



Recibido: 2026-06-01

Aceptado: 2026-06-08

Publicado: 2026-08-04

Efectos de una guía experimental con simulador en el rendimiento académico de estudiantes de bachillerato en Biología.

Effects of an Experimental Guide with a Simulator on the Academic Achievement of High School Students in Biology

Autor(s)

Nelly G. Castro Sánchez¹

Maestría en Educación De Bachillerato Con Mención
En Pedagogía De Las Ciencias Naturales

ncastros3@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-3947-4753>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro – Ecuador

Romel M. Juanga Wisum²

Dirección de Posgrado

rjuangaw@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9856-1709>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro – Ecuador

Angie K. Zambrano Ulloa³

Maestría en Educación De Bachillerato Con Mención
En Pedagogía De Las Ciencias Naturales

azambranou3@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-2422-9379>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro – Ecuador

José L. Saquinaula Brito⁴

jsaquinaulab@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2080-2548>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro – Ecuador

Cómo citar

Castro Sánchez, N. G., Juanga Wisum, R. M., Zambrano Ulloa, A. K., & Saquinaula Brito, J. L. (2026). Efectos de una guía experimental con simulador en el rendimiento académico de estudiantes de bachillerato en Biología. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 1392–1414. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.809>

Resumen

La enseñanza de la biología no propicia un aprendizaje significativo que implique el entendimiento profundo de contenidos relacionados con estructuras y procesos microscópicos. Esto se debe a la predominancia de metodologías tradicionales y limitada disponibilidad de recursos experimentales. Es conveniente añadir estrategias didácticas, apoyadas en tecnologías educativas para que la situación no perjudique el interés estudiantil ni el rendimiento académico. El objetivo del estudio fue examinar el impacto de un documento guía experimental utilizando simulador en el desempeño escolar de los alumnos de bachillerato dentro del ámbito de Biología. La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo y una estructura cuasiexperimental con grupos no equivalentes, ya que se empleó paralelos previamente definidos. La muestra estuvo conformada por 60 estudiantes de segundo año de bachillerato distribuidos en un grupo experimental y un grupo de control. Al grupo experimental se le aplicó una guía práctica simulada titulada “Exploración de la vida microscópica: un viaje por los tejidos vegetales y animales”, mientras que el grupo de control continuó con la metodología tradicional, para la recolección de datos se emplearon pruebas pedagógicas de pretest y postest. Los resultados mostraron que ambos grupos comenzaron en condiciones similares en el pretest, sin diferencias significativas. No obstante, en el postest el grupo experimental llegó a una media de 9,4 en tanto que el grupo de control de 4,5, siendo significativas. Igualmente, la ganancia normalizada fue elevada en el grupo experimental y baja en el de control. Se determina que la guía experimental con simulador fue muy efectiva para el aprendizaje de los contenidos de Biología, por ser una actividad, interactiva y contextualizada.

Palabras clave: Guía experimental, Simuladores virtuales, Rendimiento académico, Educación en Biología.



Abstract

The teaching of biology does not promote meaningful learning that involves a deep understanding of content related to microscopic structures and processes. This is due to the predominance of traditional methodologies and the limited availability of experimental resources. It is advisable to add didactic strategies, supported by educational technologies, so that the situation does not harm student interest or academic performance. Consequently, this research aims to analyze the impact of the experimental guide with a simulator on the academic performance of junior high school students of the Biology subject. The study was conducted by using the quantitative approach, with a quasi-experimental design of the non-equivalent groups, to work with previously established parallel groups. The study drew a sample of 60 second-year high school students, divided into an experimental group and a control group. The experimental group was administered a simulated practical guide titled ‘Exploration of Microscopic Life: A Journey Thru Plant and Animal Tissues’ while the control group was subjected to the conventional methodology. Pedagogical tests for pre-test and post-test were used for data collection. The findings revealed no statistically significant differences between the groups at pretest, showing both started under similar conditions. Nevertheless, on average, the experimental group secured 9.4 while the control group secured only 4.5 in the posttest which differs statistically. Likewise, the normalized gain was high in the experimental group and low in the control group. It is concluded that the experimental guide with a simulator significantly favored the learning of Biology content by promoting an active, interactive, and contextualized experience.

Keywords: Experimental guide; Virtual simulators; Academic performance; Biology education.

Introducción

La enseñanza de la Biología es fundamental en la educación científica de los alumnos de bachillerato, ya que contribuye a entender los procesos biológicos, facilita la formación del pensamiento crítico y permite tomar decisiones responsables ante problemáticas ambientales y de salud. Sin embargo, en muchas instituciones educativas este proceso sigue llevándose a cabo con métodos tradicionales centrados en la transmisión de contenidos, lo que no permite la participación de forma activa del estudiante y no favorece la comprensión de conceptos abstractos, en especial de aquellos que son fruto de la organización microscópica de estructuras o que hacen referencia a procesos que no pueden ser observados.

A esta circunstancia se añade la poca disponibilidad de equipos especializados, laboratorios y materiales que permitan llevar a cabo prácticas experimentales. Esta situación limita la posibilidad de que los educandos desarrollen habilidades científicas a partir de la observación, experimentación y análisis de fenómenos biológicos, incursiona en el desinterés, la desmotivación y el bajo rendimiento académico.

En este contexto, los simuladores virtuales son un recurso pedagógico que reproduce procesos biológicos de manera interactiva, permitiendo la realización de experimentos en entornos seguros y asequibles. La relación entre la teoría y la actividad del microscopio hace que el estudiante opte por elegir su conclusión en un laboratorio estructurador. A pesar de esto, sigue existiendo pocas evidencias sobre el impacto de estas estrategias en el rendimiento académico de estudiantes de bachillerato en el contexto educativo de Ecuador.

Frente a esta problemática se vislumbra la necesidad de indagar si la ejecución de una guía experimental apoyada en simulador virtual interfiere en el rendimiento académico de los alumnos de bachillerato en la materia Biología. Los hallazgos de esta investigación ayudarán a proporcionar pruebas para que se facilite la implementación de novedosas estrategias pedagógicas que optimicen los procedimientos de enseñanza y formación en este campo del saber.

