ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25

DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

IMPACTO DE LA EXPERIMENTACIÓN VIRTUAL EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN ESTUDIANTES DE PRIMERO DE BACHILLERATO DE LA UNIDAD EDUCATIVA "BATALLA DE TIOCAJAS"

THE IMPACT OF VIRTUAL EXPERIMENTATION ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC SKILLS IN BIOLOGY INSTRUCTION AMONG FIRST-YEAR HIGH SCHOOL STUDENTS AT THE "BATALLA DE TIOCAJAS" SCHOOL

Maria Rosa Alcoser Villalobos[1], Luis Alberto Mera Cabezas[2]

{rocyalcoser@gmail.com[1], lmera@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 12/10/2026 / Fecha de aceptación: 01/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: La enseñanza de la Biología en contextos rurales enfrenta limitaciones estructurales por la escasez de laboratorios físicos y materiales experimentales, lo que restringe el desarrollo de competencias científicas. El presente estudio analizó los cambios asociados a la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa "Batalla de Tiocajas" (Chimborazo, Ecuador). Se empleó un enfoque mixto con diseño preexperimental de un grupo con pretest-postest. Se implementó una intervención de ocho semanas basada en laboratorios virtuales y simuladores digitales sobre estructura celular, genética, ecología y microbiología. Participaron 35 estudiantes de 15 a 17 años y el docente de Biología. Los instrumentos incluyeron una prueba objetiva de competencias científicas, una encuesta tipo Likert, una entrevista semiestructurada y una guía de observación. Los resultados cuantitativos evidenciaron un aumento en la puntuación global de competencias científicas, de una media de 37,3 % (DE = 7,6) en el pretest a 77,5 % (DE = 5,8) en el postest (diferencia = 40,2 puntos porcentuales). Todas las dimensiones evaluadas (observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de resultados, argumentación científica y resolución de problemas) mostraron mejoras. La percepción estudiantil fue favorable: más del 85 % valoró positivamente la facilidad de aprendizaje, la motivación y la utilidad de los laboratorios virtuales. Se concluye que la experimentación virtual se asocia con mejoras en las competencias científicas en un contexto educativo con limitaciones de infraestructura experimental.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4041-7037
[2]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7419-4846

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Palabras clave: Laboratorios virtuales, experimentación virtual, competencias científicas, enseñanza de la biología, estrategias didácticas

ABSTRACT: Biology teaching in rural contexts faces structural limitations due to the scarcity of physical laboratories and experimental materials, which restricts the development of scientific competencies. This study analyzed the changes associated with virtual experimentation in the development of scientific competencies among first-year high school students at the "Batalla de Tiocajas" Educational Unit (Chimborazo, Ecuador). A mixed-methods approach with a one-group pretest-posttest pre-experimental design was employed. An eight-week intervention based on virtual laboratories and digital simulators covering cell structure, genetics, ecology, and microbiology was implemented. Thirty-five students aged 15 to 17 and the Biology teacher participated. Instruments included an objective scientific competencies test, a Likert-scale survey, a semi-structured interview, and an observation guide. Quantitative results showed an increase in the global scientific competencies score, from a mean of 37.3% (SD = 7.6) in the pretest to 77.5% (SD = 5.8) in the posttest (difference = 40.2 percentage points). All evaluated dimensions (scientific observation, hypothesis formulation, experimentation, results interpretation, scientific argumentation, and problem-solving) exhibited improvements. Student perception was favorable, with more than 85% of participants positively rating the ease of learning, motivation, and usefulness of virtual laboratories. It is concluded that virtual experimentation is associated with improvements in scientific competencies in an educational context with limited experimental infrastructure.

Keywords: virtual laboratories, virtual experimentation, scientific competencies, biology teaching, didactic strategies

INTRODUCCIÓN

En la última década, la enseñanza de las ciencias experimentales ha incorporado de forma creciente las tecnologías digitales como recurso para fortalecer el aprendizaje. En el caso de la Biología, el desarrollo de competencias científicas observación, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de datos, argumentación y resolución de problemas constituye un eje central de la formación, puesto que permite a los estudiantes comprender, analizar e interpretar fenómenos naturales a través de experiencias de aprendizaje significativas (1).

Sin embargo, numerosos sistemas educativos continúan enfrentando limitaciones relacionadas con la disponibilidad de laboratorios físicos, equipamiento, materiales biológicos y recursos económicos suficientes para sostener prácticas experimentales tradicionales. Estas restricciones repercuten de manera negativa en el desarrollo de competencias científicas, especialmente en centros educativos situados en contextos rurales o con infraestructura tecnológica y científica limitada (2).

