Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica
ISSN en línea 3005-2599, Julio - Septiembre 2026,
Volumen 6, Número 3.

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a.v6i3

LABORATORIOS VIRTUALES PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS PEDAGÓGICAS Y CIENTÍFICAS EN FUTUROS DOCENTES DE ENSEÑANZA MEDIA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

VIRTUAL LABORATORIES TO DEVELOP PEDAGOGICAL AND SCIENTIFIC COMPETENCIES IN PROSPECTIVE SECONDARY SCHOOL TEACHERS AT THE CENTRAL UNIVERSITY OF ECUADOR

Yadira Elizabeth Quisaguano Caiza
Universidad Central del Ecuador, Ecuador

E. COUTURE
Educación y Ciencias Sociales

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica

Estudios y Perspectivas
Revista Científica Multidisciplinaria

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a..v6i3.2131

Laboratorios Virtuales para Desarrollar Competencias Pedagógicas y Científicas en Futuros Docentes De Enseñanza Media de la Universidad Central del Ecuador

Yadira Elizabeth Quisaguano Caiza
yequisaguano@uce.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9232-9222
Universidad Central del Ecuador, Ecuador

RESUMEN

El estudio analizó el uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para el desarrollo de competencias pedagógicas y científicas en docentes en formación de la Universidad Central del Ecuador. Se empleó un enfoque mixto con mediciones antes y después de una intervención didáctica. Participaron 140 estudiantes de séptimo y octavo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología y tres expertos. La información se obtuvo mediante un cuestionario de 20 ítems, entrevistas semiestructuradas y una guía de evaluación basada en la pirámide de Miller. El diagnóstico inicial mostró un predominio del nivel intermedio en las competencias pedagógicas, con dificultades en la planificación didáctica y la integración educativa de recursos tecnológicos. Las tablas del postest registraron una mayor proporción de estudiantes en el nivel alto, aunque las diferencias en los criterios de clasificación entre ambas mediciones limitan su comparación directa. Las entrevistas destacaron la importancia de vincular los simuladores con los objetivos de aprendizaje, la experimentación y la reflexión sobre la práctica docente. Se estructuró una propuesta de cuatro módulos sustentada en el modelo de conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido (TPACK). Los hallazgos sugieren posibilidades de integración de los laboratorios virtuales en la formación docente, sin establecer por sí solos un efecto causal sobre el desarrollo de competencias

***Palabras clave*:** laboratorios virtuales; formación docente; competencias pedagógicas; competencias científicas; modelo TPACK

Virtual Laboratories to Develop Pedagogical and Scientific Competencies in Prospective Secondary School Teachers at the Central University of Ecuador

ABSTRACT

This article aims to provide an analysis of the relationship between law and political science, exploring their interconnectedness and influence on each other. The research employs a qualitative methodology, incorporating a literature review and case studies to examine the intricate dynamics between legal frameworks and political systems. The findings highlight the reciprocal relationship between law and politics, demonstrating how legal principles shape political decisions and actions, while political forces, in turn, influence the development and enforcement of laws. The study also emphasizes the significance of this interaction in the democratic governance and policy-making processes. Key findings reveal that legal reforms often stem from political movements and societal demands, illustrating the vital role of politics in shaping legal systems. Conversely, legal frameworks establish the foundation for political institutions and provide a framework for governance. The integration of law and political science enhances our understanding of the complexities within legal and political systems, ultimately contributing to more effective and equitable governance

***Keywords*:** law; political science; relationship; legal frameworks; political systems

Recibido: 25- junio-2026 / Aprobado: 30-septiembre-2026

INTRODUCCIÓN

La formación de docentes de enseñanza media en Biología exige articular el conocimiento científico con la capacidad de enseñarlo. Comprender un proceso biológico no garantiza que el futuro docente pueda explicarlo, diseñar actividades para estudiarlo o evaluar cómo lo aprenden sus estudiantes. Esta preparación requiere experiencias que vinculen los contenidos disciplinares con la planificación didáctica y la experimentación. La incorporación de recursos digitales plantea una exigencia adicional: aprender a utilizarlos con un propósito educativo definido, más allá del manejo técnico de una plataforma.

Los laboratorios virtuales ofrecen posibilidades para abordar esta relación entre conocimiento, enseñanza y tecnología. Mediante simulaciones, permiten representar procesos, modificar determinadas variables y observar resultados en condiciones que pueden repetirse. En Biología, su interés se relaciona especialmente con el estudio de fenómenos que resultan difíciles de observar directamente. Byukusenge et al. (2022), en una revisión de 26 investigaciones, encontraron aplicaciones frecuentes en biología celular y molecular, microbiología y genética. Los estudios examinados informaron aportes a la comprensión conceptual, las habilidades prácticas y la motivación, aunque esos resultados corresponden a actividades y condiciones educativas específicas. Estas posibilidades no convierten al laboratorio virtual en un sustituto general de la experiencia presencial. La observación de organismos, el manejo de materiales y la resolución de dificultades durante una práctica física implican experiencias que una simulación no reproduce por completo. De Jong et al. (2013) examinaron las contribuciones de los laboratorios físicos y virtuales a la enseñanza de las ciencias y destacaron el interés de combinarlos. Desde esta perspectiva, la elección del recurso depende del aprendizaje buscado: una simulación puede facilitar la exploración de un fenómeno, mientras que la práctica presencial permite trabajar con materiales y situaciones cuyas características deben conocerse directamente.

