2019). Difundiendo el uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la física: Talleres con docentes y estudiantes. *Revista de Enseñanza de La Física*, 31(Extra), 205-213. www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/
- Cifaldi, B. (2018). *Impact of a Steam lab on science achievement and attitudes for girls* [Tesis doctoral, University of South Carolina]. <https://scholarcommons.sc.edu/etd/4927/>
- Clemes Cardoso, D., Passos Cristgiano, M., & Orlandi Arent, C. (2009). Development of new didactic materials for teaching science and biology: The importance of the new eeducation practices. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 9(1), 1-5. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2009.1.5>
- Fernández Sesma, M. G. & León Fontes, G. F. (2016). Principles for the use, adaptation, and development of didactic material. *Mextesol Journal*, 40(3), 1-10. http://www.mextesol.net/journal/index.php?page=journal&id_article=1491
- Furió Más, C. J. & Furió, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? *Educación Química*, 20(1), 246–251. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30059-4](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30059-4)
- Hammang, C., Gough, P., Liu, W., Jiang, E., Ross, P., Cook, J., & Poronnik, P. (2018). Life sciences in virtual reality: First-year students learning as creators. En *SIGGRAPH Asia 2018 Posters* (pp. 1-2). <https://doi.org/10.1145/3283289.3283328>
- Hapsari, A. S., Hanif, M., & Gunarhadi, R. (2019). Motion graphic animation videos to improve the learning outcomes of elementary school students. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1245-1255. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.4.1245>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª ed.). McGraw Hill.
- Herrero-Villareal, D., Arguedas-Matarrita, C., & Gutiérrez-Soto, E. (2020). Laboratorios remotos: Recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes. *Revista de La Enseñanza de La Física*, 32(extra), 181-189. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/issue/view/2204>
- Husseini, N. S. & Kaszubski, I. (2017, 24 de Junio). Incorporating the Raspberry Pi into laboratory experiments in an introductory MATLAB course. Ponencia presentada en *ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.18260/1-2--28514>
- Jiang, R., Li, C., Huang, X., Sung, S., & Xie, C. (2021). Remote Labs 2.0 to the rescue. Doing science in a pandemic. *The Science Teacher*, 88(6), 63-73. <https://www.nsta.org/science-teacher/science-teacher-julyaugust-2021-0/remote-labs-20-rescue>

- Laherto, A. & Laherto, J. (2018). Video-mediated physics instruction from preservice teachers to elementary students: Experiences and reflections. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(2), 103-114. <https://doi.org/10.1080/21532974.2017.1416712>
- Lee, B., Hanley, J. P., Nowak, S., Bates, J. H. T., & Hébert-Dufresne, L. (2020). Modeling the impact of school reopening on SARS-CoV-2 transmission using contact structure data from Shanghai. *BMC Public Health*, 20(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09799-8>
- Limpraptono, F.Y., Nurcahyo, E., & Faisol, M. (2021). The development of electronics telecommunication remote laboratory architecture based on mobile devices. *International journal of online and biomedical engineering*, 17(3), 26-36. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i03.20179>
- Lin, Y.-W. & Wang, T.-I. (2017). The design of a STEM-oriented project-based course for the higher grades of elementary schools. En T.-C., Huang, R. Lau, Y.-M. Huang, M. Spaniol, & C.-H.-Yuen (Eds.), *Emerging Technologies for Education. SETE 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10676, pp. 137-143). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71084-6_15
- Lustig, F., Brom, P., Kuriscak, P., & Dvorak, J. (2018). "Hands-on-Remote" Laboratories. En M. E. Auer & R. Langmann (Eds.), *Smart Industry & Smart Education. REV 2018. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 47, pp. 118-127). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7_13
- Nasrudin, D., Irwansyah, F. S., Sugilar, H., Ramdhani, M. A., & Aulawi, H. (2019). Packaging science and local wisdom in digital devices for primary school students: Challenges and obstacles. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012033>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *PISA 2018 Assessment and analytical framework*. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory. *Proceedings of 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching, (TAE)*. https://www.researchgate.net/publication/305908350_Project_teaching_beyond_Physics_Integrating_Arduino_to_the_laboratory
- Polishuk, A. & Verner, I. (2018). An elementary science class with a robot teacher. En W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education. Latest results and developments. RiE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 630, pp. 263-273). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_24
- Post, L. S., Guo, P., Saab, N., & Admiraal, W. (2019). Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*, 140, Artículo 103596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103596>