Como respuesta a esta situación, los laboratorios virtuales y las herramientas de experimentación digital han surgido como alternativas didácticas para reforzar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza. Estos recursos

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

permiten reproducir fenómenos biológicos mediante simulaciones interactivas, de modo que la experimentación se desarrolla en entornos seguros, accesibles y controlados, al tiempo que se favorece la participación activa y autónoma de los estudiantes (3).

La evidencia científica reciente ha puesto de manifiesto que la experimentación virtual contribuye a la mejora del aprendizaje conceptual y procedimental. Navarro et al. demostraron que las simulaciones virtuales en biología celular favorecen la comprensión de conceptos complejos, incrementan la motivación y facilitan la adquisición de habilidades investigadoras (4). En la misma línea, otros estudios han confirmado que los entornos de laboratorio virtual permiten desarrollar competencias prácticas similares a las alcanzadas mediante experiencias presenciales, particularmente en áreas experimentales vinculadas a las ciencias biológicas (5,6).

Asimismo, se ha señalado que las tecnologías inmersivas y los laboratorios virtuales favorecen el desarrollo de competencias científicas básicas, como la observación sistemática, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el tratamiento de datos y la formulación de hipótesis (5). Revisiones sistemáticas internacionales sobre realidad virtual aplicada a la educación biológica han reportado aumentos en el rendimiento académico y en el desarrollo de competencias científicas en distintos niveles educativos (6).

Las opiniones de los docentes sobre el uso de laboratorios virtuales son, en general, positivas. Estudios con futuros docentes de ciencias indican que la experimentación virtual mejora la comprensión de fenómenos biológicos complejos y dinamiza el proceso de enseñanza (6,7). De igual manera, se ha documentado que la inclusión de laboratorios virtuales en educación secundaria promueve el desarrollo de habilidades experimentales y el aprendizaje científico significativo (8).

En América Latina se observa un interés creciente por la incorporación de tecnologías educativas en la enseñanza de las ciencias; no obstante, persisten brechas asociadas al acceso a recursos tecnológicos, a la preparación docente y a la evidencia empírica sobre el efecto real de estas herramientas en la constitución de competencias científicas. En Ecuador, y de manera particular en instituciones educativas rurales, la evidencia que sustenta la experimentación virtual como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Biología es aún escasa (9).

La Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas” refleja esta realidad, al presentar limitaciones que impiden realizar prácticas experimentales presenciales con la frecuencia deseable. De ahí surge la necesidad de analizar los cambios asociados al uso de laboratorios virtuales en las competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato, específicamente en observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de resultados, argumentación y resolución de problemas.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios asociados a la implementación de la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas en la enseñanza de la Biología en estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”. Se adoptó un enfoque mixto con diseño

preexperimental de un grupo con pretest-postest, orientado a evaluar el nivel de competencias científicas antes y después de la aplicación de estrategias didácticas basadas en laboratorios virtuales.

La hipótesis de trabajo que orienta la investigación es que la implementación de la experimentación virtual como estrategia didáctica se asocia con un incremento en el nivel de competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato. Los resultados obtenidos contribuyen a fortalecer la evidencia científica sobre el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las ciencias y a generar información útil para el diseño de estrategias educativas en contextos similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

La investigación se realizó bajo un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) con el fin de obtener una comprensión más completa de los cambios asociados a la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas.

Desde el componente cuantitativo se adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo con pretest-postest. Este diseño permite describir las variaciones observadas en el nivel de competencias científicas antes y después de la intervención; sin embargo, al no contar con grupo control, no es posible atribuir de manera exclusiva y causal los cambios a la intervención.

Desde el componente cualitativo se empleó un enfoque descriptivo-interpretativo orientado a comprender las percepciones del docente y de los estudiantes sobre el uso de laboratorios virtuales como estrategia de enseñanza-aprendizaje en Biología.

La revisión de BMC (20) y Suryanti et al. (21) refuerzan la eficacia de los laboratorios virtuales en competencias científicas y literacidad científica.