La evidencia empírica también invita a evitar expectativas de superioridad automática de la tecnología. Makransky et al. (2016) compararon una simulación virtual con una demostración

presencial como preparación para una práctica de microbiología. En el estudio participaron 189 estudiantes universitarios y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en las puntuaciones de desempeño de laboratorio. Ambos presentaron avances semejantes en conocimiento, motivación y autoeficacia. Este antecedente respalda el uso de las simulaciones como una alternativa de preparación para ciertas actividades, pero también muestra que su valor debe juzgarse según la función que cumplen dentro de una experiencia formativa.

En educación secundaria, Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) revisaron la producción científica sobre laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias experimentales. Identificaron a PhET como el recurso más frecuente y a la Física como la asignatura más abordada en los trabajos analizados. Esta distribución señala la necesidad de atender las particularidades disciplinares al interpretar los antecedentes. Los resultados obtenidos en una simulación de Física no pueden trasladarse sin más a la formación de profesores de Biología, donde cambian los contenidos, los procedimientos de indagación y las decisiones didácticas que deben aprenderse.

Para los docentes en formación, el desafío comprende dos aprendizajes relacionados. Deben desarrollar competencias científicas para formular preguntas, interpretar datos y construir explicaciones sustentadas en evidencias; también necesitan competencias pedagógicas para transformar esos procesos en experiencias de aprendizaje. Una actividad virtual puede contribuir a ambas dimensiones cuando exige comprender un fenómeno y, al mismo tiempo, decidir cómo enseñarlo. Por ejemplo, modificar variables en una simulación adquiere un sentido formativo distinto si el estudiante debe justificar su elección, anticipar dificultades de comprensión y elaborar criterios para evaluar las respuestas de sus futuros alumnos.

El modelo de conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido, conocido como TPACK, proporciona un fundamento para estudiar esa integración. Mishra y Koehler (2006) plantean que el uso educativo de la tecnología requiere comprender las relaciones entre el contenido disciplinar, la pedagogía y los recursos tecnológicos. No se trata de acumular conocimientos independientes, sino de reconocer cómo se condicionan mutuamente en una situación de enseñanza.

En el caso de los laboratorios virtuales, este enfoque orienta preguntas concretas: qué contenido se pretende enseñar, qué actividad ayudará a comprenderlo y qué características del simulador resultan adecuadas para ese propósito.

Desde este fundamento, la planificación ocupa un lugar central. La disponibilidad de una plataforma no determina qué harán los estudiantes con ella ni qué aprenderán. Es necesario establecer una pregunta de trabajo, orientar la exploración y disponer de oportunidades para discutir los resultados. La indagación científica aporta una forma de organizar estas actividades, mientras que la reflexión pedagógica permite examinar las decisiones tomadas durante su desarrollo. Así, el futuro docente puede analizar tanto la explicación científica construida como la pertinencia de las instrucciones, los recursos y la evaluación empleados.

La adopción de laboratorios virtuales también depende de condiciones institucionales. Achuthan et al. (2020), al estudiar su incorporación en educación superior, identificaron la importancia de la ventaja percibida, la aceptación tecnológica y la posibilidad de probar los recursos. Aunque su investigación se desarrolló en el ámbito de la ingeniería, aporta un antecedente para comprender que la integración educativa no se reduce a disponer de acceso. La familiarización con las herramientas y su pertinencia para las tareas académicas forman parte del proceso de incorporación.

En la Universidad Central del Ecuador existen antecedentes de integración de tecnologías digitales en la formación de profesores de ciencias experimentales. Cazar Puruncajas et al. (2024) sistematizaron experiencias de estudiantes de segundo y séptimo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Química y Biología, desarrolladas durante los periodos académicos de 2022 y 2023. Su trabajo abordó entornos virtuales elaborados por los estudiantes y destacó el aprendizaje interactivo, la investigación y el manejo ético de la información. Este antecedente permite situar la presente investigación en una trayectoria institucional de uso educativo de recursos digitales, aunque no constituye una evaluación específica de las competencias asociadas con laboratorios virtuales.

La cuestión que aborda este estudio es cómo se relaciona el uso de esos laboratorios con las competencias pedagógicas y científicas de quienes se preparan para enseñar Biología. Los

antecedentes ofrecen razones para explorar su incorporación, pero no resuelven por sí mismos qué ocurre en este grupo ni cómo se articulan la percepción del aprendizaje, el desempeño en tareas y las valoraciones de expertos. Examinar estas dimensiones permite valorar los recursos desde las necesidades de la formación docente, sin asumir que la participación en una actividad digital demuestra automáticamente una mejora profesional.