La Biología es una materia esencial en la educación, dado que ayuda a comprender el funcionamiento de los seres vivos, las relaciones entre los distintos organismos y su medio, y les permite desarrollar el pensamiento científico, la capacidad de observación, y de analizar y resolver problemas (Mora y Vélez, 2023). De igual manera, al estudiar esta área del conocimiento, se involucra la formación de un ciudadano que sea capaz de entender los fenómenos biológicos y ambientales que ocurren en su cotidianidad, por lo que se hace necesario fortalecer los procesos de enseñanza- aprendizaje de este campo del saber.

Los estudiantes de bachillerato presentan problemas en la comprensión de los contenidos de Biología. Según Cedeño et al. (2024); Silva et al. (2023), sugieren que, debido al uso mayormente convencional en la educación, no se considera la implementación de estrategias didácticas innovadoras ni el empleo de tecnologías educativas que fomenten una enseñanza significativa y

práctica.

Igualmente, esta situación también se da por no contar con materiales didácticos, laboratorios y espacios para realizar actividades colectivas en el bachillerato (Yugcha, 2024). A pesar del incremento en el uso de las tecnologías educativas, hay poca evidencia disponible con respecto al impacto que tienen las guías experimentales fundamentadas en simuladores que apoyen el aprendizaje y mejoren el rendimiento académico (Chamba, 2022).

Diversos estudios como el de Hidalgo (2024), dice que en la secundaria la Biología tiene dificultades de comprensión por conceptos abstractos y poca motivación. Los simuladores, tales como PhET, facilitan la comprensión de los fenómenos. Suelen permitir interpretar procesos desde el nivel microscópico hasta el macroscópico. Según Intriago et al. (2024), los simuladores aumentan el rendimiento académico. Eso se refleja en un incremento de las calificaciones tras la implementación. Defienden conjuntamente el uso de instrumentos para simulaciones en el ámbito educativo de Biología.

La efectividad de las herramientas de simulación virtual se ha registrado en otras áreas del conocimiento. A pesar de que fueron realizados en disciplinas diferentes a la Biología, sus resultados constituyen evidencia que apoya el uso de simuladores como estrategia didáctica en las ciencias, favorece la comprensión de conceptos complejos, promueve el aprendizaje activo y optimiza el rendimiento académico de los alumnos. En el campo de la Física Zambrano et al. (2024), demostró que el uso del simulador PhET, propició un mejor entendimiento de nociones vinculadas al movimiento parabólico y que tuvo un impacto positivo; considerable en el desempeño académico de alumnos de bachillerato.

De manera similar, Zambrano y Navarrete (2026) establecieron que las herramientas virtuales contribuyeron a la comprensión de materiales relacionado con la Química Inorgánica, pues permitieron que los estudiantes interactuaran con sucesos complejos en entornos seguros y dinámicos. En resumen, estos antecedentes muestran que los simuladores digitales constituyen una técnica educativa con el potencial para mejorar el aprendizaje de la Biología, especialmente en aquellos temas que necesitan una consideración y comprensión de fenómenos y procesos complejos.

En tanto que Alarcón et al. (2025), dice que la investigación incluye simuladores PhET con el objetivo de enseñar Biología a alumnos de tercer año de bachillerato. Señalándose las demandas educativas y técnicas, resaltando que la familiaridad con los dispositivos simuladores no asegura un empleo eficaz sin los recursos pedagógicos apropiados. El manual, que ha sido diseñado con actividades de PhET seleccionadas y alineadas con las metas curriculares, promueve un aprendizaje independiente y colaborativo, además de facilitar el entendimiento de fenómenos biológicos. El manual, aprobado por expertos, se considera de alta calidad y estimula a los alumnos, ya que muestra cómo las tecnologías digitales se integran en la educación con modificaciones basadas en sugerencias expertas para mejorar su capacidad educativa.

De igual manera Sailema et al. (2025), dice que el aprendizaje de la Química se topa con obstáculos para sostener el interés de los alumnos y para clarificar principios abstractos. Un estudio analizó el efecto sobre los simuladores PhET al instruir en materia dentro de una institución educativa ecuatoriana, la cual tenía 9 maestros y 56 alumnos. Se utilizó un enfoque cuasi-experimental mixto que incluyó encuestas y una intervención a través de actividades guiadas con simulaciones. Los resultados indican que cerca del 90 % de los alumnos pensaron que las simulaciones les permitieron observar fenómenos y que se produjo un vínculo entre la teoría y la práctica. La incorporación de PhET en el currículo permite un aprendizaje más significativo y profundo de los alumnos, por ello se sugiere preparar a los profesores y tener la infraestructura suficiente.

El aprendizaje significativo en Biología es un proceso por el cual los nuevos conocimientos que tienen los seres vivos, su estructura, procesos, etc., son integrados en los conocimientos y experiencias que poseen, favoreciendo la comprensión más que la memorización. Volviendo a las ideas pedagógicas de David Ausubel, este enfoque pretende que el estudiante participe activamente en su proceso de enseñanza – aprendizaje mediante la observación, la experimentación y la resolución de problemas, aplicando a partir de ejercicios los conceptos biológicos a diferentes situaciones de la vida cotidiana, así como desarrollando un pensamiento científico crítico y reflexivo (Fuentes et al., 2025).

El constructivismo, según la teoría de Piaget, constituye una teoría sobre el aprendizaje que sostiene que la comprensión se obtiene más eficazmente a través de un método de acción, consideración y construcción. Piaget se enfoca en la interacción entre ideas y experiencias para generar nuevo conocimiento (Gomez y Ortiz, 2025). Según Lev Vigotsky, conocido como constructivismo social o sociocultural, sostiene que el aprendizaje se construye fundamentalmente mediante la interacción social. El saber no se encuentra, sino que se construye, se elabora culturalmente y se transforma en el intercambio con personas más experimentadas, en su lengua (Carrillo et al., 2023). El modelo de David Ausubel sostiene que el aprendizaje ocurre cuando los conocimientos nuevos se vinculan con los saberes que el individuo ya tiene. Cuando se establecen conexiones, esta información tiene sentido y se integra de forma duradera en su estructura cognitiva y no se trata de una simple mecanicidad o repetición (Pinzón, 2024).