Tipo de investigación y alcance

La investigación fue de tipo aplicada, orientada a dar respuesta a una problemática educativa relacionada con la enseñanza experimental de la Biología mediante herramientas tecnológicas. Tuvo un alcance descriptivo, al caracterizar el nivel de competencias científicas antes y después de la intervención. Por su contexto de aplicación se trató de una investigación de campo, desarrollada en la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas” durante el periodo académico 2025-2026.

Participantes

El estudio se realizó en la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, ubicada en la provincia de Chimborazo, Ecuador. La población accesible estuvo constituida por la totalidad de los estudiantes de primero de bachillerato del periodo académico 2025-2026 (n = 35), con edades entre 15 y 17 años, más el docente responsable de la asignatura de Biología.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Se trabajó con la totalidad de la población accesible; por tanto, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo.

Variables objeto de estudio

Variable independiente: Experimentación virtual, definida como el conjunto de actividades didácticas desarrolladas mediante laboratorios virtuales y simulaciones digitales orientadas a la enseñanza de conceptos de Biología (14).

Variable dependiente: Competencias científicas, entendidas como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten a los estudiantes observar, formular hipótesis, experimentar, interpretar resultados, argumentar y resolver problemas científicos.

Dimensiones evaluadas: observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación y análisis de resultados, argumentación científica y resolución de problemas.

Estrategia de la intervención educativa

La intervención didáctica consistió en un conjunto de actividades de experimentación virtual basadas en laboratorios y simuladores digitales, implementadas durante ocho semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales. Las actividades se diseñaron bajo principios del constructivismo y del aprendizaje activo, privilegiando la participación, la experimentación, la reflexión y el trabajo colaborativo.

Las herramientas tecnológicas empleadas fueron simuladores interactivos orientados al estudio de: estructura y función celular, división celular, genética y herencia, ecología, procesos metabólicos y microbiología básica.

La intervención didáctica consistió en un conjunto de actividades de experimentación virtual basadas en laboratorios y simuladores digitales, implementadas durante ocho semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales. Las actividades se diseñaron bajo principios del constructivismo y del aprendizaje activo. Se utilizaron recursos de acceso libre de amplio uso en la enseñanza de Biología a nivel secundario: PhET Interactive Simulations (University of Colorado), BioMan Biology y HHMI BioInteractive (Tabla 1).

Tabla 1. Plan de la intervención educativa con laboratorios virtuales.

Semana	Tema	Recurso / simulador	Actividad principal	Competencia prioritaria	Producto
1-2	Estructura y función celular	PhET – "Cell Structure" y "Membrane Channels"	Exploración interactiva de organelos, membrana y transporte celular	Observación científica; interpretación	Guía de observación e informe breve
3-4	División celular y genética	BioMan Biology – "Cell Division" y "Genetics" +	Simulación de mitosis/meiosis y cruces genéticos;	Formulación de hipótesis; experimentación	Registro de resultados y conclusiones

		PhET "Gene Machine"	manipulación de variables		
5-6	Ecología y procesos metabólicos	PhET – "Natural Selection" y "Photosynthesis" + HHMI BioInteractive	Manipulación de variables ecológicas y metabólicas; análisis de datos	Interpretación; resolución de problemas	Informe de análisis de datos
7-8	Microbiología básica	BioMan Biology – "Bacteria" y "Virus Explorer" (HHMI)	Experimentación virtual con microorganismos y ciclos virales	Experimentación; argumentación científica	Presentación de resultados y discusión grupal

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Prueba objetiva de competencias científicas (pretest y postest).

Se aplicó una prueba de opción múltiple y ejercicios prácticos orientada a evaluar las seis dimensiones de competencias científicas. El instrumento fue sometido a juicio de expertos en didáctica de las ciencias y metodología de investigación para valorar la validez de contenido y la pertinencia pedagógica.

La prueba objetiva de competencias científicas fue sometida a juicio de cinco expertos en didáctica de las ciencias y metodología de investigación educativa. Se calculó el coeficiente V de Aiken, obteniendo un valor promedio de 0,89, lo que indica una validez de contenido adecuada. La confiabilidad de la prueba objetiva se estimó mediante el coeficiente KR-20, alcanzando un valor de 0,81. Para la encuesta tipo Likert se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,87, lo que indica una consistencia interna aceptable.

Encuesta estudiantil

Se utilizó un cuestionario estructurado tipo Likert de cinco niveles para indagar la percepción de los estudiantes sobre facilidad de aprendizaje, motivación, desarrollo de competencias, utilidad percibida y disposición a recomendar los laboratorios virtuales.

