



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

USO DE LABORATORIOS VIRTUALES
EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE
LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA
EDUCACIÓN SUPERIOR

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN
EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN
DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN
EDUCACIÓN SUPERIOR

ROXANA ELVA TORNERO ACUÑA

PRISCILA EUGENIA GUTIERREZ VELASCO

LIMA – PERÚ

2025

ASESORA

DRA. ELISA SOCORRO ROBLES ROBLES

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DRA. MARIELLA MARGOT QUIPAS BELLIZZA

PRESIDENTA

DRA. LIDIA SERRANO MIRANDA DE AGUILAR

VOCAL

MG. MAURICIO ZEBALLOS VELARDE

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A **Dios**, por ser mi guía y siempre sostener mi mano.

A mi **madre**, por su amor incondicional y por enseñarme a perseverar en todo
momento.

A mi **papá**, que hoy me cuida desde el cielo y vive en mi corazón.

A mi **esposo**, por ser mi compañero de vida y mi apoyo constante en cada desafío.

Roxana E. Tornero Acuña

DEDICATORIA.

A **Dios**, cuya presencia me acompaña día a día y guía cada uno de mis pasos con
propósito.

A mi **familia**, cuyo amor es mi brújula y refugio cuando más lo necesito, y que a
su vez son mi verdadera fortaleza ante los retos y desafíos que me plantea la vida.

Priscila E. Gutierrez Velasco

AGRADECIMIENTOS.

A la profesora **Elisa Socorro Robles Robles**, por acompañarnos con paciencia,
guía y confianza durante todo este proceso.

Gracias por creer en nuestro proyecto desde el inicio, por cada consejo oportuno y
por brindarnos su apoyo incondicional en los momentos más retadores.

Admiramos profundamente su inteligencia, su vocación docente y esa capacidad
genuina que tiene para inspirarnos a dar siempre lo mejor de nosotras.

A **Luis Alberto Mendoza Paipay**, quien hasta hace poco dirigió el
establecimiento de salud Niño Jesús – Zona X,
por brindarme las facilidades y el respaldo necesarios para culminar mis estudios.

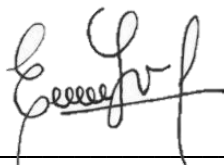
A **Zina Ivonny Navarro Honda**, coordinadora del equipo técnico ESANS, por
conducirme con un liderazgo que no impone, sino invita. Su manera de guiar me
enseñó que también se avanza gracias a quienes sostienen el viaje con humanidad
y disciplina.

Roxana E. Tornero Acuña y Priscila E. Gutierrez Velasco

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación autofinanciado

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	13	DICIEMBRE	2025
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	GUTIERREZ VELASCO PRISCILA EUGENIA		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2024		
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	“USO DE LABORATORIOS VIRTUALES EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Trabajo de Investigación		
Declaración del Autor El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	966392891		
E-mail	priscila.gutierrez@upch.pe		



Firma del Egresado
DNI 711044627

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	13	DICIEMBRE	2025
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	TORNERO ACUÑA ROXANA ELVA		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2024		
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	“USO DE LABORATORIOS VIRTUALES EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Trabajo de Investigación		
Declaración del Autor El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	987747266		
E-mail	roxana.tornero.a@upch.pe		



Firma del Egresado
DNI 48194068

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.2.	Justificación.....	4
II.	OBJETIVOS	7
2.1.	Objetivo general	7
2.2.	Objetivos específicos.....	7
III.	DESARROLLO DEL ESTUDIO	8
3.1.1.	Antecedentes	8
3.1.2.	Marco teórico conceptual	11
3.1.3.	Metodología de la investigación.....	20
IV.	RESULTADOS	30
V.	DISCUSIÓN	50
VI.	CONCLUSIONES	61
VII.	RECOMENDACIONES	64
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
IX.	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estrategia de búsqueda empleada en cada base de datos.....	22
Tabla 2 : Resumen de estudios incluidos en la revisión documental: uso de laboratorios virtuales en la enseñanza aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior	32
Tabla 3: Aporte sobre el uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior.....	38
Tabla 4: Aporte sobre el uso tecnológico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior.....	40
Tabla 5: Aporte sobre beneficios y limitaciones de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior.....	42
Tabla 6: Aporte sobre las recomendaciones prácticas para el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama PRISMA	30
--	----

RESUMEN

La presente investigación analizó el uso de los laboratorios virtuales (LV) en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior, con el propósito de formular recomendaciones que optimicen su integración curricular. Desde un enfoque cualitativo y un diseño documental, se aplicó el modelo PRISMA 2020 para la identificación, selección y análisis sistemático de la literatura científica publicada entre 2020 y 2025 en cuatro bases de datos especializadas: Scopus, ScienceDirect, ERIC y Google Scholar. Del total de 331 registros, 20 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y constituyeron el corpus final. Los hallazgos evidencian que los LV constituyen recursos didácticos altamente efectivos para fortalecer la comprensión de conceptos biológicos complejos -como biología celular, genética y biotecnología- al posibilitar la simulación de entornos experimentales controlados, seguros e interactivos. La literatura analizada sostiene que su eficacia se maximiza cuando se complementa con las prácticas presenciales, promoviendo el desarrollo de competencias cognitivas superiores como, el análisis de datos la resolución de problemas y el pensamiento crítico. En el ámbito tecnológico, se destacan plataformas avanzadas como Labster, sistemas dinámicos basados en la web y aplicaciones inmersivas de realidad virtual que permiten visualizar procesos microscópicos y repetir experimentos de manera ilimitada. Asimismo, se identificaron beneficios – entre ellos, mayor motivación estudiantes, accesibilidad y autonomía- junto con limitaciones asociadas a brechas digitales, disponibilidad de infraestructura tecnológica y necesidad de capacitación docente. Se concluye que la integración efectiva de laboratorios virtuales exige una planificación curricular estratégica, mediación pedagógica sólida, la provisión de

recursos tecnológicos adecuados y la adopción de modelos híbridos que articulen de manera coherente las experiencias virtuales y presenciales para fortalecer el aprendizaje científico en la educación superior.

PALABRAS CLAVES

LABORATORIOS VIRTUALES; EDUCACIÓN SUPERIOR; CIENCIAS BIOLÓGICAS.

ABSTRACT

This study analyzed the use of virtual laboratories (VLs) in the teaching and learning of biological sciences in higher education, with the purpose of formulating essential recommendations to optimize their curricular integration. Employing a qualitative approach and a documentary review design, the PRISMA 2020 model was applied to guide the identification, selection, and systematic analysis of scientific literature published between 2020 and 2025 across four specialized databases: Scopus, ScienceDirect, ERIC, and Google Scholar. From a total of 331 records, 20 studies met the inclusion criteria and comprised the final corpus.

The findings indicate that VLs constitute highly effective instructional resources for strengthening the understanding of complex biological concepts—such as cell biology, genetics, and biotechnology—by enabling the simulation of controlled, safe, and interactive experimental environments. The analyzed literature suggests that their effectiveness is maximized when they complement face-to-face laboratory practices, fostering the development of higher-order cognitive competencies, including data analysis, problem-solving, and critical thinking. In the technological domain, advanced platforms such as Labster, web-based dynamic systems, and immersive virtual reality applications are highlighted for their capacity to facilitate the visualization of microscopic processes and allow for unlimited experimental repetition.

Additionally, several benefits were identified—among them increased student motivation, accessibility, and autonomy—alongside limitations related to digital divides, availability of technological infrastructure, and the need for faculty training.

The study concludes that the effective integration of virtual laboratories requires strategic curricular planning, solid pedagogical mediation, adequate technological resources, and the adoption of hybrid instructional models that coherently articulate virtual and in-person experiences to strengthen scientific learning in higher education.

KEYWORDS

VIRTUAL LABORATORIES; HIGHER EDUCATION; BIOLOGICAL SCIENCES.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más impulsado por la digitalización y la globalización, la educación superior se enfrenta al desafío de integrar metodologías innovadoras que promuevan un aprendizaje significativo. En particular, la enseñanza de las ciencias biológicas —que abarca desde niveles moleculares y celulares hasta la ecología— requiere experiencias prácticas que faciliten la comprensión profunda de conceptos complejos. En este contexto, los laboratorios virtuales (LV) se presentan como una herramienta educativa innovadora, al permitir la realización de experimentos en entornos simulados y controlados, eliminando la necesidad de costosas infraestructuras y promoviendo un acceso más equitativo al aprendizaje experimental (Durkaya, 2023).

Indagar sobre el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas permite un análisis más profundo de la producción científica existente, de los objetivos propuestos, de la metodología utilizada en el estudio, así como el alcance y los hallazgos encontrados en las investigaciones, que permitan comprender el uso de los LV y aportar a su integración en el currículo.

Indagar sobre el uso pedagógico-didáctico de los LV, implica analizar cómo estos se integran al proceso enseñanza-aprendizaje, el rol del docente, el diseño de estrategias, los recursos, la evaluación, las experiencias en entornos virtuales responsables que respalden su uso efectivo en diversos contextos educativos.

Indagar sobre el uso tecnológico de los LV implica analizar las características técnicas, operativas y funcionales para su implementación, y evaluar la calidad de las simulaciones para apoyar procesos experimentales que brinden oportunidades

de aprendizaje. Por lo que es necesario considerar la infraestructura institucional, los criterios de usabilidad y las medidas de seguridad digital.

El análisis considera identificar los beneficios y limitaciones en estos entornos virtuales, que permita favorecer y optimizar el proceso enseñanza-aprendizaje y proponer recomendaciones prácticas para la integración currículo universitario.

1.1.Planteamiento del problema

En la era digital, la educación superior enfrenta el reto de responder a entornos científicos y profesionales que demandan aprendizajes activos, desarrollo de competencias y alfabetización digital, sin perder de vista la equidad y la calidad formativa. La evidencia en educación STEM muestra que estrategias activas suelen mejorar el rendimiento y reducir la reprobación frente a clases exclusivamente expositivas, reforzando la necesidad de experiencias formativas centradas en la participación del estudiante (Freeman et al., 2014; Prince, 2004a). Sin embargo, en América Latina y el Caribe persisten desafíos estructurales vinculados a brechas de acceso, desigualdad y preparación institucional para la transformación digital, lo que condiciona la implementación efectiva de innovaciones educativas (Lustosa Rosario et al., 2021).

En este marco, la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior presenta una exigencia particular: comprender fenómenos en múltiples escalas (molecular, celular, fisiológica y ecológica) requiere prácticas experimentales que favorezcan el razonamiento científico, el análisis de datos y la toma de decisiones. Históricamente, el laboratorio presencial ha tenido un rol central en la educación científica, pero su sostenibilidad suele verse limitada por

infraestructura costosa, mantenimiento, disponibilidad de reactivos, restricciones de tiempo/aforo y condiciones de seguridad (Hofstein & Lunetta, 2004). Estas limitaciones pueden reducir la frecuencia y calidad de la práctica experimental, afectando oportunidades de aprendizaje auténtico, especialmente cuando las cohortes estudiantiles crecen o los recursos son insuficientes.

Ante este escenario, los laboratorios virtuales (LV) han emergido como una alternativa o complemento para ampliar el acceso a experiencias prácticas mediante simulaciones, entornos interactivos y recursos digitales. La investigación comparativa sugiere que, en numerosos estudios, los laboratorios virtuales pueden lograr resultados de aprendizaje iguales o superiores a los laboratorios tradicionales en varias categorías (conocimiento, comprensión, habilidades analíticas, etc), aunque se advierte que algunas competencias —como indagación científica— han sido menos evaluadas sistemáticamente (Brinson, 2015). Asimismo, la literatura destaca que el mayor potencial ocurre cuando los entornos virtuales se integran pedagógicamente (con objetivos claros, guía docente y actividades de reflexión), y no como “tecnología añadida”; además, la combinación de experiencias virtuales y físicas tiende a ofrecer ventajas al permitir contrastar representaciones y promover razonamiento abstracto (De Jong et al., 2013; Smetana & Bell, 2012).