PhET es un nombre que se origina en diversas culturas del sureste asiático, especialmente en las comunidades de Tailandia y Laos. "Phet" en Laos significa "piedra preciosa" o "diamante", lo cual representa claridad, valor y fuerza. Un simulador tiene como objetivo mostrar un escenario de manera virtual para que el estudiante actúe como si fuera una situación real. PhET ofrece simulaciones interactivas de matemáticas y ciencias como la Biología, que son gratuitas, entretenidas y se fundamentan en investigaciones. Para asegurar la efectividad educativa de cada simulación, se la prueba y evalúa detalladamente. Estas evaluaciones comprenden en entrevistas a los alumnos y el monitoreo del empleo de simulaciones en el aula (Mera y Puyol, 2024).

El Alfa de Cronbach es una medida que ofrece consistencia interna, así como la fiabilidad en la elaboración de preguntas. Su función es comprobar si un grupo de ítems están correlacionados y

miden el mismo concepto o constructo teórico. El coeficiente está entre los valores de 0 y 1, cuanto más cerca de 1 mayor es la consistencia (Colorado et al., 2024).

Los simuladores virtuales son herramientas donde se pueden encontrar de una manera virtual los distintos fenómenos de la vida real. Diversas disciplinas, desde la ciencia hasta el arte, se benefician de la utilización de maquetas, las cuales van desde el modelo a escala de un objeto hasta una reproducción a gran tamaño. Simuladores de Ciencias Exactas y Naturales: Realizan experimentos de Física, Química y Biología En espacios seguros como en la Universidad de Colorado Boulder, los estudiantes pueden observar cosas invisibles como circuitos eléctricos o átomos interfiriendo entre sí. En tanto que en medicina y salud: Proporcionan maniquíes, así como entornos virtuales que simulan las cirugías, diagnósticos y procedimientos clínicos que llevan a cabo los estudiantes de medicina; estos pueden practicar tantas veces como se necesite y sin arriesgar a pacientes reales. Así mismo en ingeniería y mecánica permiten diseñar, comprobar y optimizar estructuras, fluidos y sistemas eléctricos en la nube, según las leyes físicas (Mora et al., 2025).

A través de software, simulaciones y animaciones, las TIC posibilitan que los alumnos visualicen procesos científicos. Las TIC, cuando se emplean de manera apropiada, pueden impulsar la creatividad en el campo científico y actuar como un impulsor para la transformación educativa. Las TIC en la educación constituyen las Tecnologías Informáticas y de la Comunicación que son utilizados como instrumentos y recursos para el aprendizaje, así como para almacenar, procesar y distribuir información digital (Medina J. , 2025).

El objetivo general de la investigación es analizar el impacto que tiene una guía experimental fundamentada en un simulador en el desempeño académico de alumnos pertenecientes al bachillerato en Biología.

Para cumplir se propone como objetivos específicos, diagnosticar el nivel inicial de conocimientos mediante la aplicación del pretest a los grupos experimental y de control; como segundo objetivo es aplicar una guía experimental apoyada en un simulador virtual al grupo experimental, mientras que al grupo de control se le continuó aplicando el método tradicional; finalmente, se compara el rendimiento académico de ambos grupos mediante la aplicación del postest y un análisis estadístico con el fin de determinar la influencia de la propuesta didáctica. Con ello se busca fomentar un aprendizaje significativo, reforzar las capacidades científicas y optimizar las estrategias pedagógicas. La hipótesis sugiere que el uso de una guía científica basada en simulador incrementa de manera notable el desempeño académico de los alumnos en Biología.

Material y métodos

La investigación fue de tipo cuantitativo, para esta parte se recogieron y analizaron datos numéricos mediante la aplicación del pretest y postest. Este enfoque permitió medir el efecto de la guía experimental con simulador sobre el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en Biología de forma objetiva, de modo que fue posible comparar los resultados obtenidos entre el grupo experimental y el grupo de control (Medina et al., 2023).

Un modelo cuasiexperimental de conjuntos no equivalentes fue empleado para la investigación, dado que las agrupaciones estudiadas estaban compuestas mediante la institución educativa y los participantes no fueron asignados aleatoriamente (Capili y Anastasi, 2024). Esta configuración permitió que se compararan los resultados entre el grupo de control, que siguió utilizando la metodología tradicional, y el grupo experimental, que fue intervenido a través de una orientación de un guía experimental con simulador.

La población fue de 60 estudiantes de segundo año de Bachillerato Técnico en Informática de la Unidad Educativa Napo, que estaban matriculados en la asignatura de Biología en el periodo académico. La muestra estuvo compuesta por dos conjuntos de 30 alumnos cada uno, uno pertenecía al conjunto de experimentación y el otro hacia el grupo de control. Se hizo un muestreo censal porque se abarcó toda la población objeto del estudio. Esta decisión permitió analizar el comportamiento de todos los alumnos posibles, sin tener que realizar una selección parcial.

Se consideraron en la investigación, los estudiantes que estaban en el segundo año de Bachillerato Técnico en Informática y que asistieron regularmente a clases y a la aplicación del pretest, la intervención didáctica y el postest. Los estudiantes que no completaron alguna de las fases de la investigación o que se encontraron ausentes en el desarrollo de la intervención fueron excluidos.

La selección de los participantes fue resultado de la disponibilidad de los grupos existentes en la institución educativa y a la necesidad de conservar la organización académica habitual de dichos grupos, condición propia de los estudios cuasiexperimentales. Asimismo, los alumnos de la primera sección presentaron características académicas similares, lo que favorecía la comparación de los resultados obtenidos entre los grupos.

