

RECIBIDO: 14 DE AGOSTO 2024; REVISADO: 28 DE AGOSTO 2024; ACEPTADO: 4 DE SEPTIEMBRE 2024

USO DE LABORATORIOS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA, NIVEL SECUNDARIA

*USE OF VIRTUAL LABORATORIES FOR SCIENCE TEACHING,
SECONDARY LEVEL*

Lic. Mayra Gabriela Jaime Torres

Maestría en educación en Centro de Investigación e
Innovación Educativa de Sistema Valladolid (CIINSEV)
email.ciinsev230@multiversidadlatinoamericana.edu.mx

ORCID: 0009-0008-3090-7718

Rocio Cristina Ibarra Padilla

Asesor del Centro de Investigación e Innovación Educativa
de Sistema Valladolid (CIINSEV).

iapr4@multiversidadlatinoamericana.edu.mx

ORCID: 0009-0006-2775-068X

RESUMEN

La integración de tecnologías digitales ha revolucionado la educación, especialmente en la enseñanza de ciencias a nivel secundario. Los "Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de Ciencias" ofrecen experiencias inmersivas que superan las limitaciones de los laboratorios tradicionales, poco a poco han evolucionado con la tecnología, desde simuladores interactivos hasta la realidad virtual y aumentada, permitiendo simulaciones más realistas y participativas. Sin embargo, existen desafíos como la brecha digital y la necesidad de capacitación docente adecuada. El estudio se basa en un diseño cuasi experimental con 102 estudiantes de secundaria en el Colegio Valladolid Unidad Cipreses en Saltillo, Coahuila, México. Los instrumentos de recolección de datos incluyen cuestionarios de entrada y salida, cuadernillos de prácticas y entrevistas estructuradas realizados en el ciclo 2023-2024. Los resultados muestran un incremento significativo en las calificaciones promedio de los estudiantes después de usar laboratorios virtuales, destacando su efectividad en mejorar el rendimiento académico. También resaltan la importancia de la capacitación docente y la inversión en infraestructura tecnológica para maximizar el potencial educativo de estas herramientas. Las recomendaciones incluyen desarrollar políticas de inclusión tecnológica, programas de capacitación docente y fomentar la inversión en infraestructura tecnológica.

Palabras claves: laboratorios virtuales, enseñanza de ciencias, nivel secundario, tecnología educativa, aprendizaje activo.

ABSTRACT

The integration of digital technologies has revolutionized education, especially in science education at the secondary level. Virtual Laboratories in Science Education" offer immersive experiences that overcome the limitations of traditional laboratories, and have gradually evolved with technology, from interactive simulators to virtual and augmented reality, allowing more realistic and participatory simulations. However, there are challenges such as the digital divide and the need for adequate teacher training. The study is based on a quasi-experimental design with 102 high school students at Colegio Valladolid Unidad Cipreses in Saltillo, Coahuila, Mexico. The data collection instruments include entrance and exit questionnaires, practice booklets and structured interviews conducted in the 2023-2024 cycle. The results show a significant increase in students' average grades after using virtual laboratories, highlighting their effectiveness in improving academic performance. They also highlight the importance of teacher training and investment in technological infrastructure to maximize the educational potential of these tools. Recommendations include developing technology inclusion policies, teacher training programs and encouraging investment in technological infrastructure.

Key Words: virtual laboratories, science education, secondary level, educational technology, active learning.

INTRODUCCIÓN

En la era contemporánea, la integración de tecnologías digitales ha revolucionado la educación, especialmente en la enseñanza de las ciencias a nivel secundaria. Los "Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de Ciencias" han emergido como una herramienta pedagógica avanzada, ofreciendo experiencias inmersivas que superan las limitaciones de los laboratorios tradicionales. Este artículo analiza el impacto de los laboratorios virtuales, abordando tanto los beneficios como los desafíos de su implementación.