La literatura comparativa muestra que el valor educativo de los laboratorios físicos, simulados y remotos debe examinarse según los objetivos de aprendizaje y el apoyo didáctico que acompaña su utilización (Brinson, 2015; Ma & Nickerson, 2006; Rutten et al., 2012; Smetana & Bell, 2012). Esta orientación coincide con investigaciones que respaldan el aprendizaje activo y la indagación científica, destacando la importancia de la guía docente para favorecer los resultados educativos (Freeman et al., 2014; Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). En la formación del profesorado, estos recursos requieren articular el conocimiento disciplinar con las decisiones pedagógicas y tecnológicas, además de ofrecer experiencias de diseño y acompañamiento durante su integración (Koehler & Mishra, 2009; Shulman, 1986; Tondeur et al., 2012; Voogt et al., 2013). También conviene distinguir la confianza que los estudiantes expresan al utilizar laboratorios virtuales de su motivación y de las capacidades que demuestran en tareas concretas (Dyrberg et al., 2017; Miller, 1990). Esta distinción orienta el análisis de las percepciones y del desempeño como evidencias complementarias de la formación.

Por ello, el objetivo del artículo es analizar el uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica y su relación con las competencias pedagógicas y científicas de estudiantes de séptimo y octavo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Universidad Central del Ecuador. El análisis integra mediciones anteriores y posteriores a una intervención, una evaluación de desempeño y entrevistas a expertos. A partir de estos elementos, se presenta una propuesta formativa sustentada en el modelo TPACK, orientada a vincular la indagación científica con la planificación y la reflexión sobre la enseñanza.

METODOLOGÍA

Enfoque y diseño del estudio

La investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto que integró información cuantitativa sobre competencias pedagógicas y científicas con un análisis cualitativo de las valoraciones de expertos. El componente cuantitativo comprendió la aplicación de instrumentos antes y después de una intervención didáctica con laboratorios virtuales. El componente cualitativo permitió examinar la pertinencia de estos recursos para la formación docente y las condiciones necesarias para su integración educativa.

El estudio tuvo un alcance descriptivo y correlacional, con seguimiento de un grupo en dos momentos de medición. Se describieron las competencias de los participantes y se examinaron sus asociaciones con el uso de laboratorios virtuales. La comparación temporal se interpretó dentro de las condiciones del grupo estudiado, sin atribuir exclusivamente a la intervención las diferencias observadas. La recolección se realizó en el contexto académico de la Universidad Central del Ecuador.

Participantes y contexto

Participaron 140 estudiantes de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología: 80 de séptimo semestre y 60 de octavo semestre. Los participantes se encontraban en formación para la docencia de enseñanza media y cursaban asignaturas vinculadas con la experimentación y la didáctica de las ciencias. La selección respondió a criterios académicos y de acceso al escenario de investigación. Aunque el número de participantes coincidió con la población delimitada en la tesis, esta correspondencia no implica representatividad respecto de otros semestres, carreras o universidades.

Los criterios de inclusión consideraron la matrícula en la carrera, la participación en asignaturas con un componente experimental, el acceso a dispositivos e internet y la aceptación voluntaria de participar. También se requirió completar las mediciones y participar en las actividades con laboratorios virtuales. Se contempló la exclusión de registros incompletos y el retiro voluntario; la tesis no informó retiros durante el proceso.

El componente cualitativo incluyó a tres expertos vinculados con la didáctica de la Biología, la tecnología educativa y la formación docente. Su selección fue intencional, considerando su experiencia académica y profesional. Sus aportes se utilizaron para analizar los componentes pedagógicos, didácticos, tecnológicos y éticos de la propuesta.

Técnicas e instrumentos

Se emplearon un cuestionario dirigido a estudiantes, una entrevista semiestructurada a expertos y una guía de evaluación del desempeño. Estos instrumentos permitieron distinguir las percepciones de los participantes de la evidencia obtenida mediante tareas prácticas.

El cuestionario estuvo conformado por 20 ítems con una escala Likert de cinco opciones, desde 1, «totalmente en desacuerdo», hasta 5, «totalmente de acuerdo». Los primeros diez ítems abordaron las competencias pedagógicas mediante cuatro dimensiones: planificación didáctica, estrategias metodológicas, evaluación del aprendizaje y uso pedagógico de tecnologías de la información y la comunicación. Los diez restantes se relacionaron con experimentación, pensamiento científico, análisis de datos y aplicación del método científico.

Por la formulación de sus enunciados, el cuestionario recogió principalmente valoraciones de los estudiantes sobre sus capacidades y experiencias con los laboratorios virtuales. Sus puntuaciones se interpretaron como indicadores de competencias percibidas, complementados con la evaluación de desempeño.

La entrevista semiestructurada comprendió nueve preguntas abiertas sobre la coherencia de la propuesta, su pertinencia metodológica, las características tecnológicas de los recursos, su contribución a la formación docente y las consideraciones éticas de su utilización.

La guía de evaluación incluyó tres tareas: una actividad de indagación científica con laboratorios virtuales, el diseño de una planificación didáctica y una simulación pedagógica mediante la grabación de una clase. La valoración se organizó con rúbricas analíticas y los niveles de la pirámide de Miller: «sabe», «sabe cómo», «muestra cómo» y «hace». Al interpretar los resultados, se consideró que una

demostración en condiciones simuladas no equivale necesariamente al desempeño sostenido en un aula real.

Intervención y procedimiento

El procedimiento comprendió una evaluación inicial, el desarrollo de actividades con laboratorios virtuales y una evaluación posterior. El pretest permitió caracterizar las competencias percibidas e identificar necesidades formativas. Después de la intervención se aplicó el postest y se examinó el desempeño mediante la guía de evaluación.