La intervención se desarrolló en tres semanas con 80 minutos por sesión en dos sesiones por semana, es decir, en 6 sesiones. En la primera sesión se aplicó el pretest a los alumnos de los grupos experimental y de control a efectos de identificar el nivel inicial sobre los contenidos de Biología. Durante la segunda y tercera semanas, el grupo experimental desarrolló las actividades de observación, exploración del simulador, análisis del tejido vegetal y animal, propuestas de resolución de las actividades y discusión conjunta de resultados en la guía experimental, la que estuvo fundamentada en simuladores virtuales. En ese mismo periodo el grupo control recibió las clases por la metodología tradicional que emplean los docentes en general, se desarrollaron los mismos contenidos curriculares, pero sin el uso del simulador ni de la guía experimental. A los

jóvenes se les aplicó el postest al finalizar la tercera semana, se evaluó el aprendizaje alcanzado para comparar el efecto de la intervención en el rendimiento.



Figura 1. Fases de implementación de la guía experimental con simulador virtual. Fuente: elaboración propia

Según la figura 1, el primer paso que se realizó es el diagnóstico, fue la aplicación de un pretest para conocer que saben los alumnos. A partir de esta primera evaluación el docente tiene conocimiento de un nivel de dominio de los contenidos de los educandos, estableciendo así un plan de intervención de acuerdo con las necesidades detectadas.

En esta fase de introducción conceptual, el educador presentó los fundamentos teóricos en que se apoyan los tejidos vegetales y animales. La etapa teórica otorga a los alumnos los conocimientos necesarios para comprender los fenómenos que observarán durante la experimentación y relacionen la práctica con la teoría.

La tercera fase de experimentación el PhET es el núcleo de la guía. Dentro de él, los alumnos utilizaron el simulador virtual para observar, identificar y analizar los distintos tejidos, anotando

sus observaciones y resultados. Esta herramienta permitió visualizar estructuras microscópicas que son difíciles de ser observadas a simple vista y analizadas sólo con la explicación teórica, con ello se alcanza un aprendizaje activo e interactivo.

A continuación, en esta fase de trabajo colaborativo, los estudiantes ponen en común sus observaciones, discutieron los resultados obtenidos, como también la realización de actividades que indica la guía. Esta interacción promovió el intercambio de ideas, el razonamiento científico y aprendizaje cooperativo.

La etapa de análisis y reflexión se centró en la interpretación, en esta fase relacionaron la información obtenida en la experimentación y establecieron correlaciones con lo teórico. Aquí, generaron conclusiones fundamentadas con lo que se aviva un pensamiento crítico y se perfecciona la argumentación científica.

Por último, la fase evaluativa fue la aplicación del postest que sirvió para verificar los aprendizajes alcanzados y comparación de resultados con el pretest. Esta comparación da balance del efecto que tuvo la guía experimental con simulador acerca del rendimiento académico de los alumnos, notándose el cumplimiento de los objetivos planteados.

Para reunir la información, se utilizó una prueba pedagógica que fue aplicada en dos momentos: como pretest al comienzo de la investigación y como postest al finalizar la intervención. El instrumento se compuso de (indicar cantidad de ítems) de preguntas relacionadas a los contenidos de Biología trabajados a partir de la guía experimental con simulador, sobre tejidos vegetales y animales. Las preguntas ayudaron a determinar el nivel de saberes que tuvo el alumnado en la intervención; se utilizó para la evaluación una escala de 0-10 puntos. El modelo se validó en una primera fase a partir de juicio de expertos que nos permitió terminar la primera versión y su forma de aplicación.

La evaluación del contenido se dio mediante un juicio de expertos donde se consideró la fiabilidad, nitidez, consistencia y aplicabilidad de cada uno de los elementos y de forma global. Para dicho procedimiento se empleó una matriz de validación conformadas por 10 parámetros y la valoración de tres especialistas. El máximo puntaje (4 = Muy apropiado) fue otorgado por los expertos en todos los indicadores, a los cuales se alcanzó el 100 %. Como resultado, las observaciones y sugerencias emitidas se incorporaron antes de la ejecución, por lo cual la guía fue considerada adecuada, pertinente y efectiva para la aplicación en el grupo experimental.

La valoración dada por el Alfa de Cronbach sería

Tabla 1: Estadística de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.981	30

El coeficiente alfa de Cronbach se utilizó para evaluar la confiabilidad del instrumento, obteniendo para los 30 elementos un valor de 0.981. Como se puede notar sus resultados muestran una excelente consistencia interna del instrumento y por ende se considera altamente fiable para realizar la recolección de datos.

El procedimiento se basó en aplicar inicialmente el pretest a ambos grupos, para luego implementar en el equipo experimental la guía fundamentada en un simulador durante el lapso determinado, mientras que el grupo de control llevó a cabo clases convencionales. Después, se realizó el postest a ambos grupos de igual manera para determinar los ajustes en el aprendizaje, la cual según Vásquez et al. (2025), constituyó una evaluación que posibilitó el reconocimiento de las transformaciones alcanzadas desde la primera diagnosis y proporcionó información fundamental para crear tácticas institucionales.

Los datos obtenidos se organizaron, tabularon y analizaron a través de la estadística descriptiva y lógica, lo cual permitió comparar los hallazgos entre la agrupación experimental y el de control, por lo que se determinó la influencia de la guía experimental con simulador sobre el rendimiento pedagógico de los alumnos en Biología; se empleó una estadística descriptiva donde se examinaron la media, desviación estándar, mínimo y máximo. Se analizó la normalidad mediante el empleo de Shapiro-Wilk, así como la homogeneidad de varianza, a través de la prueba de Levene. Para su comparación del pretest entre las agrupaciones de control y experimental, se empleó la prueba t de Welch, continuando con el T de Student que se dio entre la contrastación de los grupos experimental vs el de control, con la ganancia normalizada.

Material y métodos

La metodología aplicada se muestra en la figura 2.



Figura 2. Fases de implementación de la estrategia didáctica. Fuente: elaboración propia de los autores

Es importante que en la elaboración de cada fase de la investigación sobre los efectos en un documento guía experimental con simulador en el rendimiento educativo en Biología, exista un equilibrio entre los fines, las operaciones y los instrumentos de evaluación, de modo que conduzcan al logro exacto del objetivo de estudio. Se recomienda trazar una evaluación inicial adecuada para diagnosticar el nivel de los estudiantes, y hacer una presentación conceptual dirigida a los recursos esenciales que constituyan la base para la experimentación. Durante el desarrollo del simulador, el aprendizaje debe ser guiado mediante instrucciones claras y actividades que promuevan la vigilancia, el estudio y el entendimiento de los fenómenos.