Históricamente, los laboratorios virtuales han evolucionado junto con los avances tecnológicos, desde los primeros simuladores interactivos hasta la realidad virtual y aumentada actuales (Johnson et al., 2018). La innovación en estas tecnologías permite simulaciones más realistas y participativas, redefiniendo la interacción de los estudiantes con los conceptos científicos.

El problema abordado incluye la brecha digital y las cuestiones éticas, que pueden limitar el acceso equitativo a la tecnología necesaria y la relevancia de las experiencias de aprendizaje para los estudiantes. También, se destaca la necesidad de capacitación adecuada para los docentes en el uso de estas herramientas emergentes (Hodson, 2018; Akcayir y Akcayir, 2017).

A partir de la revisión de literatura se han identificado varias necesidades para la implementación de laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias.

1. Reducción de la brecha digital: se debería garantizar que todos los estudiantes independientemente del

contexto socioeconómico, deben tener acceso a la tecnología necesaria para utilizar los laboratorios virtuales.

2. La capacitación del docente: se requiere formación adecuada para integrar de manera efectiva las herramientas tecnológicas de los laboratorios virtuales en la práctica pedagógica, asegurando que esta tecnología se utilice de manera correcta para mejorar el aprendizaje.
3. Desarrollo de contenido relevante: es fundamental diseñar simuladores y experimentos pedagógicamente relevante y alineados con los objetivos curriculares de la educación a nivel secundaria

El objetivo general de esta investigación es analizar el impacto de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la ciencia en secundaria, identificando sus desafíos y necesidades para su implementación eficaz.

Para lograrlos se establecen los siguientes objetivos específicos: evaluar los beneficios educativos de los laboratorios virtuales en relación con el aprendizaje de los estudiantes, la interacción con otros laboratorios y la comprensión de los conceptos científicos. Además, se busca identificar los desafíos sociales, técnicos y éticos relacionados con la implementación de laboratorios virtuales y hacer propuestas para superarlos.

Los métodos empleados en este estudio incluyen análisis de antecedentes, revisión de literatura y evaluación de tecnologías emergentes en la educación científica.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La integración de la tecnología en el ámbito educativo ha sido un tema central en las últimas décadas, transformando significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los avances tecnológicos han ofrecido nuevas herramientas y oportunidades para mejorar la calidad educativa (Ertmer, 1999). En un mundo cada vez más digitalizado, la aplicación de la tecnología en el aula es esencial para preparar a los estudiantes para los desafíos del futuro (Zhao et al., 2002).

Los laboratorios virtuales, también conocidos como simulaciones o entornos de laboratorio en línea, representan una innovación en la enseñanza de la ciencia al ofrecer experiencias prácticas que superan las limitaciones de los laboratorios tradicionales. A diferencia de estos últimos, los laboratorios virtuales permiten a los estudiantes interactuar con modelos simulados de fenómenos científicos y realizar experimentos de manera segura y accesible desde cualquier ubicación con conexión a internet (Hodges et al., 2008).

Los laboratorios virtuales destacan por su accesibilidad desde cualquier lugar con conexión a internet, eliminando barreras geográficas y temporales. Son más económicos y requieren menos recursos físicos y financieros en comparación con los tradicionales, que necesitan equipos costosos y mantenimiento constante. Ofrecen flexibilidad para repetir experimentos y manipular variables, facilitando un aprendizaje autodirigido y adaptativo que es limitado en los laboratorios tradicionales debido a la disponibilidad y desgaste de materiales (Infante, 2014).

La enseñanza de las ciencias en el nivel secundaria es crucial para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas en los estudiantes (Bybee, 2014). Sin embargo, muchos estudiantes tienen dificultades para comprender y aplicar los conceptos científicos debido a la falta de experiencias prácticas (Linn

et al., 2015). La incorporación de laboratorios virtuales en el currículo de ciencias puede mitigar estas deficiencias al ofrecer oportunidades significativas de aprendizaje experiencial (Smetana y Bell, 2012). Juegan un papel crucial en la enseñanza de la ciencia al proporcionar un entorno donde los estudiantes pueden aplicar conceptos teóricos a situaciones prácticas. Esto facilita la comprensión profunda de los principios científicos y fomenta habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Schwartz, 2009).