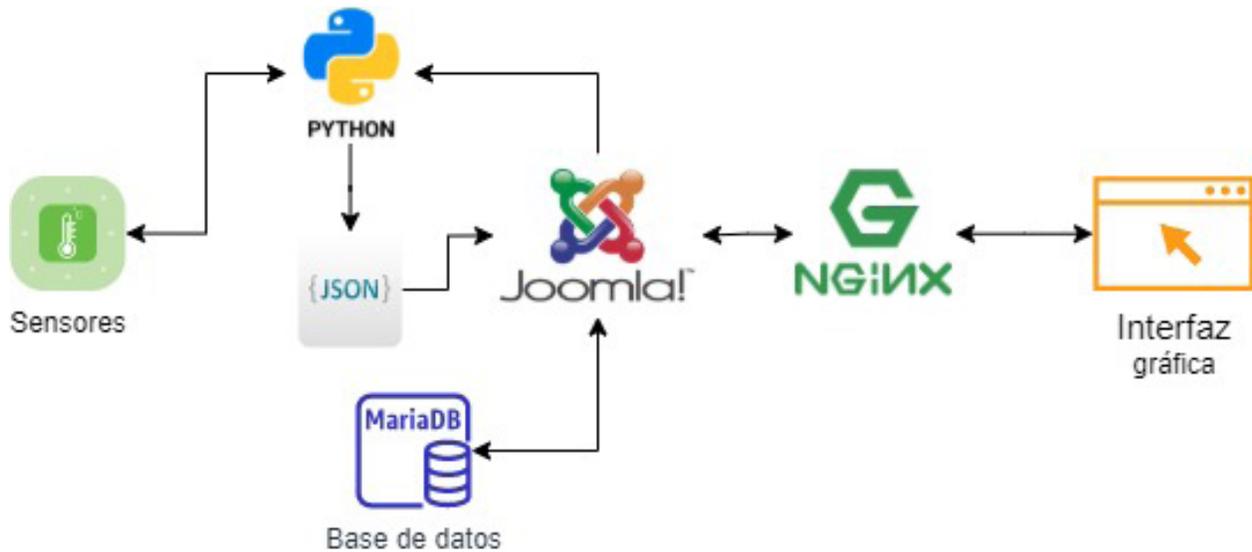


<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Qistina, M., Hermita, N., Alpusari, M., Noviana, E., Antosa, Z., Witri, G., Munjiatun, M., & Indarni, A. (2019). Improving science learning outcomes of elementary students by using interactive multimedia on human order materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012075>
- Rocha Daros, M., Cardoso de Lima, J. P., Rochadel, W., Bento Silva, J., & ScharDOSim Simão, J. (2016). Remote experimentation in basic education using an architecture with Raspberry Pi. *3rd Experiment International Conference* (75-78). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2015.7463218>
- Rosales Sánchez, E. M., Rodríguez Ortega, P. G., & Romero Ariza, M. (2020). Conocimiento, demanda cognitiva y contextos en la evaluación de la alfabetización científica en PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 1-22. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302
- Schiefer, J., Golle, J., Tibus, M., Trautwein, U., & Oschatz, K. (2017). Elementary school children's understanding of science: The implementation of an extracurricular science intervention. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 447-463. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.011>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2017). Aprendizajes clave para la educación integral. Ciencias y tecnología. Educación secundaria. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación. En *Aprendizajes clave*. <https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/descargables/biblioteca/secundaria/ciencias/1-LpM-sec-Ciencias-y-Tecnologia.pdf>
- Skutil, M., Havlíčková, K., & Matějčková, R. (2013). Didactic material resources in the teaching of national history and geography: Selected results of a qualitative survey. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 7(10), 2744-2748. <https://publications.waset.org/vol/82>
- Suárez-Ramos, J.C. (2017). Importancia del uso de recursos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas para la estimulación visual del estudiantado. *Revista Electronica Educare*, 21(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.21-2.22>
- Syarah, E. S., Yetti, E., Fridani, L., Yufiarti, Y. y Hapidin, H., & Pupala, B. (2019). Electronic Comics in Elementary School Science Learning for Marine Conservation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 500-511. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.19377>
- Viner, R. M., Russell, S. J., Croker, H., Packer, J., Ward, J., Stansfield, C., Mytton, O., Bonell, C., & Booy, R. (2020). School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: A rapid systematic review. *The Lancet Child and Adolescent Health*, 4(5), 397-404. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30095-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30095-X)