Entrevista semiestructurada

Se realizó una entrevista al docente de Biología con el fin de recoger información cualitativa sobre la implementación, beneficios y limitaciones de la experimentación virtual. Se reconoce que se trata de una fuente cualitativa individual.

Guía de observación

Se empleó una guía estructurada para registrar participación, interacción, autonomía y ejecución de habilidades científicas durante las sesiones virtuales (16).

Método de investigación

El método de investigación realizó cinco fases:

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Fase 1. Diagnóstico inicial: la aplicación de una prueba tipo pretest para comprobar la situación inicial de las competencias científicas.

Fase 2. Diseño de la intervención: la selección y el diseño de las actividades experimentales virtuales adaptadas al currículo de Biología de primero de bachillerato.

Fase 3. Realización: la ejecución de las actividades experimentales virtuales en un periodo de ocho semanas.

Fase 4. Evaluación: la aplicación del postest y el levantamiento de información mediante encuestas, observaciones y entrevistas.

Fase 5. Análisis y la interpretación: el procesamiento de análisis estadístico y análisis cualitativo de la información recogida.

Análisis de la información

Los datos cuantitativos se procesaron con estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar, frecuencias y porcentajes) mediante Microsoft Excel. Se calcularon las diferencias pretest-postest por dimensión y de forma global. Dado que no se contó con los datos individuales para la presente versión del manuscrito, no se reportan pruebas de significancia estadística ni intervalos de confianza; se presenta el tamaño del efecto aproximado (Cohen's d) como indicador de la magnitud del cambio observado.

La información cualitativa (entrevista y observaciones) se analizó mediante análisis de contenido, categorización temática y triangulación con los resultados cuantitativos, con el fin de fortalecer la validez de las interpretaciones.

Consideraciones éticas

La investigación se realizó con respeto a los principios éticos de la investigación en los estudios educativos, y además se recabó el consentimiento informado de los participantes y de la autoridad institucional con la finalidad de garantizar la confidencialidad, el anonimato y el uso exclusivo de la información recogida para fines académicos; así como el respeto con los principios de no maleficencia, beneficencia y justicia a lo largo de la investigación.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos mediante los instrumentos de tipo cuantitativo y cualitativo, organizados de acuerdo con las variables objeto de estudio y las dimensiones de las competencias científicas evaluadas.

El nivel inicial de competencias científicas (Pretest)

La aplicación del pretest permitió conocer el nivel basal de competencias científicas de los 35 estudiantes antes de la intervención. La media global fue de 37,3 % (DE = 7,6),

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

valor inferior al umbral de suficiencia considerado (50 %), lo que evidencia un nivel inicial bajo en habilidades científicas.

Al segmentar por dimensiones (Tabla 1), la resolución de problemas científicos obtuvo la puntuación más baja (33,0 %), seguida de experimentación (35,0 %) y argumentación científica (36,0 %). La observación científica alcanzó el valor relativamente más alto (42,0 %), aunque también insuficiente

Tabla 2. Puntuaciones promedio por dimensión de competencias científicas en el pretest (n = 35)

Dimensión	Media (%)	Desv. Est.	Nivel
Observación científica	42,0	8,2	Bajo
Formulación de hipótesis	38,0	9,1	Bajo
Experimentación	35,0	7,8	Bajo
Interpretación y análisis	40,0	8,5	Bajo
Argumentación científica	36,0	9,4	Bajo
Resolución de problemas	33,0	8,9	Bajo
Global	**37,3**	**7,6**	**Bajo**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del pretest.

Nivel de competencias científicas después de la intervención (Postest)

Tras la intervención de ocho semanas, el postest mostró un aumento en todas las dimensiones. La media global alcanzó 77,5 % (DE = 5,8), lo que representa una diferencia de 40,2 puntos porcentuales respecto al pretest. Este valor se sitúa por encima del umbral de suficiencia.

La dimensión de experimentación registró el mayor incremento absoluto (+47,0 puntos), seguida de resolución de problemas (+44,0) y formulación de hipótesis (+37,0). La reducción de la desviación estándar (de 7,6 a 5,8) sugiere una mayor homogeneidad del grupo tras la intervención (Tabla 2).