La propuesta formativa se estructuró a partir del modelo de conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido —TPACK—. Incluyó cuatro módulos: fundamentación pedagógica y tecnológica, diseño didáctico con laboratorios virtuales, experimentación científica en entornos virtuales e integración pedagógica y reflexión docente. Las actividades plantearon la exploración de simuladores, la elaboración de guías y planificaciones, el análisis de resultados y la presentación de experiencias de enseñanza simulada.

La estructura de la propuesta contempló cuatro jornadas y un cronograma de seis semanas, desde la socialización hasta la evaluación.

Las entrevistas aportaron información para interpretar las posibilidades y dificultades de la integración de laboratorios virtuales. El análisis conjunto buscó relacionar las valoraciones de los expertos con las respuestas del cuestionario y las evidencias de desempeño.

Validez y confiabilidad

La validez de contenido se examinó mediante juicio de expertos. Las matrices de revisión consideraron la correspondencia con los objetivos, la calidad técnica, el lenguaje y la representatividad de los contenidos. La tesis incluyó formatos de validación para los instrumentos.

Se informó una aplicación piloto a 70 estudiantes de séptimo y octavo semestre. Para el cuestionario se reportó un alfa de Cronbach de 0,924. Sin embargo, el anexo correspondiente incluyó 21 elementos, entre ellos la variable «género», además de los 20 ítems de la escala. La misma salida

estadística indicó un alfa de 0,960 al eliminar esa variable. Este último valor corresponde al resultado de exclusión mostrado en el anexo, no a un nuevo cálculo realizado para el artículo.

Para la guía de evaluación se informaron un alfa de 0,830 y un alfa estandarizado de 0,966, calculados sobre cinco elementos.

Análisis de la información

Los datos cuantitativos se procesaron en SPSS mediante frecuencias, porcentajes y correlaciones. Se conservaron las denominaciones de las pruebas consignadas en las tablas originales, que identifican el coeficiente rho de Spearman. Las asociaciones se interpretaron como relaciones entre puntuaciones, sin considerarlas pruebas de causalidad ni de cambio entre mediciones. Los valores de significación presentados por el programa como 0,000 se expresaron como $p < 0,001$.

Las clasificaciones en niveles bajo, medio y alto se describieron según los intervalos utilizados en cada medición. Debido a que estos límites cambiaron entre el pretest y el postest, las distribuciones no se trataron como evidencia suficiente de mejora directamente comparable. Tampoco se afirmó una diferencia estadísticamente significativa entre momentos sin una prueba específica del cambio.

La información cualitativa se organizó en Atlas.ti mediante codificación abierta y posterior agrupación de códigos en categorías. Se examinaron contenidos relacionados con planificación, estrategias didácticas, experimentación, análisis de datos, integración tecnológica y ética. La triangulación contrastó estos hallazgos con las respuestas de los estudiantes y las tareas evaluadas, considerando coincidencias y diferencias entre las fuentes.

Consideraciones éticas

La participación voluntaria, el consentimiento informado y el derecho a retirarse sin consecuencias académicas se establecieron como condiciones del estudio. Se contempló la identificación de los participantes mediante códigos y el uso de la información con fines académicos y científicos. La presentación de resultados se realizó de forma agrupada para proteger la identidad de los estudiantes y evitar su identificación en las interpretaciones del desempeño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se organizaron en cinco apartados: diagnóstico inicial de las competencias pedagógicas, distribución posterior a la intervención, asociaciones entre las variables, evaluación del desempeño mediante la pirámide de Miller y hallazgos de las entrevistas a expertos. El componente cuantitativo comprendió los registros de 140 estudiantes. Las entrevistas aportaron una perspectiva complementaria sobre la integración de laboratorios virtuales en la formación docente.

Diagnóstico inicial de las competencias pedagógicas

La medición inicial mostró un predominio del nivel medio en las cuatro dimensiones de competencias pedagógicas evaluadas mediante el cuestionario. Esta distribución corresponde a las capacidades percibidas por los estudiantes y se complementa, posteriormente, con la información obtenida mediante tareas de desempeño.

En planificación didáctica, 72 estudiantes se ubicaron en el nivel medio, equivalentes al 51,4 % del grupo. Otros 51 participantes, correspondientes al 36,4 %, quedaron en el nivel bajo, mientras que 17 alcanzaron el nivel alto. Entre las dimensiones examinadas, la planificación presentó la mayor proporción inicial de estudiantes en el nivel bajo. Las respuestas señalaron, por tanto, una necesidad formativa relacionada con la organización de actividades de enseñanza apoyadas en recursos virtuales.

El nivel medio también predominó en estrategias metodológicas, con 94 estudiantes, equivalentes al 67,1 %. En esta dimensión, 29 participantes se ubicaron en el nivel alto y 17 en el bajo. La concentración en el nivel intermedio indica que la selección y aplicación de estrategias didácticas constituían capacidades percibidas en desarrollo, sin que la distribución permita valorar por sí sola la calidad de las prácticas realizadas.

En evaluación del aprendizaje, 74 estudiantes se clasificaron en el nivel medio, 37 en el alto y 29 en el bajo. Por su parte, el uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación presentó una distribución más próxima entre los niveles medio y alto: 66 participantes se ubicaron en el primero

y 60 en el segundo. Esta última dimensión registró la mayor proporción inicial de estudiantes en el nivel alto, con un 42,9 %.