No obstante, la integración de LV en biología universitaria todavía enfrenta desafíos relevantes como: decisiones de diseño curricular (qué competencias se trabajan con LV y cómo se evalúan), usabilidad y experiencia del estudiante, preparación docente y soporte institucional y condiciones de accesibilidad (barreras tecnológicas, de diseño inclusivo y de conectividad). Por ejemplo, estudios de integración de laboratorios virtuales en cursos universitarios de biología reportan

beneficios percibidos y apoyo al aprendizaje activo, pero también señalan que el impacto depende del rediseño del curso y de cómo se implementan estas experiencias (Papaconstantinou et al., 2020). Además, revisiones recientes sobre accesibilidad en laboratorios virtuales advierten barreras que pueden excluir a ciertos estudiantes si no se consideran criterios de accesibilidad y apoyos adecuados (Deriba et al., 2024), lo cual se conecta con las brechas digitales aún presentes en la región (Lustosa Rosario et al., 2021).

En consecuencia, resulta pertinente indagar, desde un análisis documental, cómo se están utilizando los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior, considerando su dimensión pedagógico-didáctica, tecnológica, beneficios y limitaciones, con el fin de identificar condiciones de efectividad y proponer recomendaciones para su integración curricular. De ello se desprende la pregunta de investigación: ¿De qué manera el uso de los laboratorios virtuales contribuye a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior, y en qué condiciones pedagógicas, tecnológicas e institucionales se optimiza su incorporación al currículo?

1.2. Justificación

La relevancia de este estudio se puede fundamentar desde varias dimensiones: académica, institucional, social y tecnológica. En el ámbito académico, indagar sobre los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas responde a la necesidad de adaptar los métodos de enseñanza a los avances tecnológicos y a los estilos de aprendizaje contemporáneos.

Desde la dimensión institucional, muchas universidades se encuentran frente a limitaciones físicas y logísticas para ofrecer prácticas experimentales presenciales en número suficiente para todos los estudiantes (costos, equipamiento, seguridad, tiempo). En este sentido, los laboratorios virtuales emergen como una solución que puede aumentar la capacidad de acceso a la práctica, optimizar recursos y ampliar la inclusión. Según una revisión de alcance sobre laboratorios virtuales en educación STEM, estas herramientas pueden reducir costos, eliminar barreras de equipamiento y facilitar el aprendizaje práctico en entornos más flexibles (Sellberg et al., 2024a).

En el plano social, la educación superior tiene el mandato de ampliar la equidad de acceso, reducir las brechas tecnológicas y ofrecer experiencias formativas de calidad a estudiantes de diversas condiciones socioeconómicas. El uso de laboratorios virtuales puede contribuir a esta meta, al permitir que estudiantes con limitaciones de tiempo o desplazamiento, o con recursos físicos limitados, participen en experiencias prácticas. Sin embargo, la brecha digital sigue siendo un obstáculo real: la investigación sobre accesibilidad de laboratorios virtuales indica que las instituciones en entornos con conectividad o dispositivos limitados necesitan estrategias específicas para asegurar la equidad (Deriba et al., 2024).

Desde una perspectiva tecnológica y pedagógica, estudiar los laboratorios virtuales permite generar conocimiento sobre cómo diseñar, implementar y evaluar dichas herramientas en el contexto de la biología universitaria, donde los contenidos son altamente abstractos y requieren visualización, manipulación conceptual y experimentación virtual complementaria. Por ejemplo, el estudio de Papalazarou et al. (2024) sugiere que, aunque las experiencias virtuales no pueden sustituir

completamente la práctica física, sí pueden ofrecer entornos seguros, repetibles y centrados en el aprendizaje conceptual.

Finalmente, el impacto potencial de este estudio radica en la construcción de recomendaciones concretas para la integración curricular, el desarrollo de competencias científicas y la innovación didáctica en la enseñanza de las ciencias biológicas. Al centrarse en contextos universitarios, y específicamente en las ciencias biológicas, este análisis bibliográfico puede servir de base para que instituciones de educación superior adopten, adapten o reformulen sus estrategias de laboratorio, contribuyendo a la calidad educativa, la retención estudiantil y la formación de profesionales con competencias actualizadas.

Por todas estas razones, la realización de una revisión documental sobre el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior no sólo es oportuna, sino que constituye una aportación relevante al área de la investigación educativa en ciencias, al ámbito institucional universitario y al desarrollo profesional de los estudiantes en el siglo XXI.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior, para proponer recomendaciones que optimicen su integración en el currículo.

2.2. Objetivos específicos

- Describir el uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior.
- Describir el uso tecnológico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior.
- Identificar los beneficios y limitaciones sobre el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior.
- Proponer recomendaciones prácticas para el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior.

III. DESARROLLO DEL ESTUDIO

En este apartado se presentan los antecedentes de estudios relevantes, así como los fundamentos teóricos y conceptos que sustentan la presente investigación.

3.1.1. Antecedentes

La enseñanza experimental constituye un componente esencial en la formación de los futuros profesionales de las ciencias biológicas, ya que promueve la comprensión profunda de los fenómenos naturales, el desarrollo de habilidades prácticas y la consolidación del pensamiento científico. Sin embargo, los laboratorios presenciales tradicionales presentan limitaciones recurrentes: requieren infraestructura costosa, insumos perecibles, medidas de seguridad específicas y tiempos restringidos de práctica. Además, los escenarios educativos recientes —como la virtualización acelerada durante la pandemia y el auge de la educación híbrida— han impulsado la búsqueda de alternativas tecnológicas que mantengan la calidad del aprendizaje experimental. En este contexto, los laboratorios virtuales se han consolidado como una herramienta innovadora y complementaria para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior.

Diversos estudios internacionales han documentado los beneficios del uso de laboratorios virtuales en el aprendizaje de las ciencias. Kashaka (2024) destaca que estas herramientas incrementan la accesibilidad, flexibilidad y oportunidades de aprendizaje interactivo, favoreciendo la adquisición de habilidades conceptuales y experimentales. De manera similar, Byukusenge et al. (2022) concluyen que los laboratorios virtuales son especialmente eficaces para enseñar contenidos complejos y abstractos, como biología celular y molecular, lo que se traduce en

mejoras significativas en la comprensión y la motivación de los estudiantes. Además, resaltan que el éxito de estas experiencias depende en gran medida de la forma en que se integran pedagógicamente en el aula.

El potencial educativo de los laboratorios virtuales se ha evidenciado también en diferentes contextos universitarios. En Turquía, Durkaya (2023) analizó ochenta simulaciones del portal PhET y determinó que estas herramientas facilitan la comprensión de contenidos curriculares, aunque advirtió que la oferta de simulaciones específicas para biología aún es limitada, especialmente en temas fundamentales como la célula, la división celular o la reproducción. En una línea complementaria, Makransky et al. (2016) demostraron que combinar laboratorios virtuales con prácticas presenciales potencia las ganancias cognitivas y la autoeficacia de los estudiantes, sobre todo cuando la simulación se utiliza como preparación previa al laboratorio físico.

A nivel latinoamericano, se observan experiencias significativas que confirman la pertinencia de los laboratorios virtuales en el ámbito universitario. En Ecuador, Romero-Saritama et al. (2024) implementaron un simulador en la asignatura de Microscopía y Microanálisis, obteniendo percepciones altamente positivas respecto a la motivación y utilidad de la herramienta. De manera complementaria, Silva-Quiroz et al. (2023) estudiaron las competencias digitales de estudiantes universitarios chilenos y evidenciaron niveles moderados, con diferencias según género e institución, lo que sugiere que la eficacia de las experiencias virtuales depende también de las habilidades tecnológicas de los participantes.

En México, Lara Ramírez et al. (2022) analizaron la incorporación de laboratorios virtuales como estrategia de aprendizaje activo en alumnos de Ingeniería Bioquímica. Aunque la mayoría manifestó conocer estas tecnologías, solo un 57,1 % consideró que contribuyeron de forma significativa a su aprendizaje, lo que refleja la necesidad de acompañar su uso con una adecuada mediación docente. Asimismo, Gómez et al. (2019), al estudiar los recursos educativos abiertos aplicados a la biología celular en una universidad argentina, subrayaron que el idioma inglés y la falta de competencias digitales constituyen barreras importantes para su adopción.

A nivel global, revisiones recientes de Deriba et al. (2024) y Sellberg et al. (2024a) laboratorios virtuales mejoran la comprensión conceptual, fomentan el aprendizaje autónomo y aumentan la motivación estudiantil. No obstante, advierten que su efectividad depende de factores como la infraestructura tecnológica, la capacitación docente y la accesibilidad de las plataformas, aspecto que aún requiere mayor atención para garantizar una educación inclusiva. En particular, la revisión sistemática de Deriba et al. (2024) sobre accesibilidad en laboratorios virtuales enfatiza que las adaptaciones culturales y lingüísticas siguen siendo un desafío, especialmente en regiones con brechas digitales como América Latina.

La tendencia actual apunta a que los laboratorios virtuales no deben concebirse como sustitutos del laboratorio físico, sino como recursos complementarios que permiten reforzar la comprensión teórica, preparar las prácticas presenciales o replicar experimentos de difícil ejecución. El modelo híbrido o *blended lab* se perfila como el más recomendable, ya que equilibra la interacción digital con la experiencia experimental directa Makransky, Terkildsen, et al. (2019). En

consecuencia, las investigaciones futuras deben centrarse en evaluar cómo el uso sostenido de laboratorios virtuales contribuye al desarrollo de competencias científicas específicas, así como en diseñar estrategias didácticas que integren de manera efectiva lo virtual y lo presencial en la enseñanza de la biología universitaria.

Estos antecedentes sustentan la relevancia de analizar cómo los laboratorios virtuales pueden fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en el marco de una educación universitaria innovadora y flexible.

3.1.2. Marco teórico conceptual

La presente investigación se fundamenta en el aprendizaje experiencial y constructivista.

Según Kolb (1984) y Dewey (1997) el aprendizaje se construye a partir de la experiencia activa, basado en el enfoque *learning by doing* y en este contexto contemporáneo se asocia al constructivismo digital (Jonassen, 2022). Esto quiere decirnos que el estudiante aprende de manera significativa cuanto interactúa con estos entornos que a su vez le permitan experimentar, reflexionar y aplicar los conocimientos.

Desde el constructivismo, Piaget et al. (1964), Vygotsky & Cole (1978) sustentan la necesidad de interactuar con los objetos de aprendizaje, así como manipular los recursos y herramientas, los cuales permiten: a) la asimilación activa, a través de la cual los estudiantes aprenden mejor cuando interactúan con simulaciones que les permiten experimentar y reflexionar sobre fenómenos

científicos; b) la interacción social, a través del aprendizaje colaborativo mediante plataformas virtuales; y c) el aprendizaje significativo, donde los estudiantes, al participar activamente en simulaciones, adquieren habilidades prácticas y conceptuales (Mera & Benarroch, 2024).

En complemento a ello, Sweller et al. (2011) destacan que el diseño instruccional debe alinearse con la arquitectura cognitiva humana —memoria de trabajo limitada y esquemas en la memoria a largo plazo—, de modo que las actividades de aprendizaje gestionen la carga cognitiva y favorezcan el procesamiento profundo. En esta misma línea, Zacharia & Olympiou (2011) muestran que cuando los estudiantes recorren las etapas del método científico (formular hipótesis, experimentar, analizar datos y extraer conclusiones) en contextos de indagación guiada, se fortalece el razonamiento científico y la comprensión conceptual. Desde esta perspectiva, los laboratorios virtuales pueden potenciar dichas experiencias al recrear entornos de experimentación y análisis de datos en los que el estudiante aplica de manera sistemática el método científico.

La evidencia científica en el área de las ciencias biológicas respalda que el uso de laboratorios virtuales es una herramienta pedagógica efectiva que fortalece el aprendizaje, especialmente en la educación superior. Heradio et al. (2016) lo demuestran mediante un análisis bibliométrico el crecimiento y efectividad de estos recursos en la comprensión de conceptos biológicos complejos, particularmente aquellos que requieren visualización de procesos microscópicos o fenómenos difícil de observar directamente. Así también, De Jong et al. (2013) evidencian que, cuando están apropiadamente diseñados pueden desarrollar habilidades experimentales equivalentes a los laboratorios físicos siendo además una alternativa

ante limitaciones éticas, logísticas o de recursos. Por su parte, Makransky, Terkildsen, et al. (2019) señalan que estos entornos virtuales generan mayor sensación de presencia y *engagement*, siempre que cuenten con un diseño solido que equilibre la motivación y el aprendizaje.