Un punto muy importante es considerar la preparación adecuada del profesorado en el uso efectivo de laboratorios es crucial, pues deben estar capacitados en el diseño de experimentos, la gestión del laboratorio y la integración de las actividades prácticas con los objetivos curriculares (Abrahams y Millar, 2008). Además, las infraestructuras adecuadas en los laboratorios incluyen equipos científicos actualizados, espacios seguros y bien equipados, y materiales didácticos suficientes para realizar experimentos. Estas condiciones son fundamentales para garantizar experiencias de aprendizaje efectivas (Baran, 2010).

En la educación secundaria, se utilizan ampliamente para simulaciones en física, química y biología, beneficiando a estudiantes al adaptarse a diferentes estilos y ritmos de aprendizaje, según estudios como los de Clark y Mayer (2016) y Bremer et al. (2009).

Algunos ejemplos comunes de laboratorios virtuales utilizados en la educación secundaria incluyen simulaciones en física, química y biología.

PhET Interactive Simulations: Desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder, PhET ofrece simulaciones en física, química, biología y matemáticas. Estas simulaciones permiten a los estudiantes interactuar con conceptos científicos complejos de manera visual y práctica. Por ejemplo, la simulación de "Estados de la Materia" permite a los estudiantes observar cómo cambian las moléculas en diferentes estados físicos al variar la temperatura y la presión (Science in School, 2023).

Labster: Esta plataforma proporciona simulaciones detalladas en biología, química, física y medicina. Utiliza entornos de laboratorio 3D donde los estudiantes pueden realizar experimentos virtuales que replican prácticas de laboratorio del mundo real, permitiéndoles aprender y practicar habilidades científicas esenciales (Lynch, 2017).

OLabs: ofrece simulaciones en física, química y biología diseñadas para estudiantes de secundaria. Estas simulaciones permiten a los estudiantes realizar experimentos que de otra manera serían difíciles de llevar a cabo en un laboratorio físico debido a limitaciones de recursos o seguridad (Lynch, 2017).

Las investigaciones han demostrado que los laboratorios virtuales pueden mejorar significativamente el aprendizaje y la comprensión de conceptos científicos. Por ejemplo, estudios como el de Barak y Dori (2009) han encontrado que los estudiantes que utilizan laboratorios virtuales muestran una comprensión más profunda y retienen mejor la información comparados con aquellos que solo participan en actividades teóricas.

En esta investigación es importante fundamentar teóricamente el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias, por ello es importante recurrir a las principales teorías que respaldan su uso y efectividad.

La teoría constructivista enfatiza la construcción activa del conocimiento por parte del estudiante. Los laboratorios virtuales facilitan este aprendizaje activo, permitiendo a los estudiantes explorar y reflexionar sobre conceptos científicos, lo cual promueve un aprendizaje significativo (Jonassen, 1999).

Por otro lado, la teoría del aprendizaje autónomo argumenta la importancia de que los estudiantes sean responsables de su propio aprendizaje. Los laboratorios virtuales pueden fomentar la autonomía del estudiante al permitirles explorar y experimentar de manera independiente, facilitando el aprendizaje autodirigido (Clark y Mayer, 2016).

La teoría Cognoscitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM), propuesta por Richard E. Mayer proporciona una base sólida para comprender cómo los laboratorios virtuales pueden mejorar el aprendizaje en ciencias. Un aspecto clave de esta teoría es el procesamiento dual de Información: visual y verbal, pues sugiere que el aprendizaje es más efectivo cuando la información se presenta a través de canales visuales y verbales. Los laboratorios virtuales pueden combinar simulaciones visuales (por ejemplo, reacciones químicas, fenómenos físicos) con explicaciones verbales o textuales, lo que permite a los estudiantes procesar y retener información de manera más eficiente (Mayer, 2005). Además, considera la reducción de la carga cognoscitiva: principios de diseño, donde los laboratorios virtuales pueden diseñarse siguiendo los principios de reducción de la carga cognoscitiva, como la contigüidad espacial y temporal, segmentación y coherencia. Esto significa que los elementos visuales y textuales se presentan juntos y de manera sincronizada, y la información se divide en segmentos manejables (Sweller, Ayres, y Kalyuga, 2011).