La Tabla 1 reúne las frecuencias de ambas mediciones. Los porcentajes se calcularon sobre los 140 participantes y se presentan con un decimal.

Tabla 1. Distribución de las competencias pedagógicas por dimensión y momento de medición

Dimensión	Medición	Bajo, n (%)	Medio, n (%)	Alto, n (%)
Planificación didáctica	Pretest	51 (36,4)	72 (51,4)	17 (12,1)
	Postest	19 (13,6)	45 (32,1)	76 (54,3)
Estrategias metodológicas	Pretest	17 (12,1)	94 (67,1)	29 (20,7)
	Postest	35 (25,0)	44 (31,4)	61 (43,6)
Evaluación del aprendizaje	Pretest	29 (20,7)	74 (52,9)	37 (26,4)
	Postest	17 (12,1)	50 (35,7)	73 (52,1)
Uso pedagógico de TIC	Pretest	14 (10,0)	66 (47,1)	60 (42,9)
	Postest	28 (20,0)	26 (18,6)	86 (61,4)

Nota. n = frecuencia de estudiantes; TIC = tecnologías de la información y la comunicación. Cada fila corresponde a 140 participantes. Las diferencias respecto del 100 % se deben al redondeo. Los intervalos de clasificación utilizados en el pretest y el postest fueron distintos, por lo que las categorías no permiten una comparación directa del cambio individual. Elaboración a partir de las tablas de resultados de la investigación.

Distribución posterior a la intervención

En el postest, el nivel alto reunió la mayor frecuencia en las cuatro dimensiones. La planificación didáctica registró 76 estudiantes en esta categoría, equivalentes al 54,3 %. En evaluación del aprendizaje se ubicaron 73 participantes en el nivel alto, mientras que el uso pedagógico de TIC alcanzó 86, correspondientes al 61,4 %. En estrategias metodológicas, el nivel alto comprendió a 61 estudiantes, equivalentes al 43,6 %, aunque sin representar a la mayoría absoluta del grupo.

Estas distribuciones muestran una mayor presencia de la categoría alta en la medición posterior. La lectura conjunta de los resultados también revela comportamientos que deben conservarse en la interpretación: estrategias metodológicas presentó 35 estudiantes en el nivel bajo del postest, frente

a 17 en el pretest; en uso pedagógico de TIC, las frecuencias de esta categoría fueron 28 y 14, respectivamente. Por tanto, el aumento de participantes clasificados en el nivel alto no estuvo acompañado de una reducción del nivel bajo en todas las dimensiones.

Los criterios de clasificación variaron entre mediciones. En consecuencia, estas diferencias describen la distribución obtenida bajo los intervalos aplicados en cada momento, pero no establecen cuántos estudiantes mejoraron, permanecieron estables o disminuyeron sus puntuaciones. Tampoco constituyen, por sí mismas, una prueba de cambio estadísticamente significativo.

Asociaciones entre laboratorios virtuales y competencias

Las tablas originales identifican el análisis de asociación mediante el coeficiente rho de Spearman. En la medición inicial, la puntuación correspondiente a laboratorios virtuales presentó una asociación positiva con las competencias pedagógicas, con un coeficiente de 0,579 y un valor de $p < 0,001$. La asociación con las competencias científicas fue menor, con un coeficiente de 0,256 y $p = 0,002$.

Este resultado indica que, en el diagnóstico inicial, las puntuaciones relacionadas con laboratorios virtuales guardaron una relación más estrecha con las competencias pedagógicas que con las científicas. Aunque ambas asociaciones fueron estadísticamente significativas, su magnitud fue distinta. La significación no implica que las relaciones tengan la misma intensidad ni que el uso de los recursos explique por sí solo las competencias evaluadas.

En el postest se informaron coeficientes superiores: 0,969 entre laboratorios virtuales y competencias pedagógicas, y 0,905 entre laboratorios virtuales y competencias científicas. La asociación entre las dos dimensiones de competencias alcanzó un coeficiente de 0,901. En los tres casos se reportó $p < 0,001$.

Tabla 2. Correlaciones de Spearman reportadas entre laboratorios virtuales y competencias

Medición	Variables relacionadas	Rho de Spearman	p
Pretest	Laboratorios virtuales y competencias pedagógicas	0,579	< 0,001
Pretest	Laboratorios virtuales y competencias científicas	0,256	0,002
Postest	Laboratorios virtuales y competencias pedagógicas	0,969	< 0,001

Medición	Variables relacionadas	Rho de Spearman	p
Postest	Laboratorios virtuales y competencias científicas	0,905	< 0,001
Postest	Competencias pedagógicas y competencias científicas	0,901	< 0,001

Nota. N = 140 en las asociaciones presentadas. Los valores mostrados como 0,000 en las salidas estadísticas se expresan como p < 0,001. Elaboración a partir de las tablas de correlación de la investigación.

Los coeficientes del postest muestran una asociación estrecha entre las puntuaciones analizadas. Sin embargo, estas correlaciones corresponden a relaciones dentro de cada medición: no representan una prueba de diferencias entre el pretest y el postest. La mayor magnitud de los coeficientes posteriores tampoco demuestra, por sí sola, que la intervención produjo un incremento de las competencias.