Tabla 3. Puntuaciones promedio por dimensión de competencias científicas en el postest (n = 35)

Dimensión	Media (%)	Desv. Est.	Nivel
Observación científica	78,0	6,4	Alto
Formulación de hipótesis	75,0	7,1	Alto
Experimentación	82,0	5,9	Alto
Interpretación y análisis	79,0	6,8	Alto
Argumentación científica	74,0	7,5	Alto
Resolución de problemas	77,0	6,2	Alto
Global	**77,5**	**5,8**	**Alto**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del postest.

Comparación pretest-postest y ganancia de aprendizaje

La comparación pretest-postest (Tabla 3) muestra ganancias absolutas entre 36,0 y 47,0 puntos porcentuales según la dimensión. La ganancia global fue de 40,2 puntos.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Como indicador de la magnitud del cambio se estimó el tamaño del efecto de Cohen para muestras dependientes de forma aproximada, a partir de las medias y desviaciones estándar reportadas:

$$d \approx (77{,}5 - 37{,}3) / \sqrt{[(7{,}6^2 + 5{,}8^2)/2]} \approx 6{,}0$$

Este valor corresponde a un efecto de magnitud grande según los criterios de Cohen ($d \geq 0{,}80$). Se advierte que se trata de una estimación aproximada, al no disponerse de la desviación estándar de las diferencias individuales.

Tabla 4. Comparación pretest-postest y ganancia de aprendizaje por dimensión

Dimensión	Pretest	Postest	Ganancia	% Mejora
Observación científica	42,0	78,0	+36,0	85,7 %
Formulación de hipótesis	38,0	75,0	+37,0	97,4 %
Experimentación	35,0	82,0	+47,0	134,3 %
Interpretación y análisis	40,0	79,0	+39,0	97,5 %
Argumentación científica	36,0	74,0	+38,0	105,6 %
Resolución de problemas	33,0	77,0	+44,0	133,3 %
Global	**37,3**	**77,5**	**+40,2**	**107,8 %**

Fuente: elaboración propia.