Interactividad y Aprendizaje Activo: Participación Activa: Los laboratorios virtuales permiten a los estudiantes interactuar activamente con el contenido. La teoría de Mayer destaca que el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes pueden seleccionar, organizar e integrar información de manera activa (Mayer, 2005). La interactividad de los laboratorios virtuales facilita este tipo de aprendizaje activo.

Accesibilidad y Flexibilidad: Aprendizaje a Distancia: La TCAM respalda el uso de multimedia en el aprendizaje, lo que es particularmente beneficioso en entornos virtuales. Los laboratorios virtuales permiten el acceso a recursos educativos desde cualquier lugar y en cualquier momento, facilitando el aprendizaje continuo y flexible.

La evaluación del aprendizaje a través de laboratorios virtuales es fundamental. Srisawasdi et al. (2010) discuten cómo estos entornos pueden usarse para evaluar y medir la comprensión de los estudiantes en conceptos científicos.

Este enfoque de evaluación facilita la identificación de áreas de mejora y el ajuste de estrategias educativas para mejorar los resultados de aprendizaje.

La implementación de laboratorios virtuales enfrenta varios desafíos significativos. Problemas técnicos como la calidad variable de la conexión a Internet y la falta de equipos actualizados pueden afectar la experiencia y efectividad de aprendizaje de los estudiantes (Clark y Mayer, 2016). Socialmente, la desigualdad de acceso a dispositivos y conexiones de calidad amplía la brecha educativa, mientras que la resistencia al cambio por parte de estudiantes, padres y profesores puede obstaculizar la adopción de nuevas tecnologías (Bremer, Donovan, y Lippincott, 2009).

Los laboratorios virtuales también presentan limitaciones importantes. La falta de infraestructura tecnológica adecuada en las escuelas, incluyendo computadoras y conexión a Internet confiable, puede limitar su implementación efectiva (Anderson, Conrad, y Corbett, 1989). Además, la preparación insuficiente del profesorado en el uso de estas herramientas y la falta de apoyo institucional adecuado son barreras significativas que deben abordarse para maximizar el potencial educativo de los laboratorios virtuales (Clark y Mayer, 2016).

METODOLOGÍA

Se utilizará un diseño cuasi experimental para investigar el impacto de los Laboratorios Virtuales en la Enseñanza de Ciencias para Nivel Secundaria. Este diseño implica la manipulación deliberada de una variable independiente para observar sus efectos en una o más variables dependientes en una situación controlada. A diferencia de los experimentos verdaderos, en este diseño los grupos pueden no ser inicialmente equivalentes, por lo que se realizará un análisis para evaluar su comparabilidad (Hernández et al., 2010).

Contexto y Muestra del Estudio

La investigación se lleva a cabo en el Colegio Valladolid Unidad Cipreses, ubicado en Saltillo, Coahuila, México, con la participación de 102

alumnos de nivel secundaria. Se divide en dos grupos, uno experimental y otro de control, para manipular la variable independiente relacionada con la implementación de los Laboratorios Virtuales (LV), esto implica a 51 estudiantes por grupo. Para minimizar el sesgo, los estudiantes asignados a los grupos son asignados aleatoriamente.