Modelo teórico – pedagógico

La presente investigación se sustenta en un modelo pedagógico constructivista– experiencial con enfoque digital, el cual integra los aportes del aprendizaje experiencial de Kolb (1984) y Dewey (1997) el constructivismo cognitivo y sociocultural de Piaget et al. (1964) y Vygotsky & Cole (1978) así como los principios del constructivismo digital propuestos por Jonassen (2022). Desde este modelo, el aprendizaje se concibe como un proceso activo, situado y reflexivo, en el que el estudiante construye significados a partir de la interacción directa con los entornos de aprendizaje y la resolución de problemas contextualizados.

En este marco, los laboratorios virtuales se entienden como entornos pedagógicos mediadores que posibilitan la experimentación, la manipulación de variables, la observación de fenómenos complejos y la reflexión sobre los resultados obtenidos, favoreciendo la comprensión conceptual y el desarrollo del pensamiento científico en la educación superior (Makransky, Mayer, et al., 2019; Zacharia & Olympiou, 2011). Asimismo, la incorporación de la teoría de la carga cognitiva permite sustentar el diseño instruccional de estas experiencias virtuales, orientándolas a optimizar el procesamiento de la información, reducir la sobrecarga cognitiva y promover aprendizajes significativos en disciplinas altamente abstractas como las ciencias biológicas (Sweller et al., 2011).

Laboratorios virtuales

Los laboratorios virtuales son entornos de simulación basados en tecnología diseñados para replicar experimentos de laboratorio, mediante el uso de programas que integran herramientas y datos que permiten manipular variables y observar resultados en un contexto controlado, permitiendo a los estudiantes interactuar y realizar prácticas de manera remota (Salmerón-Manzano & Manzano-Agugliaro, 2018). Según Durkaya (2023), estos entornos proporcionan la ventaja de realizar experimentos científicos sin la necesidad de contar con infraestructura física costosa, lo que facilita el aprendizaje, especialmente en contextos con recursos limitados. Además, Elmoazen et al. (2023) destacan que los laboratorios virtuales ofrecen la posibilidad de practicar repetidamente y en cualquier momento, lo que favorece la autonomía del estudiante. También se consideran una opción segura, ya que eliminan el riesgo de dañar tanto a los estudiantes como a los equipos de laboratorio.

Ciencias Biológicas

Las ciencias biológicas se centran en el estudio de la vida y sus procesos biológicos, integrando disciplinas como la biología molecular, genética, ecología y zoología (Rizo Maradiaga, 2015). Su desarrollo se sustenta en tres componentes fundamentales: los principios teóricos, que estructuran el conocimiento; la investigación, que valida hipótesis a través de experimentos; y las tecnologías, como los laboratorios virtuales, que impulsan avances significativos en el campo (Meneses Benavides & Ordosgoitia Morales, 2009). En el ámbito educativo, se emplean estrategias como el aprendizaje basado en problemas y experiencias,

complementadas con herramientas interactivas que fomentan una comprensión más profunda de los conceptos biológicos.

Enseñanza - aprendizaje en las ciencias biológicas

El proceso de enseñanza-aprendizaje en las ciencias biológicas abarca un conjunto de estrategias y métodos destinados a facilitar la comprensión de conceptos biológicos, que van desde los niveles moleculares hasta los ecológicos. Según Byukusenge et al. (2022), la enseñanza de las ciencias biológicas debe incorporar enfoques que fomenten la interacción activa de los estudiantes con los contenidos. En este contexto, los laboratorios virtuales juegan un papel clave, ya que no solo hacen el aprendizaje más atractivo y estimulante, sino que también favorecen una comprensión más profunda y contribuyen a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes (Kozcu Cakir et al., 2021).

El aprendizaje constructivista es uno de los enfoques más relevantes para entender el impacto de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas. Según Piaget et al. (1964) y Vygotsky & Cole (1978), el aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes construyen su conocimiento a través de la interacción con su entorno y la resolución de problemas. El aprendizaje de un estudiante depende de la relación entre la nueva información y su estructura cognitiva previa, que incluye conceptos e ideas organizadas en su mente. Según Ausubel (1981), el aprendizaje significativo se diferencia del memorístico porque la información no se adquiere de forma arbitraria, sino que se asocia con conceptos previos. Este tipo de aprendizaje implica un proceso biológico, donde el cerebro

codifica y almacena la información en la memoria a largo plazo, mediante el reconocimiento de patrones significativos.

Diseño pedagógico para la integración de los laboratorios virtuales

El uso de los laboratorios virtuales se articula mediante un diseño pedagógico intencional, estructurado en una secuencia didáctica que comprende tres momentos: preparación conceptual previa, interacción guiada con la simulación y reflexión posterior. En la fase inicial, el docente orienta la activación de conocimientos previos y define los objetivos de aprendizaje; durante la simulación, el estudiante interactúa activamente con el entorno virtual, formula hipótesis, manipula variables y analiza resultados; finalmente, se promueve la reflexión crítica, la interpretación de datos y la transferencia del aprendizaje a contextos presenciales o profesionales (Byukusenge et al., 2022; Kolb, 1984).

Este diseño pedagógico enfatiza la mediación docente y el andamiaje cognitivo, permitiendo que los laboratorios virtuales no funcionen como herramientas aisladas, sino como recursos integrados de manera coherente al currículo universitario (Jonassen, 2022; Mishra & Koehler, 2006). De este modo, se fortalece el desarrollo de competencias científicas, el pensamiento crítico y la autonomía del estudiante, especialmente cuando los laboratorios virtuales se implementan como complemento de las prácticas presenciales dentro de modelos híbridos de enseñanza en la educación superior (Makransky et al., 2016; Sellberg et al., 2024a).

Enfoques tecnológicos en la enseñanza de las ciencias biológicas

El concepto de aprendizaje basado en simulación se ha consolidado como una metodología eficaz en la educación superior. Estos entornos virtuales permiten a

los estudiantes observar fenómenos biológicos en un contexto controlado y seguro, brindando oportunidades de aprendizaje que complementan las actividades de laboratorio tradicionales (Byukusenge et al., 2022; Kozcu Cakir et al., 2021).

Los laboratorios virtuales pueden considerarse parte de un enfoque más amplio de tecnologías educativas, que según Mishra & Koehler (2006), deben ser vistas a través del marco TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), que destaca la importancia de integrar la tecnología de manera efectiva con el contenido y la pedagogía. Este modelo subraya que el uso de tecnologías como los laboratorios virtuales debe estar alineado con los objetivos pedagógicos y las necesidades del contenido, en este caso, las ciencias biológicas.

Metodologías de Implementación en el currículo

En la educación superior peruana, la Ley Universitaria y los modelos de licenciamiento de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) exigen que el plan de estudios sea coherente con el modelo educativo institucional, el perfil de egreso y un currículo orientado al desarrollo de competencias. El Modelo de licenciamiento de programas de pregrado de educación retoma la distinción entre estudios específicos (fundamentos científicos y tecnológicos generales) y estudios de especialidad (herramientas y procedimientos para la intervención profesional), formulada por (Huerta Rosales et al., 2017), y la vincula con la organización del plan de estudios y el logro del perfil de egreso (Huerta Rosales et al., 2017; Resolución de Consejo Directivo N.º 142-2022-SUNEDU/CD, 2022). A su vez, las disposiciones para programas semipresenciales y a distancia establecen que, además de la infraestructura física,

las universidades deben garantizar recursos y entornos de aprendizaje no presenciales —como laboratorios remotos, simulaciones y otros recursos virtuales— alineados con las competencias y resultados de aprendizaje (Resolución Del Consejo Directivo N.º 105-2020-SUNEDU/CD, Que Aprueba Disposiciones Para La Prestación Del Servicio Educativo Superior Universitario Bajo Las Modalidades Semipresencial y a Distancia, 2020) se articula con el enfoque de currículo flexible por competencias, que concibe la formación en ciencias como un proceso centrado en el saber hacer y en el desarrollo de competencias científicas, investigativas, tecnológicas y socioafectivas a lo largo del plan de estudios (Tobón, 2013).

En este marco, los laboratorios virtuales se proponen como dispositivos curriculares que permiten operacionalizar ese enfoque de competencias en las ciencias biológicas. Metodológicamente, su implementación implica mapear las competencias científicas del perfil de egreso —formular hipótesis, diseñar y analizar experimentos, interpretar datos biológicos, usar herramientas digitales para la indagación— y distribuirlas de manera progresiva en asignaturas de estudios específicos (por ejemplo, Biología General, Biología Celular, Genética) y de especialidad (Microbiología, Fisiología, Biología Molecular). La evidencia internacional muestra que los laboratorios virtuales en educación STEM favorecen tanto la comprensión conceptual como el desarrollo de habilidades experimentales y de manejo de tecnología, siempre que estén alineados con resultados de aprendizaje claros y un diseño instruccional cuidadoso (Makransky, Mayer, et al., 2019; Sellberg et al., 2024b). En consecuencia, se plantea que el perfil de egreso de las carreras de ciencias biológicas incorpore explícitamente competencias

relacionadas con el uso de entornos virtuales de experimentación y herramientas tecnológicas, y que los LV se integren de forma transversal como escenarios de práctica del saber hacer científico, más que como recursos aislados o meramente complementarios.

Ventajas y Desafíos del uso de laboratorios virtuales

Diversos estudios han documentado las ventajas de los laboratorios virtuales en el aprendizaje de las ciencias biológicas. Entre ellas, se destaca la flexibilidad de tiempo y espacio, que permite a los estudiantes realizar experimentos en cualquier momento y desde cualquier lugar con acceso a Internet. Según Byukusenge et al. (2022) y Kozcu Cakir et al. (2021), esta flexibilidad facilita la inclusión de estudiantes en entornos educativos de recursos limitados, donde los laboratorios tradicionales no están disponibles o son costosos. Además, los laboratorios virtuales fomentan la autonomía del estudiante, permitiéndole explorar a su propio ritmo y repetir los experimentos las veces que sea necesario para reforzar el aprendizaje.

No obstante, el uso de laboratorios virtuales también presenta desafíos. Kashaka (2024) señala que la brecha digital sigue siendo un obstáculo importante en muchas regiones del mundo, lo que puede limitar el acceso a estos recursos educativos. Además, la efectividad de los laboratorios virtuales depende de una adecuada integración pedagógica, lo cual implica que deben ser utilizados no como una herramienta aislada, sino como un complemento dentro de un enfoque didáctico más amplio. De lo contrario, su potencial educativo puede no ser plenamente aprovechado (Durkaya, 2023).

3.1.3. Metodología de la investigación

Enfoque, tipo y nivel de la investigación

La presente investigación es de enfoque cualitativo ya que se basa en la selección, análisis e interpretación de la producción científica existente acerca del uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior. Este enfoque emplea datos no numéricos e interpreta los fenómenos producto de los significados y percepciones presentes en las fuentes analizadas, lo que permite generar nuevos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018)Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

El tipo de investigación es documental y descriptivo, porque se fundamenta en el análisis sistemático de investigaciones provenientes de artículos científicos y tesis relacionadas con el objeto de estudio para generar hallazgos que contribuyan a la comprensión de un tema específico, alineándose con la naturaleza de este trabajo (Bowen, 2009).

Diseño de la investigación

El diseño es no experimental, ya que no implica la manipulación ni interacción con las variables de estudio, sino que se centra en análisis de la información previamente publicada (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). En este contexto, se empleó un diseño de revisión documental con enfoque cualitativo, a través de la búsqueda, selección, depuración y análisis de estudios científicos relevantes al objeto de estudio. Por lo que, se utilizó la metodología PRISMA 2020, que establece los criterios para el análisis de revisiones científicas (Page et al., 2021).

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda según Booth et al. (2016), Gough et al. (2017), Page et al. (2021) es muy utilizada en las revisiones sistemáticas y documentales. Este proceso se caracteriza por la combinación de términos o palabras clave y el uso de operadores booleanos (AND, OR, NOT), permitiendo la combinación, ampliación o restricción en los términos de búsqueda afinando así la precisión y coherencia de los resultados obtenidos.

Por consiguiente, con los lineamientos antes mencionados, la presente investigación empleó palabras clave en español e inglés directamente relacionadas con los componentes centrales del estudio como: laboratorios virtuales, enseñanza – aprendizaje, ciencias biológicas y educación superior. Éstas fueron combinadas mediante los operadores booleanos para construir ecuaciones de búsqueda que posibilitaron y agilizaron la identificación sistemática, exhaustiva y organizada de los estudios en diversas bases de datos. A continuación, se emplearon los siguientes términos:

Palabras clave: laboratorios virtuales, educación superior, biología, ciencias biológicas.