Guía experimental con simulador

La guía experimental con simulador se estructuró en seis partes principales: objetivo, precalentamiento o pre-laboratorio, juego abierto, actividad o laboratorio, síntesis o post-laboratorio y extensión. Esta organización (tabla 2) permitió conducir progresivamente al estudiante desde la activación de conocimientos previos hasta la aplicación del aprendizaje en situaciones contextualizadas.

Tabla 2: Estructura general de la guía experimental con simulador

<u>Parte de la guía</u>	<u>Importancia de la etapa en la guía experimental con simulador</u>
Objetivo	Orienta el propósito de la actividad y permite definir con claridad qué se espera que el estudiante aprenda al finalizar la experiencia. En esta fase se trabaja en la relación entre la utilización del simulador y los conocimientos curriculares, las competencias científicas y los logros de aprendizaje previstos.
Precalentamiento / Pre-laboratorio	Posibilita la comprensión de las nociones previas, las ideas preliminares o perspectivas alternativas que tienen los alumnos previamente al interactuar con el simulador. También, prepara al alumno cognitivamente para la tarea, despierta su curiosidad y ayuda a relacionar los conocimientos anteriores con los nuevos.
Juego libre	Proporciona una primera experiencia exploratoria, sin restricciones u orientada del simulador para que el alumnado descubra sus herramientas, elementos y opciones de interacción. Esta etapa disminuye la carga técnica estimula la observación y facilita el planteamiento de preguntas antes de la actividad experimental más estructurado.
Taller de Actividad.	Es la etapa más importante de la guía, ya que los alumnos pueden modificar las variables, anotar datos, comparar situaciones y analizar fenómenos a través de la simulación. En esta fase, se fomentan actividades que permiten establecer conexiones significativas y mutuamente consensuadas entre diferentes componentes de una misma red.
Síntesis / Post- laboratorio	Permite reforzar los aprendizajes adquiridos después de la práctica experimental. Los alumnos, en este período, examinan los descubrimientos, responden a preguntas de análisis, sacan conclusiones y piensan sobre lo que han aprendido. Permite, además, que el docente evalúe el nivel de entendimiento conceptual alcanzado.
Extensión	Favorece la transferencia del aprendizaje a nuevas situaciones, problemas o contextos de la vida cotidiana. Esta etapa amplía la aplicación del conocimiento, promueve el pensamiento crítico y permite que el estudiante reconozca la utilidad del contenido más allá del simulador o de la clase.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras la implementación de una guía de práctica simulada, con el título “Exploración de la vida microscópica: un viaje por los tejidos vegetales y animales”. Los resultados se organizaron en la caracterización inicial de los grupos, el análisis de pretest y postest, la comparación estadística entre el grupo experimental y el grupo de control, y la ganancia normalizada del aprendizaje. Los resultados de la investigación permiten verificar el efecto de la intervención en el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en Biología.

Caracterización inicial de los grupos

El estudio se desarrolló con dos paralelos del bachillerato técnico. El grupo experimental estuvo conformado por 30 estudiantes, a quienes se les aplicó la guía práctica simulada como estrategia e intervención didáctica. Por su parte, el grupo de control estuvo integrado por 30 estudiantes, quienes desarrollaron el proceso de aprendizaje mediante la metodología habitual de asignatura, sin la aplicación de la guía simulada.

Resultados del pretest

Los resultados del pretest evidenciaron que el grupo experimental obtuvo una media de $\bar{X} = 4.1$, con una desviación estándar de $DE = 2.03$. Por otra parte, el grupo de control alcanzó una media de $\bar{X} = 3.7$, con una desviación estándar de $DE = 1.337$; mientras que el mínimo en los 2 grupos es 1; el máximo en el experimental fue de 8 y el de control de 7. La tabla 3 mostró que los dos grupos partían de conocimientos previos similares, aunque la agrupación experimental manifestaba una mayor variedad en el desempeño de sus alumnos, en tanto que la agrupación control era más homogéneo.

Tabla 3: Resultados del pretest

<u>Grupo</u>	<u>N</u>	<u>Media del pretest</u>	<u>Desviación estándar</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Experimental	30	4.1	2.030	1	8
Control	30	3.7	1.337	1	7

Evaluación de la normalidad

Tabla 4: Resultados de la prueba de normalidad según Shapiro-Wilk en los grupos de control y experimental.

<u>Grupo</u>	<u>Prueba</u>	<u>p-valor</u>	<u>Decisión</u>
Control - Pretest	Shapiro-Wilk	0.057	Distribución Normal
Experimental - Pretest	Shapiro-Wilk	0.071	Distribución Normal

Se presentaron en la Tabla 4 los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, aplicada a los grupos experimental y control en el pretest. Los valores de significancia fueron de 0,057 para el control y de 0,071 para el experimental, ambos mayores que 0,05, por lo que los datos mostraron una distribución normal. Los resultados indicaron que ambos grupos de sujetos contaban, en comparación, con iguales condiciones.

Evaluación de la homogeneidad de varianzas

Tabla 5: Resultados de la prueba de homogeneidad de varianza según Levene en los grupos de control y experimental

<u>Prueba</u>	<u>p-valor</u>	<u>Decisión</u>
Levene	0.003	Varianzas diferentes

La tabla 5 indicó los hallazgos correspondientes a la prueba de uniformidad de varianzas de Levene, realizada sobre las agrupaciones del control y experimental. Se alcanzó un p-valor de 0.003 el cual es menor que el nivel de significancia definido de 0.05. Así pues, el test de Levene indicó discrepancias en la variación de las puntuaciones entre el grupo control y el experimental.

Comparación en el pretest entre el grupo de control y el experimental

La prueba t de Welch reveló un hallazgo de $t = 0,901$, $gl = 50,187$, $p = 0,372$. Dado que el p fue mayor que 0,05, en la evaluación previa (pretest) no se encontraron diferencias relevantes entre los grupos de control y experimental. Se da a entender que los grupos tenían condiciones iniciales similares.