Instrumentos de recolección de la información

Se emplearán varios instrumentos para recolectar datos:

1. Cuestionario de entrada: para evaluar el nivel inicial de conocimientos y la motivación de los estudiantes hacia el uso de los laboratorios virtuales en las ciencias.
2. Cuestionario de salida: para medir el aprendizaje adquirido después de la intervención con los laboratorios virtuales.
3. Cuadernillos de prácticas: utilizados por los estudiantes durante las actividades en los laboratorios virtuales para registrar observaciones y resultados.
4. Entrevistas estructuradas: realizadas con los estudiantes para obtener retroalimentación cualitativa sobre su experiencia con los laboratorios virtuales.

Fases de la investigación

1. Fase Introdutoria: incluye la revisión de literatura, la selección de software para los laboratorios virtuales, y la validación de los cuestionarios por expertos.
2. Fase Diagnóstica: consiste en la administración y análisis del cuestionario de entrada, para identificar el nivel inicial de conocimientos de los estudiantes.
3. Fase de Diseño: se diseñan unidades didácticas basadas en los resultados del cuestionario de entrada y se elaborarán las guías de laboratorio para los LV.
4. Fase de Aplicación: se aplican las unidades didácticas con apoyo de los cuadernillos, utilizando los LV, monitoreando el impacto en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes.
5. Fase de Evaluación: se aplica nuevamente el cuestionario para evaluar el aprendizaje adquirido y se realizan entrevistas estructuradas para profundizar en las percepciones de los estudiantes.

RESULTADOS

Con base a la fórmula de cambio porcentual

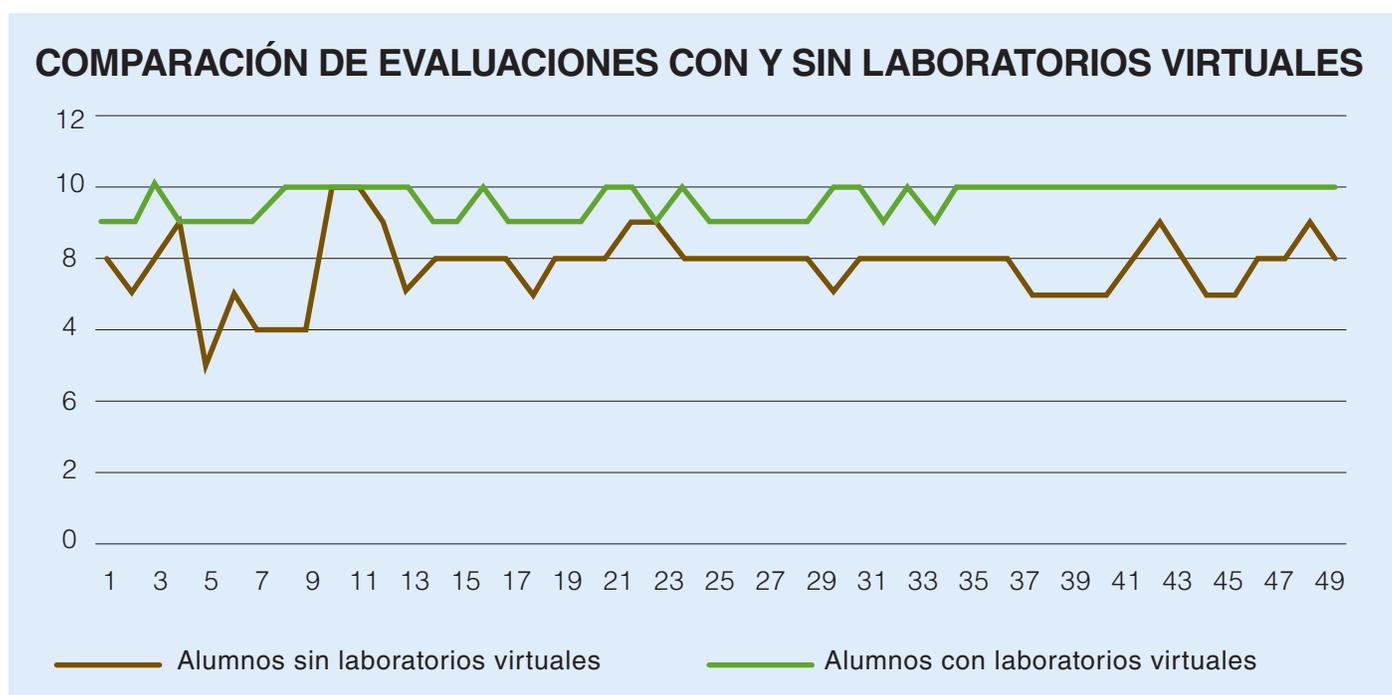
$$\frac{\text{Promedio Examen Previo a LV} - \text{Promedio Examen Posterior}}{\text{Promedio Examen Previo a LV}} \times 100$$