Keywords: virtual laboratories, higher education, biology, biological sciences.

Ecuaciones booleanas utilizadas

Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

- "virtual laboratories" AND "higher education" AND "biology"

- "virtual laboratories" AND "higher education" AND "biological sciences"

Estas ecuaciones se adaptaron según cada base de datos (ScienceDirect, Scopus, ERIC y Google Scholar), dado a que cada plataforma utiliza operadores, campos de búsqueda y estructuras específicas para la recuperación de documentos académicos. Esta adaptación optimizo la precisión, coherencia y pertinencia de los resultados obtenidos durante este proceso de búsqueda. A continuación, en la **Tabla 1**, se presentan las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada base de datos, detallando su estructura y variaciones según los criterios de cada plataforma.

Tabla 1: Estrategia de búsqueda empleada en cada base de datos

Base de datos	Estrategia de búsqueda
ScienceDirect	“virtual laboratories” AND “higher education” AND biology
Scopus	TITLE-ABS-KEY (("virtual laboratory*" OR "online lab*" OR "simulated lab*") AND (biology OR genetics) AND "higher education")
ERIC	("virtual laboratory" OR "virtual laboratories" OR "online lab" OR "online labs" OR "remote lab" OR "remote labs" OR "simulated lab" OR "simulated labs" OR "virtual simulation" OR "virtual simulations") AND "higher education" AND (biology OR "biological sciences" OR genetics)
Google Scholar	(biology OR "biological sciences") AND "higher education" AND ("virtual laboratory" OR "virtual laboratories" OR virtual labs OR "online labs" OR "remote labs" OR "virtual simulations")

Posterior a la aplicación de las ecuaciones booleanas mencionadas en la **Tabla 1**, se definieron los criterios metodológicos de inclusión y exclusión destinados a

orientar el proceso de selección y depuración del corpus documental. A continuación, se presentan los criterios aplicados durante este proceso.

Criterios de inclusión y de exclusión

Se definen los siguientes criterios de inclusión y exclusión con el propósito de asegurar la relevancia y calidad de las fuentes seleccionadas.

Criterios de inclusión

Pertinencia temática: Se seleccionó artículos relacionados con laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior, incluyendo beneficios, limitaciones, enfoques didácticos y estrategias de implementación.

Rigor científico: Se recolectó investigaciones publicadas y reconocidas en bases de datos como ScienceDirect, Scopus, ERIC y Google Scholar.

Relevancia temporal: Se consideró estudios publicados entre 2020 y 2025, esto permitió obtener información más reciente sobre el uso de laboratorios virtuales en ciencias biológicas en el ámbito universitario.

Idioma de publicación: Se incluyó literatura científica en inglés y español con el fin de ampliar el acceso a la evidencia disponible relevante en el área.

Criterios de exclusión

Por otro lado, los criterios de exclusión descartaron a las investigaciones que no cumplieron con los criterios temáticos, metodológicos o técnicos establecidos para esta investigación. Particularmente se descartaron:

- Estudios que no correspondían al nivel de educación superior.

- Investigaciones no relacionadas con el uso de laboratorios virtuales.
- Publicaciones que no abordaban el campo de las ciencias biológicas.
- Documentos que no presentaban información suficiente para responder a los objetivos del estudio.
- Estudios sin acceso a texto completo.

Procedimiento de búsqueda y recojo de la información

Se realizó la búsqueda de la producción científica en cuatro bases de datos: ScienceDirect, Scopus, ERIC y Google Scholar, empleando ecuaciones booleanas a partir de los descriptores centrales de la investigación tales como: *virtual laboratories, higher education y biology/ biological sciences*.

Una vez obtenidos los resultados iniciales, se aplicaron los filtros de pertinencia, según los criterios de inclusión antes mencionados: relación directa con laboratorios virtuales, investigaciones realizadas en educación superior, vinculadas al campo de la biología y/o ciencias biológicas, publicas entre los últimos 5 años. Posterior a ello, se procedió a revisar los títulos, resúmenes y palabras clave para asegurar la coherencia temática.

De este proceso se identificó los documentos científicos más relevantes y se seleccionaron 20 estudios, que cumplieran con la mayor parte de los criterios y guardaban correspondencia con los objetivos específicos del estudio.

Recolección de información

La recolección de la información consistió en identificar, organizar y sistematizar los elementos relevantes de cada estudio seleccionado. Por lo que, se registraron datos específicos que permitieron caracterizar y analizar la producción

científica. Estos datos fueron: código de identificación, base de datos, título, autor y año, país, diseño de estudio y DOI.

La búsqueda y selección de las investigaciones se realizó de forma manual y con el apoyo del asistente virtual ChatGPT Plus, utilizado únicamente como herramienta para la identificación preliminar de posibles fuentes. Posteriormente, todas las referencias fueron verificadas y corroboradas directamente en bases académicas empleadas en la investigación (ScienceDirect, Scopus, ERIC y Google Scholar). Este procedimiento favoreció la identificación de literatura relevante, incluyendo documentos no indexados Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Todo el procedimiento fue documentado siguiendo las directrices de PRISMA 2020, que establece los estándares para la transparencia y rigurosidad en revisiones científicas (Page et al., 2021).

Cribado PRISMA

De acuerdo con Page et al. (2021) el proceso de cribado o también conocido como screening es fundamental en las revisiones tanto sistemáticas como documentales, puesto que permite garantizar la pertinencia, coherencia temática y calidad metodológica del corpus final del análisis. Esto implica una evaluación progresiva de los registros identificados, iniciando por la eliminación de duplicados, seguida de revisión de títulos, resúmenes y finalmente del texto completo para determinar su elegibilidad.

En esta investigación, después de ejecutar la búsqueda en las bases de datos, ScienceDirect, Scopus, ERIC y Google Scholar, se obtuvieron los registros iniciales relacionados al estudio: laboratorios virtuales, enseñanza – aprendizaje, ciencias

biológicas, educación superior. Estos resultados fueron importados manualmente para su depuración siguiendo las directrices PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Eliminación de duplicados

Los registros fueron revisados uno a uno a fin de identificar coincidencias entre bases. Esta fase es esencial para evitar sesgos de selección y garantizar que cada estudio proviene de una fuente única de evidencia. Tras la depuración, los duplicados fueron eliminados, permitiendo continuar hacia la siguiente fase.

Cribado por título y resumen

En esta siguiente etapa se realizó el cribado mediante la lectura de títulos (inglés o español), resúmenes y palabras clave. Esta orientó a verificar la relación directa con los criterios de inclusión definidos: a) investigaciones sobre laboratorios virtuales; b) aplicadas en educación superior; c) vinculadas al campo de biología o ciencias biológicas; d) publicadas dentro de los últimos seis años.

Tal como lo mencionan Petticrew & Roberts (2006), esta fase permite descartar estudios que no guardan relación con la pregunta de investigación ni con los objetivos específicos del estudio, optimizando el proceso de revisión.

Evaluación del texto completo

Los documentos académicos seleccionados preliminarmente fueron revisados exhaustivamente a texto completo. En esta fase tuvo como fin confirmar la coherencia metodológica y temática, asegurando que cada estudio aportara evidencia pertinente sobre:

El uso pedagógico – didáctico de los laboratorios virtuales.

El uso tecnológico de estos entornos.

Los beneficios y limitaciones reportados y;

Las recomendaciones o propuestas vinculadas a la enseñanza – aprendizaje de las ciencias biológicas.

La revisión completa de los documentos académicos permitió excluir que pese a aparentar relevancia inicial, no cumplieran con los criterios metodológicos o los constructos definidos por la investigación.

Conformación del *corpus* final

Como última fase de esta secuencia de cribado o *screening* PRISMA 2020, se seleccionó 20 estudios que cumplieran la mayor parte de los criterios y aportaban evidencia significativa para el análisis documental. Este *corpus* es la base del proceso de síntesis temática y categorización que se desarrolla en las fases posteriores del estudio.

Procesamiento y análisis de datos

Una vez conformado el corpus documental, la información extraída fue organizada y sistematizada. Este procesamiento implicó ordenar los contenidos relevantes, agruparlos según los objetivos del estudio y registrar de manera estructurada los elementos centrales de cada publicación.

De acuerdo con los principios del modelo PRISMA 2020, esta fase garantizó:

- Transparencia, al documentar de manera clara y explícita los datos obtenidos de cada estudio.

- Trazabilidad, al permitir identificar el origen exacto de cada fragmento de información utilizado en el análisis.
- Sistemática, mediante la aplicación uniforme de los mismos criterios de extracción a todos los estudios incluidos.

Esta organización permitió disponer de un corpus coherente, verificable y preparado para su análisis.

Análisis de los datos

El análisis se desarrolló a partir del contenido textual extraído de los estudios seleccionados. Este proceso consistió en examinar, comparar y contrastar los hallazgos de cada documento en función de los objetivos específicos de la investigación. Se identificaron temas recurrentes, patrones conceptuales y aportes relevantes relacionados con el uso pedagógico, tecnológico y didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas.

En alineación con los lineamientos de PRISMA 2020, el análisis siguió un procedimiento sistemático que incluyó:

1. Lectura detallada del contenido procesado.
2. Identificación de temas y patrones vinculados con los objetivos.
3. Agrupación de ideas y hallazgos por áreas temáticas (uso pedagógico, uso tecnológico, beneficios, limitaciones y recomendaciones).
4. Integración interpretativa, contrastando la información proveniente de las distintas fuentes para obtener conclusiones fundamentadas.

Aspectos éticos

La presente investigación cumplió con los aspectos éticos orientados a garantizar la integridad académica y el adecuado manejo de la información. Se respetó la propiedad intelectual y anti-plagio, citándose correctamente las ideas literales, datos y aportes teóricos conforme a las normas APA 7° edición.

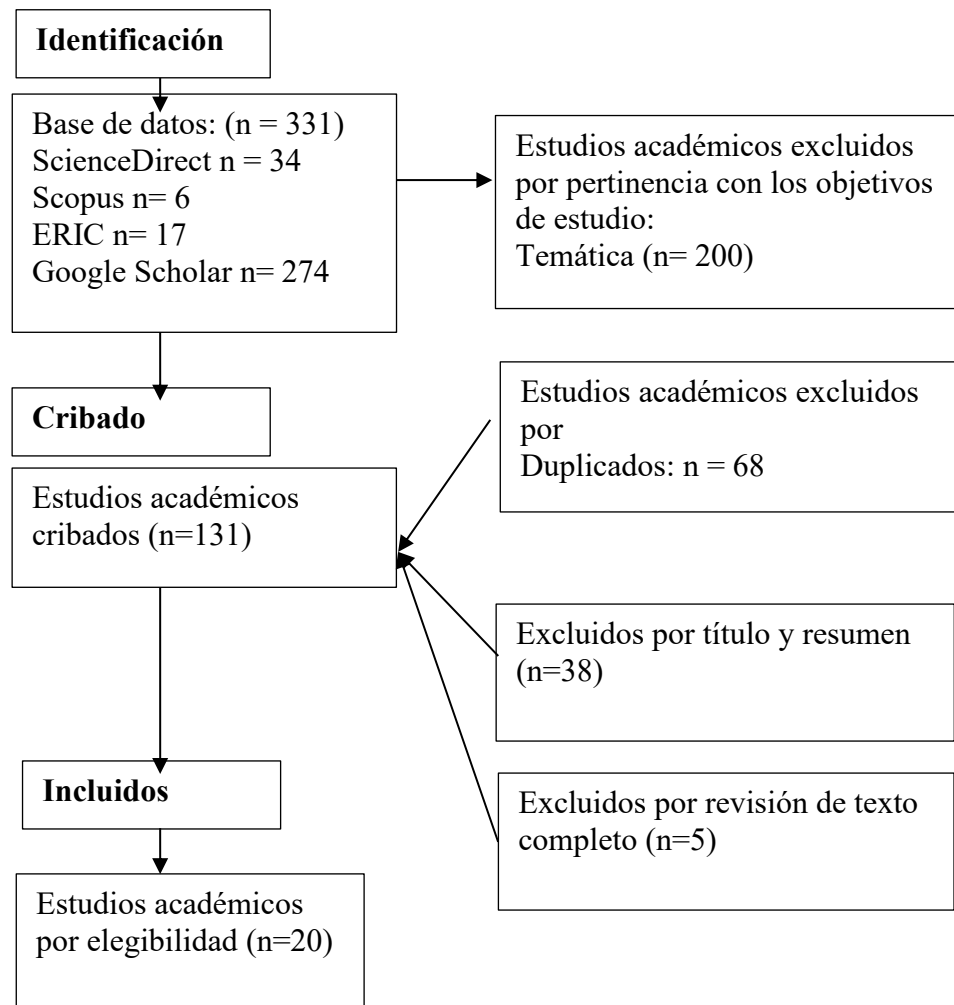
Asimismo, se hizo uso del asistente virtual ChatGPT Plus, basado en Inteligencia Artificial (IA) como herramienta de apoyo en la búsqueda de artículos científicos, en complemento con la revisión manual realizada por las investigadoras.