Desempeño según la pirámide de Miller

La guía de evaluación aportó información sobre el desempeño en actividades de indagación científica, planificación didáctica y simulación de una clase. Su aplicación permitió complementar las respuestas del cuestionario con tareas en las que los participantes debían utilizar conocimientos científicos y tomar decisiones de enseñanza.

La descripción del diagnóstico situó el predominio del desempeño en el nivel «muestra cómo». Este resultado se relacionó con la capacidad de demostrar habilidades en las condiciones de las actividades propuestas. También se informó presencia del nivel «hace», aunque en menor proporción. La evaluación posterior volvió a señalar un predominio de «muestra cómo».

La coincidencia de la categoría predominante en ambas mediciones impide sostener, únicamente a partir de esta descripción, un desplazamiento general hacia el nivel superior. Los hallazgos permiten reconocer la demostración de capacidades durante las tareas evaluadas, pero deben distinguirse de su aplicación autónoma y sostenida en situaciones reales de enseñanza. En particular, la preparación de una clase simulada aporta evidencia de desempeño bajo condiciones de evaluación, sin equivaler necesariamente al ejercicio profesional cotidiano.

Hallazgos de las entrevistas a expertos

El análisis cualitativo se organizó en torno a la implementación de laboratorios virtuales, las competencias pedagógicas y las competencias científicas. La red semántica presentó estas categorías como ejes relacionados, cuya interpretación se sustentó en la organización de las respuestas de los tres expertos.

En el ámbito pedagógico, las entrevistas destacaron la necesidad de planificar el uso de los simuladores. Los recursos se vincularon con la selección de contenidos, la formulación de objetivos y la organización de actividades. La incorporación de una herramienta digital fue interpretada como una decisión didáctica que requiere orientación y criterios de evaluación, antes que como una actividad independiente de la enseñanza.

Las estrategias metodológicas se relacionaron con la indagación, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo. La evaluación apareció vinculada con el seguimiento de los procedimientos y las decisiones de los estudiantes, además de los productos finales. Las valoraciones también señalaron la relación entre planificación y evaluación: los objetivos orientan qué se valora, mientras que los resultados permiten revisar las actividades propuestas.

En la dimensión científica se identificaron referencias a la experimentación, la formulación de hipótesis, el análisis de datos y la construcción de explicaciones. Los expertos atribuyeron a los simuladores posibilidades para explorar fenómenos y repetir procedimientos. Estas apreciaciones estuvieron acompañadas de la necesidad de contar con conocimientos previos y mediación docente para interpretar lo observado.

Tabla 3. Síntesis de las categorías identificadas en las entrevistas

Categoría	**Contenidos identificados**	**Interpretación de las valoraciones**
Planificación y mediación didáctica	Objetivos, contenidos, secuencias y orientación de actividades	El laboratorio virtual requiere una integración explícita en la planificación.

Categoría	Contenidos identificados	Interpretación de las valoraciones
Estrategias y evaluación	Indagación, colaboración, resolución de problemas y seguimiento	La valoración comprende los procedimientos y las decisiones, además del resultado final.
Competencias científicas	Hipótesis, experimentación, interpretación de datos y explicaciones	La exploración virtual necesita una base conceptual y acompañamiento.
Integración tecnológica y ética	Pertinencia de los recursos y uso responsable	La selección del simulador debe considerar su finalidad educativa y las condiciones de utilización.

Nota. Síntesis interpretativa del análisis de las entrevistas a tres expertos. Las categorías no representan frecuencias ni citas textuales.

La integración de las fuentes mostró una coincidencia entre las necesidades de planificación señaladas en el diagnóstico y la importancia que los expertos atribuyeron a la mediación didáctica. Las tareas de desempeño añadieron evidencia sobre la demostración de capacidades, mientras que el cuestionario recogió las percepciones de los estudiantes. Estas perspectivas aportan elementos complementarios para orientar la propuesta formativa, sin que su convergencia elimine las limitaciones de la comparación temporal o establezca un efecto causal de la intervención.

El diagnóstico inicial mostró que las competencias pedagógicas percibidas se concentraban en el nivel medio, con diferencias entre dimensiones. La planificación didáctica presentó la mayor proporción de estudiantes en el nivel bajo, mientras que el uso pedagógico de TIC registró una presencia más amplia en el nivel alto. Esta distribución sugiere que la familiaridad con recursos tecnológicos puede coexistir con dificultades para organizar su incorporación en la enseñanza. Los resultados no permiten equiparar el dominio de una herramienta con la capacidad de diseñar una experiencia de aprendizaje pertinente.

Esta interpretación encuentra sustento en el modelo TPACK. Mishra y Koehler (2006) plantean que la integración educativa de la tecnología requiere comprender sus relaciones con el contenido disciplinar

y la pedagogía. Desde este enfoque, la necesidad formativa identificada no se resuelve únicamente mediante capacitación sobre el funcionamiento de los simuladores. También requiere trabajar en la selección de contenidos, la formulación de preguntas y la evaluación de las explicaciones elaboradas por los estudiantes. El laboratorio virtual adquiere valor didáctico cuando estas decisiones orientan su utilización.