(LV–Promedio Examen Previo a LV) × 100

Se observó un incremento porcentual significativo en las calificaciones promedio de los estudiantes después de usar laboratorios virtuales. Con una calificación promedio posterior al uso de laboratorios virtuales de 9.65 y una calificación promedio previa de 7.87, el incremento porcentual es del 22.62%.

Figura 1.

Comparación de evaluaciones con y sin laboratorios virtuales.



En la figura 1 se resalta la efectividad de los laboratorios virtuales en mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en ciencias. La implementación de estas herramientas ha permitido superar las limitaciones de los laboratorios tradicionales, ofreciendo un entorno de aprendizaje más accesible y adaptable a las necesidades individuales de los estudiantes.

Impactos de los Resultados

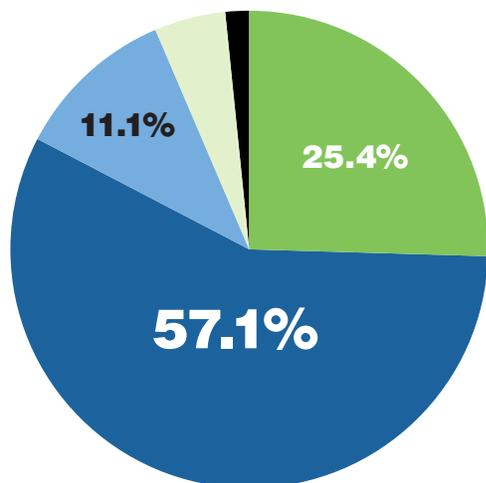
1. Mejora en el rendimiento académico: la notable mejora del 22.62% en las calificaciones promedio refleja que los laboratorios virtuales facilitan una comprensión más profunda de los conceptos científicos. Esta mejora se alinea con estudios

previos que demuestran que el aprendizaje activo y la experimentación práctica, proporcionados por los laboratorios virtuales, son fundamentales para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas (Barak y Dori, 2009).

2. Reducción de la brecha digital: los laboratorios virtuales permiten un acceso equitativo a experiencias educativas, superando las barreras geográficas y económicas. Esto es especialmente relevante en contextos donde la infraestructura para laboratorios físicos es limitada o inexistente. La accesibilidad y flexibilidad de estas herramientas son esenciales para democratizar la educación científica (Ertmer, 1999).

Figura 2.

Brecha digital (accesibilidad y flexibilidad)



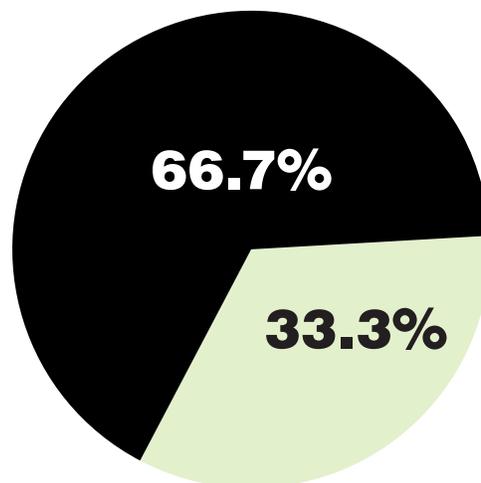
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

La figura 2 muestra que los estudiantes encontraron que el uso de laboratorios virtuales es una herramienta accesible y manejable superando barreras de infraestructura física y permitiendo una participación equitativa en las actividades científicas. La alta proporción de respuestas en las categorías de acuerdo, indica que el 57.1% de y con un 25.4% con respuesta totalmente de acuerdo, los estudiantes se sienten cómodos utilizando estos recursos, lo cual es crucial para democratizar la educación científica.