Finalmente, se declara que no existió conflicto de interés personal, institucional, académico, económico ni de autoría durante el desarrollo del estudio.

IV. RESULTADOS

Se presentan los resultados del análisis documental para el presente estudio, organizados en dos secciones. En primer lugar, el proceso de identificación, cribado y selección de los estudios académicos siguiendo las directrices del modelo PRISMA 2020 (**Figura 1**), del cual se obtuvieron 20 artículos que han reunido los criterios de elegibilidad (**Tabla 2**). En segundo lugar, se presentan las tablas que sintetizan el análisis de los artículos vinculados a los objetivos de estudios (**Tabla 3, 4, 5 y 6**).

Figura 1: Diagrama PRISMA



En la **Figura 1** se describe el proceso de identificación, cribado y selección de los estudios académicos siguiendo las directrices del modelo PRISMA 2020, que permitió asegurar la transparencia y rigor metodológico en la conformación del corpus documental. En la fase de identificación se registraron 331 provenientes de las cuatro bases de datos: ScienceDirect (n = 34), Scopus (n = 6), ERIC (n = 17) y Google Scholar (n = 274).

Durante la fase de depuración previa al cribado, 200 registros fueron excluidos por falta de pertinencia temática con los objetivos de investigación. Tras estas exclusiones iniciales, 131 estudios fueron considerados aptos para iniciar la fase de cribado

En la etapa de cribado, se realizó una revisión exhaustiva de títulos, resúmenes y palabras clave. Como resultado, se excluyeron 68 estudios por duplicidad. Posteriormente, se descartaron 38 por título y resumen.

En la fase de elegibilidad, se procedió a la lectura completa de los artículos restantes, excluyéndose 5 estudios por no estar alineado a los objetivos específicos. Finalmente, 20 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión y fueron incorporados para el análisis final de la presente revisión documental.

Este proceso sistemático permitió garantizar la pertinencia, coherencia y calidad del conjunto de estudios analizados, fortaleciendo la validez de los hallazgos presentados en los apartados posteriores.

Tabla 2 : Resumen de estudios incluidos en la revisión documental: uso de laboratorios virtuales en la enseñanza aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior

Código	Base de datos	Título	Autor y año	País	Diseño de estudio	DOI
E1	ScienceDirect	Estudio de caso pedagógico para mejorar la competencia de laboratorio mediante un laboratorio virtual de cultivo celular de mamíferos.	Berenjian et al. (2025)	Estados Unidos	Mixto (cuantitativo–cualitativo, pretest–postest)	https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.10.004
E2	Scopus	Diseño, construcción y ventajas de laboratorios 100% en línea en un curso de biología de nivel superior.	Brady et al. (2020)	Estados Unidos	Cualitativo – descriptivo	https://doi.org/10.1101/2020.12.30.424788
E3	ERIC	Evaluación de la eficacia de simulaciones de laboratorio virtual para la formación de posgrado en metodologías genéticas.	Carroll et al. (2025)	Canadá	Mixto descriptivo-exploratorio	https://doi.org/10.1002/bmb.21898
E4	ERIC	Enseñanza en pandemia: creación e impartición en línea de laboratorios de biología celular durante la COVID-19.	Delgado et al. (2021)	Estados Unidos	Descriptivo de innovación educativa	https://doi.org/10.1002/bmb.21482
E5	ERIC	Los laboratorios virtuales complementan, pero no deben reemplazar las clases presenciales: percepciones de estudiantes de ciencias de la vida del Dundalk Institute of Technology (Irlanda).	Griffin et al. (2025)	Irlanda	Mixto (pretest–postest y grupos focales).	https://doi.org/10.1152/advan.00227.2024

Código	Base de datos	Título	Autor y año	País	Diseño de estudio	DOI
E6	ScienceDirect	Laboratorio virtual en línea para fotobiorreactores de microalgas: mejora de la formación en modelado y control.	Guzmán et al. (2025)	España	Descriptivo–tecnológico	https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.08.019
E7	Google Scholar	Desarrollo de laboratorios virtuales interactivos para el aprendizaje a distancia en ciencias naturales.	Kolodii et al. (2025)	Ucrania	Descriptivo basado en análisis documental	https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2025.19.03.10
E8	ERIC (Walden University / Doctoral Dissertation)	Reemplazo de laboratorios presenciales tradicionales por laboratorios virtuales en cursos de biología para estudiantes no especializados.	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.	Estados Unidos	Cuantitativo correlacional-comparativo (no experimental)	NO DOI
E9	ERIC	Aprendizaje en línea de laboratorios húmedos de biología durante y después de la pandemia de COVID-19: revisión del aprendizaje y las experiencias estudiantiles.	Maglio et al. (2025)	Suecia	Revisión narrativa	https://doi.org/10.1002/bmb.21897
E10	ERIC	Formación de la competencia ambiental de estudiantes mediante laboratorios virtuales en la formación de docentes de biología con Labster.	Maratkyzy et al. (2025)	Kazajistán	Cuasi-experimental	https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2580155

Código	Base de datos	Título	Autor y año	País	Diseño de estudio	DOI
E11	ERIC	Simulaciones de laboratorio virtual en biotecnología: una revisión sistemática.	Mercado & Picardal (2023)	Filipinas	Revisión sistemática (PRISMA)	https://doi.org/10.33828/sei.v34.i1.6
E12	Scopus	Reflexiones sobre la creación de experiencias de laboratorio virtual para estudiantes de biología.	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.	Sudáfrica	Revisión narrativa (descriptivo-reflexivo)	https://doi.org/10.3389/feduc.2022.796840
E13	Google Scholar	El potencial de los laboratorios virtuales para mejorar el aprendizaje de la biología.	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.	Irán	Revisión sistemática (PRISMA)	https://doi.org/10.22034/lss.2024.474281.1019
E14	Scopus	Logro de objetivos educativos en la enseñanza de microscopía mediante la adopción de laboratorios de realidad virtual junto con tutoriales presenciales.	Paxinou et al. (2022)	Grecia	Cuasi-experimental (dos grupos, pre-post).	https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1790513
E15	Google Scholar	Laboratorios virtuales en cursos de ciencias e ingeniería de pregrado: una revisión sistemática, 2009-2019.	Reeves & Crippen (2020)	Estados Unidos	Revisión sistemática	https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0
E16	Google Scholar	Experiencia de aprendizaje y creencias motivacionales para un laboratorio de realidad virtual en biología avanzada de pregrado.	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.	Estados Unidos	Caso único con medidas repetidas (correlacional).	https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2307601

Código	Base de datos	Título	Autor y año	País	Diseño de estudio	DOI
E17	Scopus	Laboratorios tradicionales vs. virtuales en la educación de ciencias de la salud.	Serrano-Perez et al. (2021)	España	Estudio transversal comparativo (cuantitativo).	https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877776
E18	Google Scholar	Los laboratorios virtuales como medio para incrementar la accesibilidad de la educación biológica en Ucrania.	Sipii et al. (2024)	Ucrania	Experimental	https://doi.org/10.21533/pen.v12.i4.64
E19	Scopus	Laboratorio virtual para mejorar la comprensión de conceptos biológicos abstractos y habilidades de laboratorio: una revisión sistemática.	Udin et al. (2020)	Indonesia	Revisión sistemática (PRISMA)	https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042025
E20	Scopus	De artefactos a resultados: Comparación de RV con HMD, escritorio y presentaciones de diapositivas para la instrucción de laboratorio de microbiología de alimentos.	Xue et al. (2023)	Estados Unidos	Experimental	https://doi.org/10.1145/3544548.3580913

La **Tabla 2** presenta la síntesis de los veinte documentos analizados, organizados mediante una codificación de **E1 a E20**, lo que facilita su identificación y seguimiento. Incluye la base de datos de procedencia, el título traducido al español, los autores y año de publicación, el país, el diseño de estudio y el **DOI** correspondiente. Esta estructura permite visualizar la diversidad de enfoques presentes en la literatura sobre laboratorios virtuales. Los títulos evidencian un interés constante por evaluar su eficacia, compararlos con laboratorios tradicionales y explorar su contribución al desarrollo de competencias prácticas y conceptuales. Asimismo, destacan aplicaciones en biotecnología, genética, microscopía, biología celular, ciencias de la salud y simulaciones avanzadas como cultivo celular y fotobiorreactores de microalgas.

Asimismo, la tabla evidencia una notable diversidad geográfica, con estudios desarrollados en países como Estados Unidos, España, Canadá, Grecia, Irlanda, Sudáfrica, Suecia, Irán, Filipinas, Kazajistán e Indonesia. Esta dispersión regional muestra que el uso de laboratorios virtuales en ciencias biológicas no es un fenómeno aislado, sino una práctica extendida en sistemas educativos con realidades tecnológicas heterogéneas. Este panorama coincide con lo señalado por UNESCO (2023), que destaca la expansión global de las simulaciones y laboratorios virtuales como recursos accesibles y escalables para la educación superior. La presencia de países con diferentes niveles de infraestructura tecnológica reafirma la importancia de analizarlos desde una perspectiva amplia y comparativa.

En cuanto a los diseños de estudio, la tabla reúne estudios experimentales, cuasiexperimentales, revisiones, estudios de caso, investigaciones descriptivas y

diseños con medidas repetidas. Esta pluralidad concuerda con lo planteado por Bowen (2009), quien sostiene que el análisis documental es especialmente valioso cuando integra diversas fuentes y metodologías para comprender fenómenos educativos complejos. La variedad de diseños identificados permite aproximarse al uso de laboratorios virtuales desde múltiples dimensiones: eficacia pedagógica, percepción estudiantil, usabilidad tecnológica y condiciones institucionales de implementación.

Tabla 3: *Aporte sobre el uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior*

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave uso pedagógico-didáctico
E4	Delgado et al. (2021)	Describir la creación e implementación de laboratorios de biología celular totalmente en línea durante la pandemia de COVID-19.	Los LV favorecieron un desplazamiento del enfoque centrado en la ejecución técnica hacia el desarrollo de habilidades de orden superior, como el análisis de datos reales y el pensamiento crítico. Estas competencias, que no eran priorizadas en el curso presencial tradicional, pudieron abordarse de manera más intencional y profunda en el entorno virtual.
E5	Griffin et al. (2025)	Analizar la percepción de los estudiantes de ciencias biológicas sobre cómo se deben usar los LV para mejorar la comprensión conceptual y habilidades prácticas.	Los estudiantes consideran que los LV deben ser utilizados para complementar (75%) las clases presenciales, no para reemplazarlas. Son efectivos como herramienta pre-laboratorio para prepararse y repasar materia.
E9	Maglio et al. (2025)	Analizar cómo los estudiantes aprendieron y vivieron sus experiencias con el e-learning en los laboratorios húmedos (wet labs) de biología durante la pandemia de COVID-19 y en el periodo posterior.	Los LV aportan flexibilidad y permiten complementar o reemplazar parcialmente las prácticas tradicionales sin afectar el aprendizaje. Favorecen el desarrollo de competencias prácticas y conceptuales mediante simulaciones interactivas y seguras. También facilitan abordar procesos biotecnológicos complejos de forma accesible. Para su uso efectivo, se requiere andamiaje y una adecuada integración en el plan de estudios.