Las distribuciones posteriores a la intervención registraron una mayor proporción de participantes en el nivel alto en las cuatro dimensiones. Sin embargo, en estrategias metodológicas y uso pedagógico de TIC también aumentó la frecuencia del nivel bajo. Este comportamiento impide describir una mejora uniforme del grupo. Además, los cambios en los intervalos de clasificación limitan la comparación entre momentos: una categoría denominada «alta» no representa necesariamente el mismo rango de puntuaciones en ambas mediciones. El hallazgo debe interpretarse como una diferencia entre las distribuciones reportadas, sin convertirlo en una medida directa del progreso individual.

Los antecedentes permiten reconocer posibilidades educativas de los laboratorios virtuales, aunque no resuelven esa limitación del presente estudio. Byukusenge et al. (2022) identificaron, en investigaciones sobre enseñanza de la Biología, aportes a la comprensión conceptual, las habilidades prácticas y la motivación. Su revisión respalda el interés por estos recursos en contenidos como biología celular, microbiología y genética. La coincidencia con las valoraciones favorables de los expertos entrevistados es relevante, pero corresponde a evidencias distintas: los antecedentes examinan resultados de otras intervenciones, mientras que las entrevistas de esta investigación expresan apreciaciones sobre su pertinencia formativa.

La investigación de Makransky et al. (2016) ofrece un contraste útil. Al comparar una simulación virtual con una demostración presencial como preparación para una práctica de microbiología, no encontraron diferencias significativas entre los grupos en las puntuaciones de desempeño de laboratorio. Este resultado muestra que la utilidad de la simulación puede consistir en ofrecer una alternativa de preparación, sin superar necesariamente a otra estrategia. Para la formación docente,

interesa entonces determinar qué función cumple el recurso y qué aprendizaje permite trabajar, antes que asumir que su incorporación producirá mejores resultados por sí misma.

Las correlaciones del presente estudio también requieren una lectura diferenciada. En el pretest, la asociación entre laboratorios virtuales y competencias pedagógicas fue mayor que la observada con las competencias científicas. Esta diferencia sugiere que las puntuaciones se relacionaron de manera distinta con cada ámbito de formación. No demuestra que los recursos tengan un efecto pedagógico superior al científico, pues una correlación describe asociación y no compara efectos causales.

En el postest, los coeficientes fueron elevados, especialmente entre laboratorios virtuales y competencias pedagógicas. Aunque indican una estrecha relación entre las puntuaciones, también plantean la necesidad de examinar cómo se construyeron los indicadores. Los ítems del cuestionario vinculan explícitamente las competencias con el uso de laboratorios virtuales; por ello, la proximidad de sus contenidos podría contribuir a las asociaciones observadas. Esta es una explicación alternativa que debe examinarse, no una causa demostrada. La diferencia entre los coeficientes de ambos momentos tampoco constituye una prueba estadística de mejora.

La evaluación mediante la pirámide de Miller aporta otra perspectiva. El predominio de «muestra cómo», señalado tanto en la descripción inicial como en la posterior, permite reconocer capacidades demostradas durante las tareas propuestas. No basta, sin embargo, para afirmar que esas capacidades se consolidaron en el ejercicio docente. Una clase simulada permite observar decisiones de enseñanza bajo condiciones delimitadas; el desempeño cotidiano exige responder a estudiantes, dificultades y situaciones que no siempre pueden anticiparse. El seguimiento durante las prácticas docentes permitiría estudiar esa transferencia.

Las entrevistas coincidieron en la importancia de la planificación, la indagación y la interpretación de resultados. Su aporte consiste en situar la mediación docente dentro del uso de los simuladores. Explorar una plataforma puede favorecer la familiarización con sus funciones, pero el aprendizaje científico requiere discutir qué representan los resultados y cuáles son los límites del modelo utilizado. Esta lectura es compatible con la complementariedad entre laboratorios físicos y virtuales planteada

por de Jong et al. (2013), quienes examinan las contribuciones de ambos entornos a la educación científica.

En el contexto institucional, Cazar Puruncajas et al. (2024) documentaron experiencias con entornos virtuales en la misma carrera de la Universidad Central del Ecuador. Su trabajo destacó el aprendizaje interactivo, la investigación y el manejo ético de la información. El presente estudio aborda una cuestión más específica: la relación entre laboratorios virtuales y competencias de docentes en formación. Ambos trabajos permiten situar la tecnología dentro de las actividades académicas de la carrera, aunque sus diferencias de propósito y método impiden tratarlos como evaluaciones equivalentes.

Síntesis de la propuesta formativa basada en TPACK

La propuesta organiza cuatro módulos que vinculan el conocimiento biológico con el diseño de actividades y la selección de recursos digitales. Su finalidad es responder a las necesidades identificadas, especialmente en planificación didáctica, y ofrecer una secuencia que pueda documentarse y evaluarse en futuras aplicaciones.