3. Capacitación docente y desarrollo profesional: los resultados subrayan la necesidad de una capacitación adecuada para los docentes. La formación en el uso de tecnologías emergentes es crucial para maximizar el potencial educativo de los laboratorios virtuales y asegurar que se integren efectivamente en la práctica pedagógica (Akçayir y Akçayir, 2017).

Figura 3.

Capacitación docente

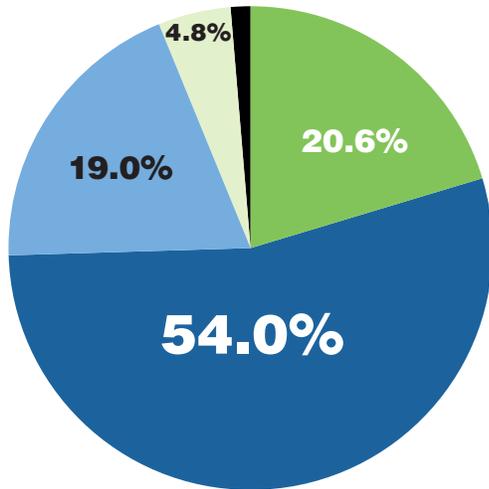


- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la figura 3, se puede observar la necesidad de capacitación para los docentes en el uso de laboratorios virtuales. La mayoría de ellos (66.7 %) está de acuerdo en que no han recibido cursos de formación específicos y solo han explorado las páginas de los laboratorios por su cuenta.

Fomento del aprendizaje colaborativo y autónomo: los laboratorios virtuales no solo promueven la autonomía del estudiante al permitir la exploración independiente, sino que también facilitan el aprendizaje colaborativo a través de herramientas interactivas y espacios de trabajo compartido. Estas metodologías de aprendizaje son vitales para preparar a los estudiantes para los desafíos del futuro (Clark y Mayer, 2016).

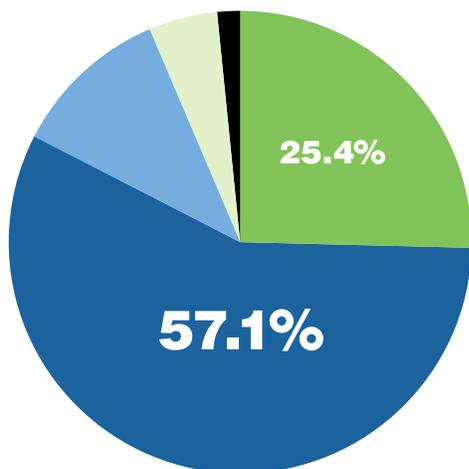
Figura 4.
Aprendizaje colaborativo.



- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la figura 4 se puede observar que los laboratorios virtuales promueven la colaboración entre los estudiantes. Un 54.0% de los estudiantes está de acuerdo con esta afirmación.

Figura 5.
Aprendizaje autónomo.



- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la figura 5, se puede observar que los estudiantes tienen un mejor aprendizaje autónomo con ayuda de los laboratorios virtuales con un 57.1% que está de acuerdo en aprender a su propio ritmo.

CONCLUSIÓN

La implementación de laboratorios virtuales ha demostrado ser una herramienta poderosa para mejorar la educación científica en nivel secundaria. Los resultados obtenidos, muestran un incremento significativo en las calificaciones, respaldan la necesidad de integrar estas tecnologías en el currículo educativo. Además, es fundamental abordar la brecha digital y asegurar la capacitación adecuada de los docentes para optimizar el impacto educativo de los laboratorios virtuales.