Tabla 6: Resultados de la Prueba t de Welch

<u>Prueba</u>	<u>t</u>	<u>Gl</u>	<u>p-valor</u>	<u>Decisión</u>
T de Welch	0.901	50.187	0.372	No hay diferencias significativas

Resultados del postest posterior a la intervención

Tras la intervención, se les aplicó el postest a los grupos experimental y control. El grupo experimental que desarrolló las actividades a través de la guía experimental con simulador, mientras que el grupo de control lo desarrolló con el enfoque tradicional de la asignatura. Los resultados obtenidos hicieron posible la comparación del rendimiento académico que alcanzaron ambos grupos tras la intervención.

Tabla 7: Resultados del postest

<u>Grupo</u>	<u>Media pretest</u>	<u>Media del postest</u>	<u>Incremento</u>	<u>DE postest</u>	<u>Tendencia observada</u>
Experimental	4.1	9.4	5.2	0.928	Incremento superior

Control	3.7	4.5	0.8	1.480	Mínimo incremento
---------	-----	-----	-----	-------	-------------------

Comparación estadística entre el grupo experimental y el de control

Con el fin de comparar los posttest resultados entre el grupo experimental y el grupo de control, se llevó a cabo la prueba t de Student de muestras independientes.

Las diferencias entre cada uno de los dos grupos durante el posttest ($p = 2,993 \times 10^{-20}$) tuvieron un significado estadístico, de acuerdo con los hallazgos del análisis estadístico (Tabla 7). El rendimiento académico del grupo experimental fue superior al del grupo de control; por lo que las puntuaciones de ambos grupos mostraron diferencias significativas.

Tabla 8: Comparación estadística dl grupo experimental y de control

<u>Comparación</u>	<u>Prueba estadística</u>	<u>Valor estadístico</u>	<u>P</u>	<u>Decisión</u>	<u>Interpretación</u>
Grupo experimental vs de control	T de Student	15.262	2.993×10^{-20}	$p < 0.05$	Diferencia significativa

Ganancia normalizada de aprendizaje

Con el fin de calcular el progreso relativo del aprendizaje, se estimó la ganancia normalizada de Hake (tabla 9). Este indicador permitió comparar el progreso de los estudiantes considerando el puntaje inicial y el máximo de la prueba.

$$g = \frac{\text{Postest} - \text{Pretest}}{\text{Puntaje máximo} - \text{Pretest}}$$

Tabla 9: Ganancia normalizada de aprendizaje

<u>Grupo</u>	<u>Pretest</u>	<u>Posttest</u>	<u>Puntaje máximo</u>	<u>Ganancia normalizada</u>	<u>Interpretación</u>
Experimental	4.1	9.4	10	0.8983	Ganancia alta
Control	3.7	4.5	7	0.2424	Ganancia baja

Discusión

Los descubrimientos indican que, al emplear una guía experimental basada en simuladores digitales y utilizando un enfoque de aprendizaje activo, se logró una mejora significativa en el rendimiento pedagógico de los estudiantes de Biología. El grupo experimental aumentó su valor medio de 4.1 en el pretest a 9.4 en el posttest, en tanto que el grupo de control tuvo un incremento mínimo de 3.7 a 4.5. La diferencia estadística entre los dos conjuntos ($p < 0.05$) ratifica que la acción generó un efecto favorable sobre la formación de los alumnos.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Bazie et al. (2024), quienes, a través de un análisis cuasiexperimental con 60 alumnos universitarios, demostraron que la utilización de laboratorios digitales mejora notablemente el rendimiento académico. Antes de la intervención no hubo diferencias significativas entre las agrupaciones ($p=0,99$); no obstante, al concluir el procedimiento se detectaron diferencias de valor estadístico significativas ($p<0,001$). Los alumnos que emplearon los laboratorios virtuales alcanzaron un punto medio de $55,5 \pm 6,8$, mayor que la del grupo que exclusivamente recibió enseñanzas conceptuales ($43,7 \pm 11,5$), lo cual indica que las simulaciones virtuales son una estrategia efectiva para reforzar la enseñanza y el entendimiento del conocimiento científico.

De igual manera los resultados son similares a los reportados por Yawo et al. (2022) que evidenciaron que el uso de laboratorios digitales aumentó significativamente el desempeño educativo de los alumnos. En su estudio, el valor medio aumentó desde 8.53 en el pretest hasta 17.96 en el posttest, una diferencia que fue estadísticamente esencial ($t(69) = 23.30$; $p < .05$). También se encontró una diferencia significativa en los conocimientos prácticos ($t(69) = 11,93$; $p < 0,05$) lo que permite afirmar que la utilización de laboratorios virtuales es una estrategia apropiada para mejorar el aprendizaje en las ciencias.

Del mismo modo, los hallazgos se relacionan con la investigación de Lestari et al. (2023) que estudiaron el impacto de la utilización de laboratorios digitales a través de un diseño cuasiexperimental con pretest y posttest en una muestra de 102 alumnos. Los investigadores hallaron discrepancias estadísticamente significativas respecto a las valoraciones antes y después de la intervención ($F = 10.50$; $p < 0.05$). Las evaluaciones por pares también mostraron mejoras importantes ($p < 0.05$) en las agrupaciones que usaron laboratorios digitales, sobre todo en la agrupación que combinó el laboratorio virtual con prácticas y que obtuvo un tamaño del impacto del 84.5 %, lo que indica que esta estrategia favorece considerablemente el aprendizaje en las ciencias y el progreso del conocimiento científico.

El test t de Student para análisis independientes se utilizó para comparar el rendimiento pedagógico alcanzado por la agrupación experimental con el grupo de control tras la asistencia pedagógica. Los resultados encontraron diferencia numérica significativa entre métrica de los dos segmentos ($t = 15,262$; $p = 2,993 \times 10^{-20}$) un valor muy por debajo del nivel de significancia definido ($p < 0,05$). Esto demuestra que las disparidades detectadas en los análisis del posttest no son producto de la casualidad sino que están relacionadas a la aplicación de la guía experimental basada en simuladores.