Tabla 4. Síntesis de la propuesta formativa para integrar laboratorios virtuales

Módulo	Propósito formativo	Actividades centrales	Evidencia prevista
Fundamentación pedagógica y tecnológica	Reconocer las posibilidades y los límites educativos de los laboratorios virtuales	Exploración de recursos y análisis del modelo TPACK aplicado a Biología	Mapa conceptual y reflexión sobre la pertinencia del recurso
Diseño didáctico con laboratorios virtuales	Vincular contenidos, objetivos y estrategias de enseñanza	Elaboración de una planificación y una guía de laboratorio virtual	Planificación didáctica y guía de trabajo
Experimentación científica en entornos virtuales	Desarrollar actividades de indagación e	Formulación de hipótesis, manipulación de variables y análisis de datos	Informe de experimentación virtual

Módulo	Propósito formativo	Actividades centrales	Evidencia prevista
	interpretación de resultados		
Integración pedagógica y reflexión docente	Examinar la articulación entre conocimiento científico, enseñanza y tecnología	Simulación de una clase y retroalimentación entre participantes	Secuencia didáctica y reflexión final

Nota. Síntesis de la propuesta incluida en la investigación. Las evidencias previstas son productos formativos; su inclusión no demuestra que todos hayan sido evaluados mediante un procedimiento equivalente.

La aplicación de esta propuesta requiere considerar el acceso a los recursos y el acompañamiento disponible. Achuthan et al. (2020) identificaron la aceptación tecnológica, la ventaja percibida y la posibilidad de probar las herramientas como aspectos relevantes para su adopción en educación superior. Aunque ese estudio corresponde al ámbito de la ingeniería, ayuda a comprender que la disponibilidad de una plataforma no garantiza su integración. En esta propuesta, la selección de simuladores debe responder a los contenidos y a las condiciones reales de utilización.

Limitaciones e implicaciones

El estudio se circunscribe a un grupo de estudiantes de una carrera y una universidad. Las respuestas del cuestionario representan competencias percibidas, y las entrevistas recogen las valoraciones de tres expertos. La combinación de instrumentos amplía la interpretación, pero no elimina estas restricciones ni permite generalizar los resultados a toda la formación docente en ciencias.

El aporte del trabajo reside en identificar necesidades formativas y organizar una propuesta contextualizada para abordarlas, cuyo efecto deberá evaluarse con mayor precisión.

CONCLUSIONES

El estudio permitió analizar el uso de laboratorios virtuales y su relación con las competencias pedagógicas y científicas de docentes en formación de la Universidad Central del Ecuador. El diagnóstico identificó necesidades en la planificación didáctica, junto con una mayor presencia del

nivel alto en el uso pedagógico de TIC. Esta diferencia orienta la atención hacia la capacidad de seleccionar y organizar los recursos digitales según los contenidos y los propósitos de enseñanza.

La medición posterior registró una mayor proporción de estudiantes en la categoría alta de las dimensiones pedagógicas evaluadas. Sin embargo, las diferencias entre los criterios de clasificación de ambas mediciones impiden interpretar esa distribución como una mejora directamente comparable. Las correlaciones positivas muestran asociaciones entre las puntuaciones, pero no demuestran que la intervención haya causado un incremento de las competencias. La evaluación de desempeño y las entrevistas complementaron estos resultados al destacar la importancia de la indagación, la mediación docente y la reflexión sobre las actividades realizadas.

La propuesta de cuatro módulos basada en TPACK constituye un aporte para organizar la integración de laboratorios virtuales en la formación docente. Su estructura vincula la comprensión de los recursos con la planificación, la experimentación y la enseñanza simulada. Su utilidad deberá valorarse mediante aplicaciones documentadas que permitan examinar los productos elaborados y el desempeño de los participantes con criterios consistentes.

Los hallazgos corresponden al grupo estudiado y deben interpretarse considerando las limitaciones de los instrumentos y del análisis temporal. Las investigaciones posteriores deberían mantener criterios de evaluación equivalentes entre mediciones, precisar la construcción de los indicadores y analizar los cambios individuales. El seguimiento durante las prácticas docentes permitiría, además, examinar si las capacidades demostradas en entornos simulados se trasladan a situaciones reales de enseñanza de la Biología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achuthan, K., Nedungadi, P., Kolil, V., Diwakar, S., & Raman, R. (2020). Innovation adoption and diffusion of virtual laboratories. *International Journal of Online and Biomedical Engineering, 16*(9), 4–25. https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i09.11685

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education, 87*, 218–237. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003

Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2022). Effectiveness of virtual laboratories in teaching and learning biology: A review of literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 21*(6), 1–17. https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.1

Campos Mera, G., & Benarroch Benarroch, A. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(2), 109–129. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040

Cazar Puruncajas, J. P., Imbaquingo Maigua, S. M., & Zambrano Carranza, Á. A. (2024). Tecnologías digitales innovadoras en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales: Sistematización de experiencias. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, 4*(3), 2829–2846. https://estudiosyperspectivas.org/index.php/EstudiosyPerspectivas/article/view/585

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science, 340*(6130), 305–308. https://doi.org/10.1126/science.1230579

Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. (2017). Virtual laboratories in science education: Students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education, 51*(4), 358–374. https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60–70. https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogicalcontent-knowledge/

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research, 86*(3), 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys, 38*(3), Article 7. https://doi.org/10.1145/1132960.1132961

Makransky, G., Thisgaard, M. W., & Gadegaard, H. (2016). Virtual simulations as preparation for lab exercises: Assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. *PLOS ONE, 11*(6), Article e0155895. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155895

Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine, 65*(9 Suppl.), S63–S67. https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education, 58*(1), 136–153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Smetana, L. K., & 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. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education, 59*(1), 134–144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009

Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge—A review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning, 29*(2), 109–121. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x