Recomendaciones

1. Políticas de inclusión tecnológica: desarrollar políticas educativas que promuevan la inclusión tecnológica y aseguren el acceso equitativo a laboratorios virtuales para todos los estudiantes, independientemente de su contexto socioeconómico.
2. Programas de capacitación docente: implementar programas de formación continua para docentes en el uso e integración de laboratorios virtuales, garantizando que se aprovechen al máximo las ventajas pedagógicas de estas herramientas.
3. Inversión en infraestructura tecnológica: fomentar la inversión en infraestructura tecnológica en las escuelas, asegurando una conexión a internet de alta calidad y el acceso a dispositivos necesarios para utilizar laboratorios virtuales de manera efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrahams, I., y Millar, R. (2008).** Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. recuperado de <https://doi.org/10.1080/09500690701749306>
- Akçayir, M., y Akçayir, G. (2017).** Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of Literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Anderson, J. R., Conrad, F. G., & Corbett, A. T. (1989).** Rejoinder: The role of cognitive psychology in understanding student misconceptions. *Journal of Learning Sciences*, 2(2), 239-247.
- Barak, M., y Dori, Y. J. (2009).** Enhancing higher-order thinking skills among inservice science teachers via embedded assessment. *Journal of Science Teacher Education*, 20(5), 459-474.
- Baran, E. (2010).** A review of research on laboratory work in science education. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-431). Routledge
- Bremer, C., Rauch, W., & Buhl, M. (2009).** Virtual Labs in Secondary Education: Current Approaches and Opportunities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 4(2009), 12-20.
- Bybee, R. W. (2014).** The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children*, 51(8), 10-13.
- Clark, R. C., y Mayer, R. E. (2016).** E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. John Wiley & Sons.
- Ertmer, P. A. (1999).** Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47(4), 47-61.
- Hodges, C. B., Gale, J., & Meng, A. (2008).** Online laboratory exercises in undergraduate technical courses: a study of efficacy.
- Hodson, D. (2018).** Re-thinking science education and technology: A transdisciplinary approach. Sense Publishers. recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Hofstein, A., y Lunetta, V. N. (2004).** The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. recuperado de <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2018).** NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition. The New Media Consortium.
- Jonassen, D. H. (1999).** Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. II, pp. 215-239). Lawrence Erlbaum Associates. *Journal of Educational Technology Systems*, 36(4), 357-373.
- Linn, M. C., Lee, H. S., Tinker, R., Husic, F., y Chiu, J. L. (2006).** Teaching and assessing knowledge integration in science. *Science*, 313(5790), 1049-1050.
- Lynch, J. (2017).** Labster: Esta plataforma proporciona simulaciones detalladas en biología, química, física y medicina. Recuperado de <https://www.labster.com/es/simulaciones>
- Lynch, J. (2017).** OLABs: Simulaciones en física, química y biología diseñadas para estudiantes de secundaria. Recuperado de <https://amrita.olabs.edu.in/>
- Mayer, R. E. (2005).** *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- PhET Interactive Simulations. (2023).** *Science in School*. Recuperado de <https://www.scienceinschool.org>
- Schwartz, R. S. (2009).** Laboratory learning: How collaboration and culture affect teaching and technology. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Smetana, L. K., y Bell, R. L. (2012).** Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Srisawasdi, N., y Panjaburee, P. (2010).** Assessing the effectiveness of virtual laboratories in an undergraduate analog electronics course. *IEEE Transactions on Education*, 53(4), 560
- Sweller, J., Ayres, P., y Kalyuga, S. (2011).** *Cognitive Load Theory*. Springer.
- Infante, C. (2014).** Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa*, 19(62), 917-937. Recuperado en 13 de julio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000300013&lng=es&tln-g=es.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., y Byers, J. L. (2002).** Conditions for classroom technology innovations. *Teachers College Record*, 104(3), 482-515. Recuperado de <https://www.learnlib.org/p/94690/>.