Apéndice A

Figura A1: Diseño lógico del laboratorio remoto



Nota: Del archivo de investigación

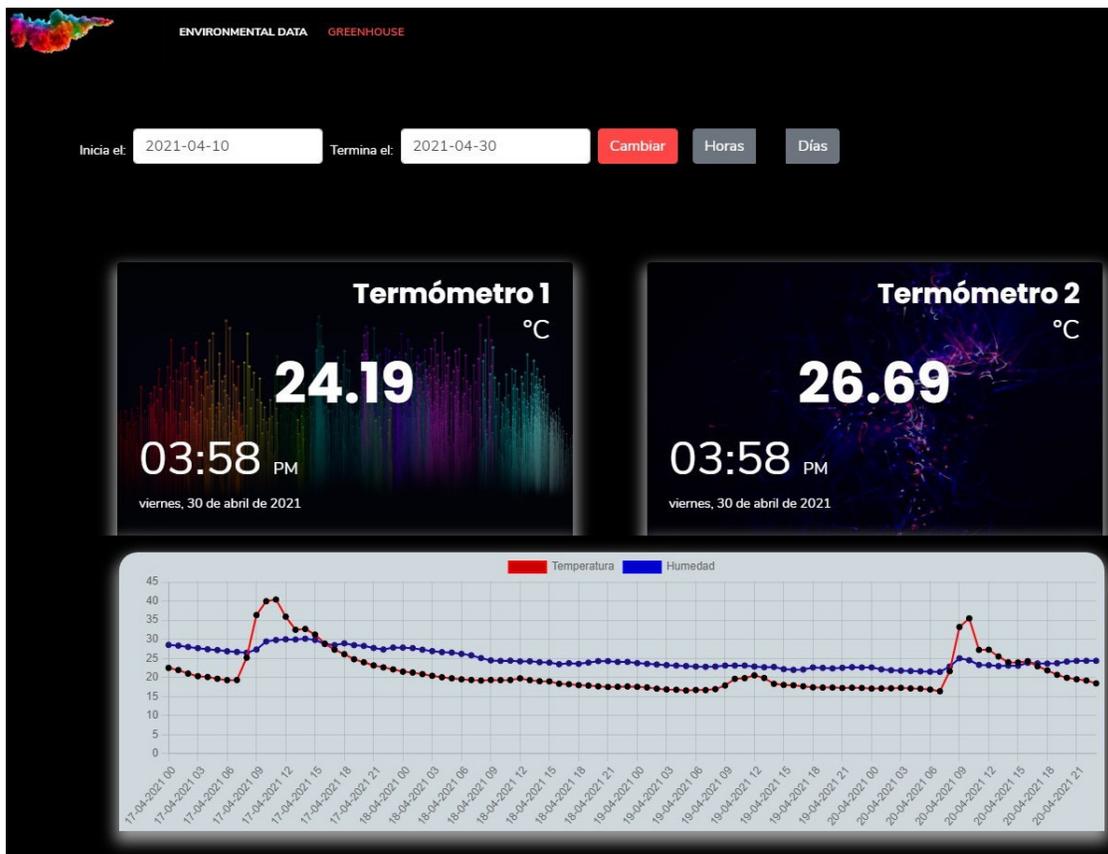
Figura A2: Hardware, circuitería y cableado del laboratorio remoto



Nota: Del archivo de investigación

<https://doi.org/10.15359/ree.27-2.15806>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Figura A3: Interfaz de usuario del laboratorio remoto



Nota: Del archivo de investigación