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave uso pedagógico-didáctico
E10	Maratkyzy et al. (2025)	Analizar el impacto del uso de laboratorios virtuales Labster en el rendimiento, habilidades y motivación de futuros profesores de biología.	El modelo de aprendizaje mixto (LV + enseñanza tradicional) es el más efectivo (aumentó significativamente la motivación y el interés), logrando el mayor progreso académico (35%) y en habilidades prácticas. Sugiere que la integración, en lugar de la sustitución, optimiza el aprendizaje al combinar la autonomía del LV con la interacción social.
E11	Mercado & Picardal (2023)	Realizar una revisión sistemática de la literatura científica sobre la utilización de simulaciones de laboratorios virtuales en el campo de la biotecnología.	Los LV son una alternativa eficaz o un complemento a las prácticas tradicionales, por su capacidad para activar el aprendizaje mediante indagación, descubrimiento y experiencias prácticas. Requieren andamiaje para asegurar una comprensión adecuada y son más potentes cuando se combinan con actividades presenciales.
E14	Paxinou et al. (2022)	Evaluar si un LV de realidad virtual (<i>OnLabs</i>) combinado con tutoría presencial mejora el logro de objetivos educativos basados en la taxonomía de bloom.	El grupo que utilizó el LV como complemento a la enseñanza presencial obtuvo puntuaciones más altas y demostró mayor habilidad y confianza al operar el microscopio real, validando su rol como herramienta preparatoria que mejora las habilidades prácticas.
E19	Udin et al. (2020)	Investigar el uso de LV para mejorar la comprensión de conceptos biológicos abstractos y desarrollar las habilidades de laboratorio de los estudiantes.	Los LV se aplican especialmente en contenidos abstractos como biología celular, molecular y genética, mostrando mejoras en comprensión y desarrollo de habilidades experimentales y más cuando se combinan con prácticas reales.

Tabla 4: Aporte sobre el uso tecnológico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave uso tecnológico
E1	Berenjian et al. (2025)	Investigar la efectividad de un laboratorio virtual de cultivo de células de mamífero a nivel de posgrado.	El uso tecnológico se basa en plataformas como Unity para crear entornos virtuales inmersivos en 3D. Estos permiten la repetición de experimentos, la visualización de procesos abstractos y la retroalimentación inmediata.
E2	Brady et al. (2020)	Describir el desarrollo de laboratorios de embriología de vertebrados usando sistemas modelo con Labster para mitigar las limitaciones asociadas a experimentos reales.	La plataforma Labster se utilizó para representar con alta precisión los procedimientos de un laboratorio de investigación biológica, incluyendo el análisis de datos de Secuenciación de Nueva Generación (NGS).
E3	Carroll et al. (2025)	Evaluar la eficacia de las simulaciones virtuales de <i>Labster</i> en la formación de posgrado en metodologías genómicas , examinando la enseñanza de teoría y habilidades de laboratorio.	Describe entornos de simulación genética que modelan equipos, análisis y toma de decisiones; evidencia que las decisiones de interfaz, feedback y realismo tecnológico influyen en usabilidad y aceptación de los LV en niveles avanzados.
E6	Guzmán et al. (2025)	Describir un laboratorio virtual basado en web para reactores fotobiológicos de microalgas, mostrando sus capacidades para el entrenamiento de operadores y la educación en control.	Es una herramienta basada en web que utiliza un modelo dinámico no lineal (basado en ecuaciones algebraicas y diferenciales) para simular y controlar sistemas biotecnológicos complejos, como la producción de biomasa de microalgas.

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave uso tecnológico
E7	Kolodii et al. (2025)	Analizar plataformas de laboratorios virtuales interactivos y sus ventajas y desafíos en educación en ciencias naturales.	Los LV utilizan tecnologías como la Realidad Virtual (VR) (ej. Labster) y plataformas de simulación (ej. PhET, V Labs, Molecular Workbench). Estas facilitan la alta interactividad y la visualización de conceptos complejos.
E12	Myburgh (2022)	Reflexionar sobre el proceso de creación de experiencias de laboratorio virtual (LV) para estudiantes de biología.	Describe decisiones tecnológicas (motor de juego, modelado, interactividad) y enfatiza trabajo colaborativo, repositorios compartidos y modularidad del código como claves para producir LV escalables, reutilizables y de bajo costo.
E20	Xue et al. (2023)	Comparar la eficacia instruccional de la Realidad Virtual (VR) con HMD, aplicaciones de escritorio, y diapositivas en clases de microbiología de alimentos para la retención a largo plazo.	La tecnología LV utiliza dispositivos HMD (Oculus Quest) y aplicaciones Web VR en entornos de escritorio (DKP). El HMD facilita una mayor atención visual y un sentido de inmersión que potencia la retención. También el VR mejora retención a largo plazo, motivación e inmersión, aunque presenta fatiga y barreras de accesibilidad; se recomienda uso complementario y diseño instruccional contextualizado.

Tabla 5: *Aporte sobre beneficios y limitaciones de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior*

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave en beneficios y limitaciones
E1	Berenjian et al. (2025)	Investigar la efectividad de un laboratorio virtual de cultivo de células de mamífero a nivel de posgrado.	El LV generó en más del 90% de los estudiantes alta confianza en técnicas clave, la competencia procedimental y la comprensión conceptual. Sirvió para reducir eficazmente la ansiedad de los estudiantes antes de enfrentarse al laboratorio físico.
E2	Brady et al. (2020)	Describir el desarrollo de laboratorios de embriología de vertebrados usando sistemas modelo (ratón y pollo) con Labster para mitigar las limitaciones asociadas a experimentos reales.	Permiten superar barreras infranqueables de los laboratorios físicos, como el alto costo (>\$5,100/estudiante), el tiempo prolongado (>2 meses) y los riesgos de seguridad (uso de carcinógenos), además de ofrecer un entorno seguro para cometer errores sin consecuencias en recursos o tiempo.
E5	Griffin et al. (2025)	Analizar la percepción de los estudiantes de ciencias biológicas sobre cómo se deben usar los LV para mejorar la comprensión conceptual y habilidades prácticas.	El 90% reporta aumento de confianza experimental y el 75% de los estudiantes afirmó que los LV solo deben complementar la enseñanza presencial. Una dependencia excesiva de los LV puede disminuir la valiosa interacción entre pares y con el instructor, considerada fundamental por los estudiantes.
E8	Labennett (2024)	Comparar el rendimiento de estudiantes no especialistas en biología entre laboratorios virtuales y tradicionales.	Los estudiantes en LV obtuvieron una proporción significativamente mayor de calificaciones aprobatorias que en LT, sugiriendo que el LV ofrece un entorno de aprendizaje más adaptable y de mayor apoyo.

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave en beneficios y limitaciones
E13	Nili Ahmadabadi & Sahafi (2024)	Revisar la efectividad de laboratorios virtuales en biología, centrados en conocimiento, habilidades y motivación del estudiantado.	Concluyen que los LV mejoran comprensión conceptual, habilidades prácticas y motivación, especialmente en contextos con escasos recursos; destacan su papel como herramienta clave en STEM, pero señalan escasez de estudios específicos en biología.
E15	Reeves & Crippen (2020)	Realizar una revisión sistemática de la investigación sobre LV en ciencias e ingeniería.	Los LV ofrecen conocimiento transferible y apoyan la persistencia. Los resultados positivos se atribuyen más al efecto de novedad que al diseño, y a menudo se asume instrucción sin interacción humana/social.
E16	Reeves et al. (2024)	Evaluar la relación entre las creencias de valor de tarea (motivación) y la usabilidad de un LV, comparándolas con las experiencias de laboratorio físico.	Los estudiantes perciben un mayor costo (esfuerzo) en el LV que en el laboratorio físico. La usabilidad del LV fue solo marginalmente aceptable, lo que debe mitigarse con un mejor diseño.
E17	Serrano-Perez et al. (2021)	Analizar el impacto percibido de los laboratorios virtuales (LV) y tradicionales (LT) en la motivación, satisfacción y rendimiento académico en asignaturas de Ciencias Básicas de la Salud.	Muestran que los LV aumentan accesibilidad y repetición de prácticas, pero parte del alumnado percibe menor autenticidad y contacto con el material; recomiendan un enfoque combinado para aprovechar beneficios y mitigar limitaciones.

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave en beneficios y limitaciones
E18	Sipii et al. (2024)	Analizar cómo los LV en biología pueden apoyar el desarrollo de competencias investigativas y la formación en contextos con recursos limitados.	Evidencian que los LV incrementan interés, preparación y comprensión de procesos biológicos, compensan carencias de equipamiento y permiten simular experimentos complejos; señalan como reto la actualización tecnológica y la formación docente.

Tabla 6: *Aporte sobre las recomendaciones prácticas para el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas*

Código	Autor y año	Objetivo	Aporte clave en recomendaciones
E4	Delgado et al. (2021)	Describir la creación e implementación de laboratorios de biología celular totalmente en línea durante la pandemia de COVID-19.	Sugiere diseñar secuencias de LV con guías claras, rúbricas, trabajo en pequeños grupos y sesiones de retroalimentación; enfatiza planificar actividades híbridas futuras que combinen LV, análisis de datos reales y sesiones presenciales.
E8	Labennett (2024)	Comparar el rendimiento de estudiantes no especialistas en biología entre laboratorios virtuales y tradicionales.	Recomienda instituir los LV como el método de instrucción principal para los cursos de biología de primer año para no especialistas, basándose en su impacto positivo en las tasas de aprobación. La implementación debe incluir el desarrollo curricular conjunto con el profesorado, la formación docente y la evaluación continua.
E12	Myburgh (2022)	Reflexionar sobre el proceso de creación de experiencias de laboratorio virtual (LV) para estudiantes de biología.	Recomienda equipos multidisciplinarios, plantillas reutilizables, pruebas de usabilidad y documentación abierta; sugiere construir bibliotecas de actividades y compartir herramientas entre instituciones para reducir costos de producción.
E16	Reeves et al. (2024)	Evaluar la relación entre las creencias de valor de tarea (motivación) y la usabilidad de un LV, comparándolas con las experiencias de laboratorio físico.	Mejorar la usabilidad del sistema para mitigar la percepción de "costo" (esfuerzo/frustración) del estudiante. El diseño debe hacer explícita la realidad de la variabilidad experimental para gestionar las expectativas.

Las **Tablas 3, 4, 5 y 6** ofrecen un resumen global sobre cómo los artículos aportan al objetivo general de analizar el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza- aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior para optimizar su integración curricular. Los estudios revisados permiten facilitar la comprensión de fenómenos biológicos complejos, ampliar oportunidades de experimentación, apoyar la reflexión ética, y responder a las desigualdades institucionales en infraestructura. Investigadores como Brady et al. (2020), Guzmán et al. (2025), Kolodii et al. (2025) y Mercado & Picardal (2023) muestran cómo estas herramientas pueden contribuir a currículos más flexibles, accesibles y actualizados, siempre que existan políticas institucionales, formación docente y criterios claros de selección tecnológica. Por todo lo mencionado anteriormente los LV deben ser considerados recursos emergentes capaz de transformar el aprendizaje práctico en las ciencias biológicas dentro de la educación superior.

La **Tabla 3**, sintetiza los aportes de los estudios seleccionados sobre el uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas. Los LV son cruciales para la comprensión de conceptos abstractos (Udin et al., 2020) y para desarrollar habilidades de orden superior, como el análisis de datos y el pensamiento crítico Delgado et al. (2021) Su eficacia didáctica se optimiza mediante el andamiaje y el aprendizaje basado en la indagación Mercado & Picardal (2023). En última instancia, la combinación de LV con métodos tradicionales resulta ser la aproximación más eficiente, logrando un mayor progreso académico y desarrollo de habilidades prácticas Maratkyzy et al. (2025). Asimismo, se consideran herramientas complementarias que refuerzan la instrucción presencial, una modalidad favorecida por la mayoría de los estudiantes (Griffin et

al., 2025; Paxinou et al., 2022). Su aplicación principal es como herramienta pre-laboratorio para facilitar la práctica repetida y segura, incrementando la confianza del estudiante para el manejo de equipos físicos (Maglio et al., 2025; Paxinou et al., 2022).