Los resultados están alineados con los indicados por Akinwumi y Clement (2024), quienes estudiaron impacto de una metodología de laboratorio digital en alumnos de Física en educación secundaria a través de un diseño cuasiexperimental utilizando pretest y posttest. Los investigadores encontraron que el desempeño educativo de los alumnos se mejoró significativamente cuando utilizaron el laboratorio virtual, lo que fue confirmado por medio del análisis t de Student ($t = 16.684$; $p = .000 < 0.05$). Asimismo, se encontró que hubo una notable mejora en el interés de los alumnos por el contenido ($t = 12.650$; $p = .000 < 0.05$), por lo que concluyen que la estrategia del laboratorio virtual promueve el aprendizaje de la Física y es una opción eficiente frente a los enfoques convencionales de enseñanza.

De igual manera, los resultados se ajustan con lo presentado por Hidalgo (2024), el cual encontró que el uso del simulador promovió significativamente la enseñanza de los alumnos de bachillerato. El grupo experimental obtuvo una alta ganancia de aprendizaje en su investigación ($g = 0,71$), aunque el grupo de control mostró una ganancia baja ($g = 0,30$). La prueba t de Student también reveló diferencias estadísticamente importantes entre los dos grupos ($t = -8.05$; $p = 1.68016 \times 10^{-13}$), lo que indica que la mejora observada en el rendimiento académico se debió a la implementación del simulador y no a factores fortuitos.

La ganancia normalizada del grupo experimental ($g = 0,8983$) evidencia una mejora importante en el proceso de aprendizaje, que coincide con el meta análisis de Chonillo (2026), quien revisó 16 estudios con un total de 1296 alumnos y encontró que la incorporación de simuladores virtuales en la enseñanza de las ciencias generó una dimensión del resultado estandarizado grande ($DMS = 1.73$; $IC95\% [1.00; 2.45]$; $Z = 4.67$; $p = .001$) en comparación con los métodos tradicionales. Estos resultados indican que la utilización de simuladores virtuales promueve el aprovechamiento de conocimientos científicos y mejora de forma significativa el rendimiento académico.

Finalmente, los resultados muestran que la guía experimental basada en simuladores es un método didáctico eficaz para enseñar Biología en el bachillerato, ya que posibilita la conexión entre teoría y práctica, promueve la participación activa y estimula el entendimiento de conceptos abstractos. Estos hallazgos respaldan la incorporación de herramientas tecnológicas interactivas en los procedimientos educativos como una alternativa para mejorar la calidad de la educación científica.

Conclusiones

La investigación en curso reveló que emplear una guía experimental basada en un simulador virtual es un método de enseñanza eficaz, porque mejora el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en la materia de Biología.

Con respecto al primer objetivo específico se constató a través de la aplicación del pretest que los grupos experimental y de control presentaban condiciones iniciales equivalentes, sin diferencias estadísticamente significativas (t de Welch = 0,901; p = 0,372). Este resultado demostró que los participantes de ambos grupos iniciaron la investigación con conocimientos equiparables y que las diferencias posteriormente observadas se deben a la intervención didáctica y no diferencias previas en los estudiantes.

Sobre el segundo objetivo específico, la aplicación de la guía experimental sustentada en un simulador virtual favoreció un aprendizaje más activo, participativo y contextualizado del grupo experimental. La conjugación de actividades de exploración, experimentación y análisis permitió afianzar los conocimientos con relación a los tejidos vegetales y animales, así como también el desarrollo de habilidades científicas y aprendizaje significativo.

Con relación al tercer objetivo específico sobre la comparación de los resultados del postest, el grupo experimental obtuvo un mejor rendimiento que el grupo control. El grupo experimental aumentó su media de 4,1 a 9,4 y el grupo de control de 3,7 a 4,5. Igualmente, la t de Student evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (t = 15,262; p = $2,993 \times 10^{-20}$), y la ganancia normalizada de Hake resultó alta en el grupo experimental (g = 0,8983) y baja en el grupo de control (g = 0,2424). Todo lo anterior indicó que la propuesta didáctica fue efectiva para mejorar el rendimiento académico.

Los resultados que se han obtenido permite aceptar la hipótesis de investigación, ya que se comprobó que el uso de una guía experimental fundamentada en un simulador virtual incrementa de forma significativa el desempeño académico en Biología de estudiantes de bachillerato. Por lo tanto, esta estrategia es una alternativa didáctica innovadora que favorece el fortalecimiento de competencias científicas, la comprensión de contenidos abstractos y la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Durante un periodo de tres semanas, se llevó a cabo el estudio con una muestra censal compuesta por 60 alumnos pertenecientes únicamente a una institución educativa, utilizando un diseño cuasiexperimental. Por lo que, tiene limitaciones para generalizar a otras instituciones educativas y no permite valorar los efectos a largo plazo de la estrategia.

Se sugiere que en futuras investigaciones se amplíe diversifique la muestra, se tomen instituciones educativas de diferentes contextos, que las intervenciones sean de mayor duración y que se evalúe el impacto de la guía experimental con simuladores virtuales en otras áreas de las ciencias naturales y en otras variables como motivación, pensamiento crítico, competencias científicas y retención del aprendizaje. Estos estudios reforzarán la evidencia acerca de la capacidad que tienen los

simuladores virtuales en calidad de herramienta educativa en el nivel secundario.