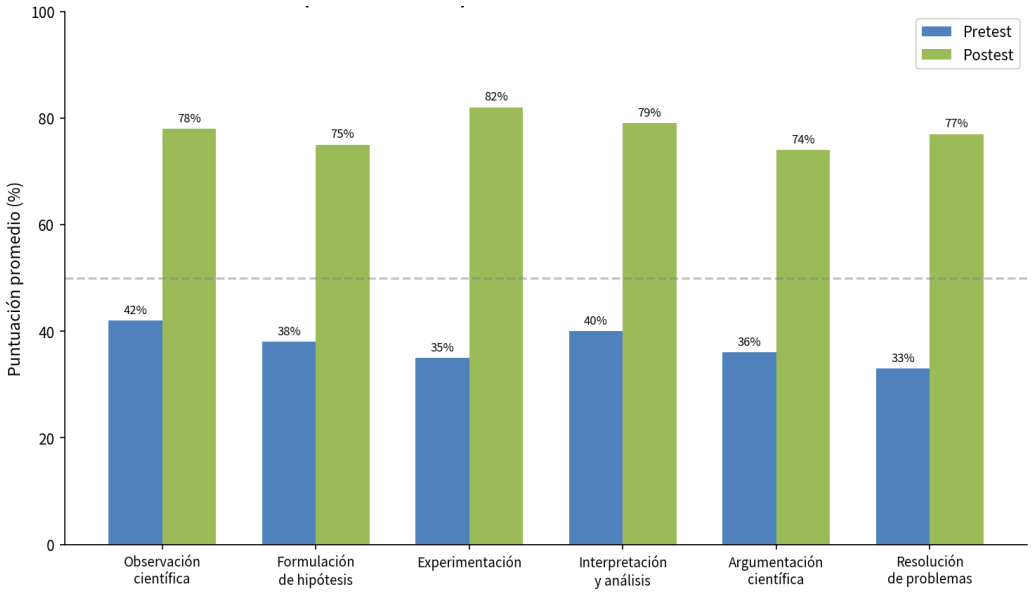


Figura 1. Comparación de puntuaciones promedio por dimensión: pretest vs postest

Fuente: Elaboración propia.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

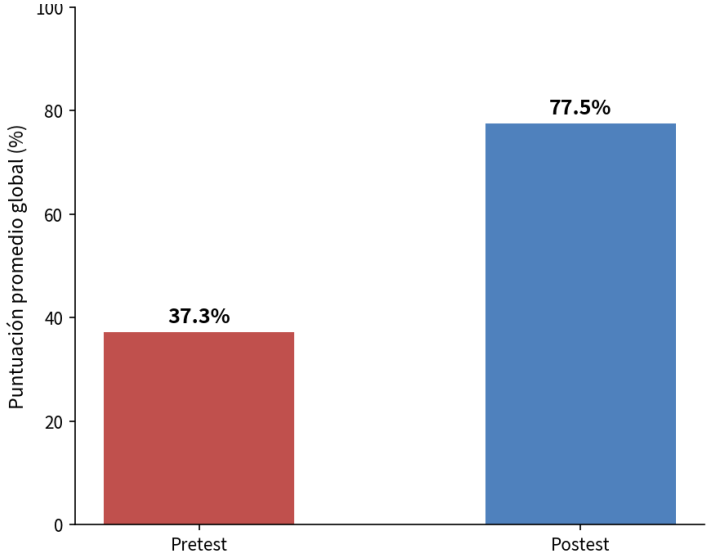


Figura 2. Puntuación global de competencias científicas: pretest vs postest

Fuente: Elaboración propia.

Percepción del alumnado sobre la experimentación virtual

La encuesta tipo Likert realizada a los 35 alumnos al finalizar la intervención nos permitió entender su percepción en relación a las 5 dimensiones evaluadas: facilidad de aprendizaje, motivación, desarrollo de competencias, utilidad percibida y disposición para recomendar el uso de laboratorios virtuales. Los resultados (Tabla 4 y Figura 3) nos muestran una valoración positivamente alta.

Tabla 5. Percepción estudiantil sobre la experimentación virtual (n = 35)

Dimensión	De acuerdo / Muy de acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Media Likert
Facilidad de aprendizaje	85 %	10 %	5 %	4,3
Motivación	91 %	6 %	3 %	4,5
Desarrollo de competencias	88 %	8 %	4 %	4,4
Utilidad percibida	82 %	12 %	6 %	4,2
Recomendación	94 %	4 %	2 %	4,6

Fuente: Elaboración propia. Escala Likert de 1 a 5.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

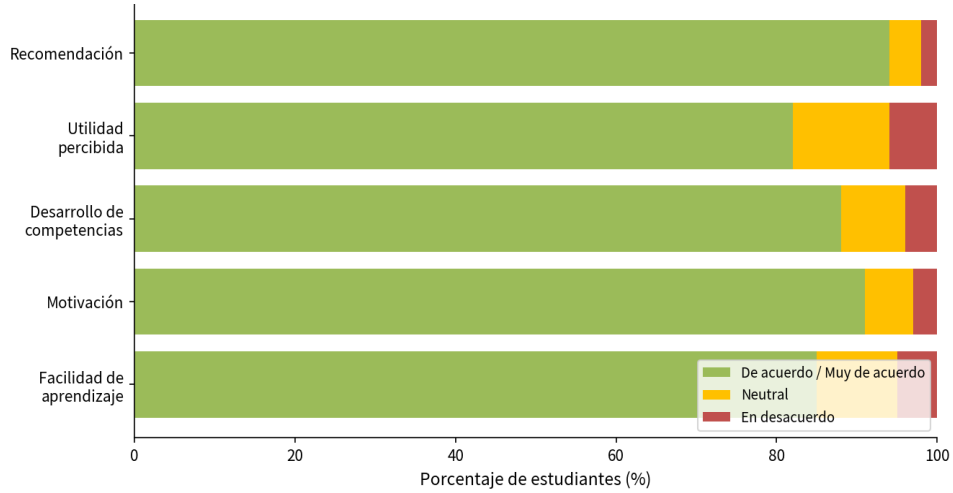


Figura 3. Percepción estudiantil sobre la experimentación virtual

Fuente: Elaboración propia.

Hallazgos cualitativos: entrevista al docente y observaciones de aula

La entrevista al docente de Biología y los registros de la guía de observación permitieron triangular los resultados cuantitativos. El docente señaló que los laboratorios virtuales facilitaron la visualización de procesos microscópicos y moleculares difíciles de observar en un laboratorio físico convencional, especialmente en división celular y herencia genética. Asimismo, destacó una mayor participación activa y una mayor capacidad de los estudiantes para formular preguntas.

Entre las limitaciones identificadas se mencionaron la necesidad de una conexión a internet estable y la curva de aprendizaje inicial asociada al uso de las plataformas digitales. Hacia el final de la intervención se observó un trabajo más autónomo y colaborativo por parte del alumnado.