La **Tabla 4** reúne los estudios sobre el uso tecnológico de los laboratorios virtuales, evidenciando la diversidad de plataformas, niveles de inmersión y decisiones de diseño que configuran la experiencia del usuario. Investigaciones como las de (Berenjian et al., 2025) y Xue et al. (2023) destacan el valor de los entornos 3D y la realidad virtual inmersiva para representar procedimientos complejos y acelerar procesos biológicos que en un laboratorio físico requieren más tiempo. Del mismo modo, plataformas comerciales como Labster permiten simular protocolos avanzados con alto nivel de realismo, como muestran Carroll et al. (2025) y Brady et al. (2020). Herramientas como Easy Java Simulations (EJS) amplían el acceso a laboratorios basados en modelos dinámicos desde cualquier dispositivo (Guzmán et al., 2025). Además, Myburgh (2022) y Kolodii et al. (2025) examinan cómo los motores gráficos, la arquitectura y las analíticas de aprendizaje influyen en la usabilidad, accesibilidad y escalabilidad. En conjunto, estos estudios evidencian cómo las decisiones tecnológicas determinan la funcionalidad y calidad de los laboratorios virtuales.

La **Tabla 5**, presenta los beneficios de los LV al servir como una alternativa rentable y segura para simular experimentos imposibles de replicar en un entorno físico debido a su costo, tiempo o riesgo (Brady et al., 2020; Serrano-Perez et al., 2021). Estos entornos virtuales aumentan significativamente la confianza y autoeficacia del estudiante para el trabajo de laboratorio (Berenjian et al., 2025;

Griffin et al., 2025; Nili Ahmadabadi & Sahafi, 2024) y han demostrado una correlación con una mayor proporción de calificaciones aprobatorias en los cursos para no-mayores (LaBennett, 2024). Adicionalmente, impulsan las habilidades de investigación y fortalecen la satisfacción con el entorno educativo (Sipii et al., 2024). No obstante, los LV enfrentan limitaciones notables: a menudo se perciben como menos satisfactorios y motivadores que los laboratorios tradicionales (Serrano-Perez et al., 2021), y los estudiantes reportan un mayor costo percibido en términos de esfuerzo o frustración (Reeves et al., 2024). Un desafío fundamental es que la tecnología tiende a omitir la interacción humana y social con pares e instructores (Reeves & Crippen, 2020; Sipii et al., 2024), y sus resultados positivos pueden estar sesgados por el efecto de novedad de la herramienta (Reeves & Crippen, 2020).

La **Tabla 6**, presenta las recomendaciones prácticas derivadas de los estudios revisados. En general, los autores coinciden en la necesidad de diseñar laboratorios virtuales alineados con objetivos de aprendizaje claros, ofrecer retroalimentación oportuna e implementar estrategias de blended learning. Diversos trabajos (Griffin et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025; Paxinou et al., 2022; Reeves & Crippen, 2020) resaltan el uso de los LV como actividades de pre-laboratorio y como herramientas de andamiaje conceptual, mientras que Labennett (2024) sugiere aplicar principios de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia para reducir la carga cognitiva. De manera complementaria, Delgado et al. (2021) destaca la utilidad de incorporar guías, rúbricas y actividades colaborativas para fortalecer el aprendizaje activo. También se recomienda mejorar la usabilidad de las plataformas para disminuir el esfuerzo percibido por el estudiante (Myburgh, 2022; Reeves et al., 2024) y realizar

estudios longitudinales que evalúen la transferencia del aprendizaje virtual a la competencia práctica real (Berenjian et al., 2025; Xue et al., 2023).

V. DISCUSIÓN

Se realizó un análisis e interpretación de los hallazgos obtenidos a partir de artículos científicos y tesis. El propósito es contrastar la evidencia empírica con los objetivos de esta investigación y la teoría pertinente, con el fin de dilucidar el rol, las características, los beneficios y las limitaciones de los laboratorios virtuales (LV) en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior. Este análisis permitirá contextualizar los resultados, extraer implicaciones significativas y proponer recomendaciones fundamentadas para la práctica educativa y futuras líneas de investigación.

Los resultados muestran de manera consistente que los LV fortalecen el aprendizaje en ciencias biológicas porque favorecen aprendizajes duraderos y comprensión profunda, condición clave para justificar su inclusión sistemática en el plan de estudios. La evidencia teórica y empírica converge en que las simulaciones interactivas generan procesos cognitivos profundos, modelos mentales más estables y mejor retención conceptual (Heradio et al., 2016; Makransky, Mayer, et al., 2019; Smetana & Bell, 2012), hallazgos también observados en contextos específicos de biología y biotecnología (Brady et al., 2020; Guzmán et al., 2025). Interpretado curricularmente, esto implica que los LV no deberían ser añadidos como recursos accesorios o puntuales, sino como componentes curriculares planificados, asociados a resultados de aprendizaje como formular hipótesis, ejecutar procedimientos experimentales, interpretar datos biológicos y comunicar conclusiones, que son competencias centrales en los perfiles de egreso de las carreras de ciencias.

Desde el aprendizaje, los estudios revisados evidencian que los LV incrementan la motivación, la curiosidad y la autonomía del estudiantado, aspectos centrales en la Teoría de la Autodeterminación de Ryan & Deci (2000), y coherentes con un currículo que aspira a formar sujetos autónomos, autorregulados y capaces de aprender en entornos digitales. La posibilidad de explorar a su propio ritmo, probar hipótesis sin riesgo, recibir retroalimentación inmediata y repetir procedimientos cuantas veces sea necesario coincide con los beneficios reportados por (Griffin et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025). A su vez, la estructura misma de muchos LV facilita el enfoque de aprendizaje basado en la indagación (IBL), al organizar actividades en torno al método científico y a la resolución de problemas, lo que se traduce en el fortalecimiento de competencias investigativas y tecnológicas descritas en (Kolodii et al., 2025) y (Berenjian et al., 2025). Esto sugiere que, a nivel de currículo, los LV pueden configurarse como escenarios recurrentes de práctica de la indagación científica, distribuidos a lo largo de varios cursos y no restringidos a una sola asignatura.

Desde la enseñanza, los resultados enfatizan que una planificación didáctica clara, el acompañamiento docente y un andamiaje progresivo son condiciones necesarias para que los LV desplieguen su potencial. Estos hallazgos dialogan con la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia de Mayer (2021), que subraya la importancia de organizar, segmentar y representar la información de forma coherente con la arquitectura cognitiva humana, y con el modelo experiencial de Kolb (1984), según el cual la experimentación segura y repetible favorece la reflexión y la transferencia del aprendizaje a nuevos contextos. En términos curriculares, esto significa que los LV deben integrarse respetando la secuencia de

complejidad del plan de estudios: en los cursos de estudios específicos (por ejemplo, Biología General, Biología Celular, Genética) como apoyo a la comprensión de conceptos y procedimientos básicos; y en los estudios de especialidad (Microbiología, Fisiología, Biología Molecular) como entornos avanzados donde el estudiante diseña y analiza experimentos más complejos y se aproxima al quehacer profesional y de investigación.

Esta lectura se articula con el enfoque de currículo flexible por competencias, que entiende la formación en ciencias como el desarrollo integrado de competencias científicas, investigativas, tecnológicas y socioafectivas, y no solo como acumulación de contenidos (Huerta Rosales et al., 2017; Tobón, 2013). En esa línea, el Modelo de licenciamiento de programas de pregrado de educación de SUNEDU, al distinguir entre estudios específicos y de especialidad y exigir coherencia entre modelo educativo, perfil de egreso y plan de estudios, ofrece un marco normativo que respalda la incorporación de laboratorios virtuales como recursos no presenciales orientados al logro de competencias (Resolución de Consejo Directivo N.º 142-2022-SUNEDU/CD, 2022; Resolución Del Consejo Directivo N.º 105-2020-SUNEDU/CD, Que Aprueba Disposiciones Para La Prestación Del Servicio Educativo Superior Universitario Bajo Las Modalidades Semipresencial y a Distancia, 2020). La evidencia internacional en educación STEM refuerza esta perspectiva: cuando los LV se diseñan e integran de forma alineada con los resultados de aprendizaje, contribuyen tanto al dominio conceptual como al desarrollo de habilidades experimentales y de manejo de tecnología (Sellberg et al., 2024a).

En conjunto, estos elementos permiten profundizar la discusión del objetivo general: los laboratorios virtuales emergen como dispositivos curriculares privilegiados para operacionalizar un currículo por competencias en ciencias biológicas, al articular aprendizaje profundo, motivación sostenida y desarrollo del saber hacer científico con el uso pertinente de tecnologías. Por ello, los resultados de este análisis documental no solo avalan su eficacia didáctica, sino que justifican proponer su integración transversal y progresiva en el currículo, explícitamente vinculada al perfil de egreso y a las competencias científicas, investigativas y tecnológicas que la educación superior contemporánea demanda.

Uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales

En relación con el uso pedagógico de los laboratorios virtuales (LV), los estudios revisados muestran que estos entornos funcionan como dispositivos de aprendizaje activo, en el sentido planteado por Prince (2004b): el estudiante no solo recibe información, sino que participa en procesos de razonamiento, análisis y toma de decisiones. En Maglio et al. (2025) se observa que, al interactuar con las simulaciones, los estudiantes ajustan parámetros, prueban procedimientos, evalúan resultados y corrigen errores, lo que evidencia un mayor involucramiento cognitivo y una participación más deliberada en el proceso experimental. De manera convergente, Griffin et al. (2025) y Serrano-Perez et al. (2021) reportan que los LV favorecen la preparación conceptual y procedimental antes del laboratorio presencial, lo que permite que el tiempo en el laboratorio físico se aproveche mejor para la ejecución y discusión de resultados.

Desde el enfoque didáctico, los LV se configuran como herramientas de diseño docente, ya que permiten planificar experiencias alineadas con las competencias científicas del currículo y organizar secuencias de actividades con niveles progresivos de complejidad. Delgado et al. (2021) muestran que, al trasladar ciertas fases de la práctica a entornos virtuales, es posible desplazar el foco desde la mera ejecución técnica hacia habilidades de orden superior, como el análisis de datos, la interpretación de gráficas y la argumentación basada en evidencia. De forma complementaria, Guzmán et al. (2025) y Maratkyzy et al. (2025) destacan que los LV ayudan a estructurar contenidos complejos y a adaptar la enseñanza al ritmo del estudiante, mientras que Zacharia & Olympiou (2011) documentan que los docentes los integran para reforzar objetivos curriculares específicos y ampliar las oportunidades de experimentación guiada, especialmente cuando el tiempo o la infraestructura del laboratorio físico son limitados.

Finalmente, los resultados indican que el uso pedagógico-didáctico de los LV se potencia cuando se articula con metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas, la indagación guiada y la clase invertida. En estos enfoques, los LV ofrecen un contexto donde el estudiante puede explorar escenarios, formular y poner a prueba hipótesis, recibir retroalimentación inmediata y regular su propio aprendizaje. Kolodii et al. (2025) y Berenjian et al. (2025) coinciden en que estos entornos fortalecen competencias investigativas (diseño experimental, control de variables, análisis de resultados) y mejoran la preparación para el laboratorio presencial, enriqueciendo la experiencia práctica sin pretender sustituirla. En conjunto, la evidencia sugiere que, desde el punto de vista pedagógico-didáctico, los LV deben ser entendidos como espacios de activación cognitiva y de práctica

investigativa guiada, integrados intencionalmente al diseño de las asignaturas de ciencias biológicas.

Uso tecnológico de los laboratorios virtuales

En cuanto al uso tecnológico de los laboratorios virtuales (LV), los estudios analizados muestran un ecosistema diverso de plataformas y soluciones digitales que amplían de manera significativa las posibilidades del trabajo experimental en ciencias biológicas. No existe un estándar tecnológico único: se identifican plataformas comerciales consolidadas como Labster (Brady et al., 2020; Carroll et al., 2025; Kolodii et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025), entornos inmersivos basados en realidad virtual como OnLabs (Paxinou et al., 2022) y sistemas de HMD VR (Xue et al., 2023), así como desarrollos ad hoc creados para necesidades curriculares específicas (Berenjian et al., 2025). Esta heterogeneidad tecnológica no solo refleja la rápida evolución de las tecnologías educativas, sino que obliga a las instituciones y a los docentes a tomar decisiones de selección en función de las competencias a desarrollar, la infraestructura disponible y el nivel de complejidad experimental requerido en cada curso.