Referencias bibliográficas

- Akinwumi, M., & Clement, O. (2024). Effects of virtual laboratory instructional strategy on secondary school students' learning outcomes in physics in Nigeria. *Studies in Education*, 22(1), 79-90. <https://www.sie.com.ng/index.php/journal/article/view/24>
- Alarcón, M., Bravo, A., Segarra, O., & Bernardes, K. (2025). Manual digital para potenciar el uso de simulador Phet como recurso didáctico en la asignatura de biología. *Alfa Publicaciones*, 7(3.1), 231-249. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.1.649>
- Bazie, H., Lemma, B., Workneh, A., & Estifanos, A. (2024). The effect of virtual laboratories on the academic achievement of undergraduate chemistry students: Quasi-experimental study. *JMIR Formative Research*, 8, e64476. <https://doi.org/10.2196/64476>
- Capili, B., & Anastasi, J. (2024). An Introduction to the quasi-experimental design (nonrandomized design). *HHS Public Access*, 124(11), 50-52. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0001081740.74815.20>
- Carrillo, J. C., Llanos, M. d., Ramírez, A., Cortés, P. d., & Maldonado, M. d. (2023). "El pensamiento constructivista de Lev Vygotsky en la enseñanza universitaria en la era digital". *EDUCATECONCIENCIA*, 33(2), 1-23. <https://doi.org/10.58299/edutec.v33i2.293>
- Cedeño, S. A., Encalada, F. C., Elizalde, J. A., & Pintado, M. M. (2024). Estrategias didácticas para la inserción de la tecnología en la educación. *Revista Social Fronteriza*, 4(3), 1-19. <https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/download/286/515/1371>
- Chamba, L. L. (2022). *Simuladores virtuales como recurso didáctico, para el aprendizaje significativo de química inorgánica, en los estudiantes de segundo año de bachillerato de la unidad educativa fiscal "Nicolás Guillén" en el periodo lectivo 2021- 2022*. Quito: Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/6023e402-051d-4bf7-86dd-fc50d87e3532>
- Chonillo, L. O. (2026). Metaanálisis del efecto de la integración de los simuladores virtuales en la enseñanza de las ciencias. *Chakiñan, Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 28, 249-319. <https://doi.org/10.37135/chk.002.28.14>
- Colorado, J., Romero, M., Salazar, M., Cabrera, G., & Castillo, V. (2024). Análisis comparativo de los coeficientes Alfa de Cronbach, Omega de McDonald y Alfa Ordinal en la validación de cuestionarios. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(4), 2738-2755. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i4.836>
- Fuentes, T., Piguave, E., & Fuentes, J. (2025). La enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Biología y el desarrollo del pensamiento crítico. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(3), 166-175. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n3.2025.166-175>
- Gomez, S., & Ortiz, M. (2025). Teoría de la Mente por Jean Piaget (Theory of mind by Jean Piaget). *Revista Veritas De Difusão Científica*, 6(2), 2185-2194. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.742>
- Hidalgo, N. O. (2024). "Impacto del uso de un simulador PhET basado en concepciones alternativas en el

movimiento parabólico sobre el rendimiento académico de estudiantes de bachillerato".

Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.FCNM.

<https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/62920>

- Intriago, C. I., Córdova, S. B., Guaigua, J. M., & Garcia, S. (2024). Estrategia didáctica basada en simuladores virtuales para fortalecer el aprendizaje de la física en el bachillerato general unificado. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 8(15), 1013-1043. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/download/558/922/2324>
- Lestari, D. P., Supahar, Paidi, Suwarjo, & Herianto. (2023). Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. *Education and Information Technologies*, 28(12), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8>
- Medina, J. (2025). TICs y NTICs en el proceso educativo de las Ciencias Exactas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(3), 6199-6209. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18260
- Medina, M. Á., Hurtado, D. R., Muñoz, J. P., Ochoa, D. O., & Izundegui, G. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo* (Primera ed.). (W. Sucari, P. Aza, & A. Flores, Edits.) Puno, Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>
- Mera, C., & Puyol, J. (2024). Importancia de la utilización del laboratorio virtual y los simuladores PHET en el aprendizaje de la física y la matemática en el nivel de bachillerato. *Revista Científica Multidisciplinaria G-Nerando*, 5(2), 1-14. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.363>
- Mora, B., Gavilánez, M., Espinoza, J., & Martínez, R. (2025). Uso de simuladores virtuales en la enseñanza de conceptos abstractos. *Sinergia Académica*, 8(4), 713-727. <https://doi.org/10.51736/sa636>
- Mora, C., & Vélez, D. (2023). Biología: Aspectos histórico filosóficos. *Revista Ciencia & Sociedad*, 3(2), 122-134. <https://cienciaysociedaduatf.com/index.php/ciesocieuatf/article/view/75>
- Pinzón, J. (2024). Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel en el desarrollo de estrategias de aprendizaje hacia un pensamiento crítico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(3), 8858-8870. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12041
- Sailema, R., Licoa, G., Carlin, E., & Bernardes, K. (2025). Impacto del uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato: desafíos y oportunidades docentes. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(1), 507-534. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/903>
- Silva, J. G., Coello, J. E., Loja, C. M., Serrano, G. F., & Castillo, B. M. (2023). Importancia de la experimentación en el proceso de enseñanza aprendizaje en los niveles de educación básica y bachillerato para potenciar el pensamiento crítico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(3), 4825-4836. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6514
- Vásquez, G. d., Calvopiña, P. J., Simbaña, L. P., Morales, M. B., Montenegro, L. G., & Cañar, P. P. (2025). Evaluación del impacto de estrategias activas en el razonamiento lógico-matemático: un estudio pretest y postest. *Revista Científica Multidisciplinaria Ogma*, 4(3), 1-12. <https://doi.org/10.69516/bgr51h21>



- Yawo, A. H., Annan, J. N., & Ngman, E. I. (2022). The effect of virtual laboratory on student teachers' achievement in integrated science. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 10(1), 26-39. <https://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2022/04/Full-Paper-THE-EFFECT-OF-VIRTUAL-LABORATORY-ON-STUDENT-TEACHERS%E2%80%99-ACHIEVEMENT-IN-INTEGRATED.pdf>
- Yugcha, P. S. (2024). *Las prácticas de laboratorio y su relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología en el estudiantado de bachillerato de dos unidades educativa de Quito*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/f3b28af1-aaa3-4a6a-88f5-333a74896941>
- Zambrano, A. A., Intriago, Y. M., & Carrión, H. A. (2024). Recursos digitales para el refuerzo pedagógico en contenidos de la asignatura de física. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 8(4), 87-106.
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.87-106>
- Zambrano, K. J., & Navarrete, Y. (2026). Uso de simuladores virtuales para la enseñanza de la química. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(E1), 2763–2787.
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1151>

Conflicto de intereses:

Los autores afirman que no existe ningún conflicto de interés.

Financiamiento:

No hubo apoyo económico de partes ajenas a este artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es el resultado de una publicación previa.