Los registros de observación evidenciaron con frecuencia comportamientos asociados a la autonomía, la discusión de resultados en pareja y la reformulación de hipótesis a partir de los datos generados por las simulaciones.

En conjunto, los hallazgos cuantitativos y cualitativos convergen en señalar una mejora asociada a la experimentación virtual en las competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran un incremento notable en el nivel de competencias científicas de los estudiantes tras la intervención de ocho semanas basada en experimentación virtual. La media global pasó de 37,3 % (DE = 7,6) a 77,5 % (DE = 5,8), con una diferencia de 40,2 puntos porcentuales y un tamaño del efecto aproximado grande (d ≈ 6,0). Todas las dimensiones evaluadas presentaron mejoras, siendo especialmente marcadas las de experimentación y resolución de problemas.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Estos hallazgos se alinean con evidencia internacional reciente sobre el potencial de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas. Estudios previos han reportado mejoras en el rendimiento académico y en las actitudes hacia el aprendizaje de la Biología cuando se incorporan entornos virtuales (17,18). De manera similar, investigaciones sobre simulaciones en biología celular y microbiología han documentado avances en la comprensión conceptual y en habilidades procedimentales (4,5).

En el presente trabajo, el hecho de que las mayores ganancias se observaran en experimentación y resolución de problemas puede interpretarse como un efecto de la posibilidad de manipular variables y contrastar hipótesis de forma reiterada en un entorno controlado, algo que resulta especialmente valioso cuando el acceso a laboratorios físicos es limitado, como ocurre en muchos contextos rurales.

La percepción favorable de los estudiantes (más del 85 % de acuerdo o muy de acuerdo en todas las dimensiones de la encuesta) es coherente con lo reportado por otros autores sobre opiniones positivas hacia los laboratorios virtuales tanto en docentes en formación como en estudiantes de secundaria (7,8). En el caso de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, esta valoración adquiere relevancia particular, pues sugiere que estudiantes de contextos rurales pueden apropiarse de recursos tecnológicos cuando se introducen de forma planificada y orientada a objetivos de aprendizaje claros. Estudios realizados en contextos con recursos limitados también respaldan la accesibilidad de estos recursos (19).

Desde la perspectiva del docente, las evidencias cualitativas refuerzan la idea de que las herramientas digitales pueden favorecer el rendimiento académico y el desarrollo de competencias científicas en distintos niveles educativos (6). La mayor autonomía e interacción observadas durante las sesiones virtuales son consistentes con un enfoque de aprendizaje activo y constructivista, bases sobre las que se diseñó la intervención. Revisiones sistemáticas recientes sobre laboratorios virtuales y blended laboratories también apoyan estos hallazgos (20,21).

No obstante, es necesario reconocer las limitaciones del estudio. El diseño preexperimental de un solo grupo no permite afirmar de manera exclusiva y causal que los cambios observados se deban únicamente a la intervención; factores como la maduración, la familiarización con el instrumento, el efecto del docente o la historia pueden haber influido. Además, el tamaño de la muestra es reducido y el contexto es específico de una institución rural, lo que limita la generalización. La entrevista se realizó a un solo docente, por lo que sus percepciones no pueden extrapolarse al conjunto del profesorado. Finalmente, no se realizó un seguimiento longitudinal que permita evaluar el mantenimiento de las competencias adquiridas.

En el contexto latinoamericano, donde persisten brechas de acceso a infraestructura experimental (9), los resultados aportan evidencia empírica sobre la pertinencia de los laboratorios virtuales como estrategia para favorecer la equidad educativa. La experimentación virtual no sustituye la experiencia del laboratorio físico, pero constituye una opción pedagógica de alto valor cuando los recursos materiales son

escasos, permitiendo a los estudiantes avanzar en el desarrollo de competencias científicas básicas con independencia de las condiciones de su entorno escolar.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados se pueden formular las siguientes conclusiones:

La implementación de la experimentación virtual durante ocho semanas se asoció con un incremento en el nivel de competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, pasando de una media global de 37,3 % en el pretest a 77,5 % en el postest. Se observaron mejoras en todas las dimensiones evaluadas (observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación y análisis de resultados, argumentación científica y resolución de problemas), con ganancias absolutas entre 36 y 47 puntos porcentuales.

La percepción de los estudiantes sobre el uso de laboratorios virtuales fue favorable. Más del 85 % valoró positivamente la facilidad de aprendizaje, la motivación, el desarrollo de competencias y la utilidad de la estrategia, y el 94 % recomendó su uso. Estos datos sugieren que la experimentación virtual puede incidir no solo en el plano cognitivo, sino también en el afectivo-motivacional.

La triangulación de los resultados cuantitativos con la entrevista al docente y las observaciones de aula respalda la pertinencia de los laboratorios virtuales como estrategia didáctica viable para favorecer el desarrollo de competencias científicas en un contexto educativo rural con limitada infraestructura experimental. Se recomienda su incorporación progresiva en la programación de Biología de bachillerato, acompañada de procesos de formación docente y de condiciones tecnológicas mínimas que garanticen su aprovechamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hodson D. Going beyond cultural pluralism: science education for sociopolitical action. Sci Educ. 2020;104(5):813-836.
2. Mera GC, Benarroch AB. Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. Enseñanza de las Ciencias. 2024;42(2):109-129. doi:10.5565/rev/ensciencias.6040.
3. de Jong T, Linn MC, Zacharia ZC. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science. 2021;340(6130):305-308.
4. Navarro C, Arias-Calderón M, Henríquez CA, Riquelme P. Assessment of student and teacher perceptions on the use of virtual simulation in cell biology laboratory education. Education Sciences. 2024;14(3):243. doi:10.3390/educsci14030243.
5. Chitra E, Mubin SA, Nadarajah VD, et al. A 3-D interactive microbiology laboratory via virtual reality for enhancing practical skills. Sci Rep. 2024;14:12809. doi:10.1038/s41598-024-63601-y.
6. Rakhmawati I, Kapelari S, Weinberg L. A systematic review and network visualization of virtual reality research in biology education. Cogent Educ. 2025;12(1):2523141. doi:10.1080/2331186X.2025.2523141.

7. Koca AB, Kizilay E. Pre-service science teacher's opinions on virtual labs and their use in biology. Res Educ Media. 2024;16(1):57-63. doi:10.2478/rem-2024-0008.
8. Cruz JP, Lejano MV, Martin J, et al. Virtual laboratories in enhancing experimental skills and scientific understanding among high school learners. Am J Educ Res. 2025;13(6):338-343. doi:10.12691/education-13-6-6.
9. Ortiz LV. Desafíos de la implementación de las TIC en el aula de biología: aportación sistemática en clave de innovación, equidad y educación. Rev Latinoam Calidad Educ. 2025;2(1):436-444. doi:10.70625/rlce/143.
10. Creswell JW, Plano Clark VL. Designing and conducting mixed methods research. 3rd ed. Thousand Oaks: SAGE; 2018.
11. Torres G, Ayuso E. Competencias científicas de los docentes de ciencias del nivel secundario de la República Dominicana. RECIE. 2024;8(2):67-86. doi:10.32541/recie.v8i2.742.
12. OECD. PISA 2025 Science Framework. Paris: OECD Publishing; 2023.
13. Bybee RW. The BSCS 5E instructional model: creating teachable moments. Arlington: NSTA Press; 2015.
14. Harlen W. Working with big ideas of science education. Trieste: IAP; 2015.
15. Ministerio de Educación del Ecuador. Currículo de los Niveles de Educación Obligatoria. Quito: MinEduc; 2016.
16. Escobar-Pérez J, Cuervo-Martínez Á. Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Avances en Medición. 2008;6:27-36.
17. Byukusenge C, Nsanganwimana F, Tarmo AP. Investigating the effect of virtual laboratories on students' academic performance and attitudes towards learning biology. Educ Inf Technol. 2024;29:1147-1171. doi:10.1007/s10639-023-12351-x.
18. Cole Moura C, André M, Cruz M. Laboratórios virtuais no ensino de ciências no secundário: uma revisão sistemática de literatura entre 2021 e 2023. Indagatio Didactica. 2025;17(2):141-160. doi:10.34624/id.v17i2.39132.
19. Sipii V, Kurtiak F, Mykhaliuk I, Hryhorchuk I, Zasiekina T. Virtual laboratories as a means of increasing accessibility of biological education in Ukraine. J Educ Sci Environ Health. 2024;10(2):627-640.
20. Virtual or blended laboratories for healthcare students education: a systematized review. BMC Med Educ. 2025;25:1352. doi:10.1186/s12909-025-07937-7.
21. Suryanti S, et al. Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. Educ Inf Technol. 2023;28:11487-11512. doi:10.1007/s10639-023-11857-8.