Los LV se caracterizan por affordances tecnológicas que amplían y, en algunos casos, trascienden las posibilidades del laboratorio físico. Entre ellas, los estudios destacan la capacidad de acelerar procesos biológicos (por ejemplo, crecimiento celular, ciclos de vida, procesos ecológicos) y de simular prácticas riesgosas, costosas o con restricciones éticas, como el manejo de agentes biológicos peligrosos o el uso intensivo de animales de laboratorio (Brady et al., 2020; Nili Ahmadabadi & Sahafi, 2024). Esto no solo resuelve problemas logísticos, sino que

permite trabajar con el estudiantado nociones de modelización, control de variables y análisis de escenarios, estrechamente vinculadas con el desarrollo de competencias científicas de alto nivel. Así, el “uso tecnológico” no se reduce a disponer de un software, sino a explotar de manera intencionada estas capacidades para enriquecer la experiencia de indagación en biología.

Por otra parte, la naturaleza digital de los LV introduce un potencial importante en términos de accesibilidad y democratización del aprendizaje, al poder funcionar en computadoras, tabletas o dispositivos móviles y permitir que los estudiantes practiquen desde distintos entornos. Heradio et al. (2016) y Smetana & Bell (2012) subrayan que esta flexibilidad amplía el acceso a experiencias científicas y favorece el desarrollo de competencias investigativas y tecnológicas más allá del tiempo y espacio del laboratorio físico. Sin embargo, la discusión tecnológica también debe considerar las condiciones reales de conectividad, dispositivos y usabilidad, ya que una integración acrítica puede reproducir brechas digitales o generar sobrecarga cognitiva si las interfaces no son intuitivas. En síntesis, el uso tecnológico de los LV en ciencias biológicas se perfila como un mediador clave entre los objetivos curriculares y las condiciones materiales de la educación superior: cuando se seleccionan y diseñan cuidadosamente, estos entornos permiten que la formación científica sea más rica, flexible y equitativa; cuando se desatienden sus requisitos técnicos y de diseño, pueden convertirse en nuevas fuentes de exclusión o frustración para el estudiantado.

Beneficios y limitaciones de los laboratorios virtuales

Beneficios

Los LV ofrecen beneficios cognitivos, afectivos y logísticos interconectados. En el plano cognitivo, mejoran la comprensión conceptual y la retención del conocimiento a largo plazo (Xue et al., 2023), se asocian con un mayor rendimiento académico - especialmente en no especialistas— (Labennett, 2024) y contribuyen al desarrollo de habilidades de investigación (Sipii et al., 2024). Afectivamente, se reporta un aumento en la motivación y el compromiso del estudiante (Griffin et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025). Crucialmente, el beneficio afectivo de la reducción de la ansiedad ante procedimientos complejos Berenjian et al. (2025) es una consecuencia directa de la *affordance* logística de un entorno seguro que permite la repetición ilimitada y la práctica sin consecuencias (Brady et al., 2020). Esta seguridad, junto a la rentabilidad y el acceso a equipos costosos o experimentos imposibles, constituye una ventaja logística fundamental (Berenjian et al., 2025; Brady et al., 2020).

Limitaciones

Las limitaciones más significativas son de carácter pedagógico, técnico y contextual. La crítica pedagógica más recurrente es la falta de desarrollo de habilidades manuales y táctiles, esenciales en ciencias biológicas (Nili Ahmadabadi & Sahafi, 2024; Serrano-Perez et al., 2021). Adicionalmente, el uso individual de los LV puede disminuir la interacción social entre pares y con el instructor, un aspecto crítico, pero poco investigado (Griffin et al., 2025; Reeves & Crippen, 2020). Técnicamente, persisten barreras de acceso a hardware y conexión a internet

estable, y un diseño deficiente puede generar sobrecarga cognitiva (Maratkyzy et al., 2025; Nili Ahmadabadi & Sahafi, 2024). Contextualmente, la preferencia por un tipo de laboratorio puede variar según el perfil del estudiante (Serrano-Perez et al., 2021). Además, aunque los estudios reportan aumentos en la motivación (Griffin et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025), la crítica de Reeves & Crippen (2020) sobre el "efecto novedad" sugiere que estos resultados deben interpretarse con cautela, pues podrían estar inflados artificialmente en estudios a corto plazo.

En cuanto a las limitaciones curriculares, los hallazgos muestran que la integración de laboratorios virtuales depende del soporte tecnológico y del soporte económico institucional. Aunque existen opciones de uso libre, su alcance es limitado, mientras que las plataformas más completas implican altos costos. Estas restricciones coinciden con lo reportado por Guzmán et al. (2025) Guzmán et al. (2025) y Kolodii et al. (2025), quienes destacan que la brecha tecnológica condiciona su sostenibilidad curricular.

Los beneficios y limitaciones del uso de LV en ciencias biológicas revela que estos recursos tienen el potencial de transformar la educación superior, pero su efectividad depende de cómo se implementen dentro del currículo. Si bien los beneficios cognitivos, afectivos y logísticos son claros, las limitaciones pedagógicas y técnicas requieren una atención cuidadosa en el diseño curricular para asegurar que los LV no solo complementen, sino que enriquecen la experiencia de aprendizaje sin perder la conexión con las habilidades prácticas, la interacción social y la equidad en el acceso a la tecnología.

Recomendaciones prácticas

A partir del análisis de la evidencia, se desprende que la implementación de LV no debe ser una decisión meramente tecnológica, sino una herramienta pedagógica deliberada. Para maximizar sus beneficios y mitigar sus limitaciones, se proponen las siguientes recomendaciones prácticas:

1. Adoptar un modelo de implementación combinado o complementario

La evidencia mayoritaria converge en que el uso más efectivo de los LV es como complemento al laboratorio presencial. Se recomienda su utilización para preparar a los estudiantes antes de las sesiones prácticas y para reforzar conceptos después de ellas, capitalizando lo mejor de ambos mundos (Griffin et al., 2025; Maratkyzy et al., 2025; Paxinou et al., 2022; Serrano-Perez et al., 2021).

2. Considerar la sustitución completa solo en contextos específicos

La sustitución total ha demostrado ser altamente efectiva para cursos introductorios dirigidos a estudiantes no especialistas. En este contexto, donde el objetivo principal es la comprensión conceptual sobre el desarrollo de habilidades técnicas, la implementación de LV como única modalidad podría ser una política institucional viable (Labennett, 2024).

3. Priorizar el diseño instruccional y el apoyo docente

La efectividad de los laboratorios virtuales depende de un diseño pedagógico sólido que articule guías claras, rúbricas, trabajo colaborativo y retroalimentación continua, tal como proponen Delgado et al. (2021)). Además, es necesario fomentar la interacción social para mitigar el aislamiento que pueden generar estas

modalidades (Reeves & Crippen, 2020). Paralelamente, la formación docente resulta indispensable para garantizar un uso competente y reflexivo de los LV dentro del currículo (Labennett, 2024). Finalmente, la promoción de bibliotecas abiertas y recursos compartidos entre instituciones puede fortalecer la sostenibilidad y accesibilidad de estas herramientas (Myburgh, 2022).

4. Fomentar futuras líneas de investigación

Se han identificado brechas importantes en la literatura. Es necesario realizar más estudios longitudinales que evalúen la retención a largo plazo y la transferencia de habilidades al entorno físico (Berenjian et al., 2025; Xue et al., 2023). Esta necesidad se ve acentuada por la posibilidad de que el "efecto novedad" infle los resultados motivacionales a corto plazo (Reeves & Crippen, 2020). Asimismo, se requiere más investigación cualitativa para comprender en profundidad la experiencia del estudiante y la dinámica social del aprendizaje.

En síntesis, la integración de los laboratorios virtuales debe ser una decisión estratégica y pedagógicamente fundamentada, que considere el contexto, los objetivos de aprendizaje y las necesidades del estudiantado.

VI. CONCLUSIONES

El análisis evidencia que los laboratorios virtuales fortalecen el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias biológicas al facilitar la comprensión conceptual, potenciar la motivación y favorecer procesos cognitivos profundos. Desde la enseñanza, permiten planificar experiencias alineadas con competencias científicas y aplicar metodologías activas que articulan teoría y práctica simulada. Desde el aprendizaje, incrementan la participación, la autonomía y el razonamiento investigativo mediante retroalimentación inmediata y práctica segura. Su integración curricular exige un diseño didáctico sólido y criterios tecnológicos claros, consolidando currículos más flexibles, motivadores e innovadores orientados al desarrollo de competencias científicas en educación superior.

En relación con el uso pedagógico-didáctico, los LV actúan como herramientas que potencian el aprendizaje activo al involucrar al estudiante en procesos de razonamiento, análisis y toma de decisiones. Pedagógicamente, fortalecen la preparación conceptual previa al laboratorio presencial, promueven la participación y facilitan la práctica repetida en entornos seguros. Didácticamente, permiten al docente diseñar experiencias alineadas con competencias científicas, estructurar secuencias con niveles progresivos de complejidad e integrar metodologías activas como la indagación guiada, el ABP y la clase invertida. Estos entornos favorecen además habilidades de orden superior, consolidando un enfoque formativo más autónomo, flexible y centrado en el estudiante.

En relación con el uso tecnológico, los LV amplían las posibilidades del trabajo experimental mediante plataformas diversas (desde simulaciones 3D hasta entornos inmersivos de realidad virtual), que permiten representar procesos complejos,

acelerar fenómenos biológicos y simular prácticas riesgosas o de alto costo. Estas *affordances* favorecen la exploración autónoma, la manipulación segura de variables y el desarrollo de competencias investigativas. Asimismo, su disponibilidad en múltiples dispositivos mejora la accesibilidad y democratiza la experiencia científica, ampliando la participación estudiantil. No obstante, su integración requiere considerar criterios de usabilidad, infraestructura tecnológica y soporte institucional para garantizar experiencias formativas coherentes y sostenibles.

Los beneficios y limitaciones sobre el uso de laboratorios virtuales presentan un equilibrio claro entre beneficios y limitaciones. Por un lado, fortalecen la motivación, confianza, la comprensión conceptual y la accesibilidad al permitir la práctica segura, repetible y flexible de procedimientos complejos. Por otro, muestran limitaciones en el desarrollo de habilidades psicomotoras finas, pueden reducir la interacción social y dependen fuertemente de la infraestructura tecnológica disponible. La efectividad de los laboratorios virtuales está condicionada por el contexto institucional y las características del estudiantado, lo que subraya la necesidad de integrarlos de manera complementaria y estratégicamente planificada dentro del currículo.

En cuanto a las recomendaciones prácticas para el uso de laboratorios virtuales, se requiere un enfoque pedagógico estratégico que trascienda la mera adopción tecnológica. El análisis evidencia la necesidad de implementar modelos combinados que integren actividades de pre-laboratorio y refuerzo, respaldados por un diseño instruccional claro con guías, retroalimentación y espacios de interacción. Asimismo, la formación docente se reconoce como un componente esencial para

asegurar un uso competente y reflexivo de estas herramientas. Finalmente, resulta indispensable mejorar la usabilidad de las plataformas y fomentar recursos compartidos entre instituciones, a fin de garantizar su accesibilidad y sostenibilidad dentro del currículo.

VII. RECOMENDACIONES

Para las instituciones

Favorecer la implementación de LV mediante inversión tecnológica y soporte continuo.

Establecer políticas que integren los LV como parte estable del ecosistema formativo.

Para los responsables curriculares

Incluir los LV en el currículo de ciencias biológicas como herramientas de pre-laboratorio y refuerzo.

Promover modelos híbridos que combinen simulación y práctica presencial.

Para los docentes

Recibir capacitación en diseño instruccional y uso pedagógico de LV.

Elaborar actividades guiadas con retroalimentación clara e interacción entre estudiantes.

Para desarrolladores y equipos técnicos

Mejorar la usabilidad y accesibilidad de las plataformas.

Impulsar repositorios y recursos compartidos entre instituciones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Odón, F. (2023). Investigación documental, investigación bibliométrica y revisiones sistemáticas. *REDHECS: Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, ISSN-e 1856-9331, Vol. 31, No. 22, 2023, Págs. 9-28, 31(22), 9–28.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9489470&info=resumen&idioma=ENG>
- Ausubel, D. P. (1981). *Psicología educativa*.
https://www.google.com.pe/books/edition/Psicolog%C3%ADa_educativa/nd7aAAAACAAJ?hl=es
- Berenjian, A., Seifan, M., Kipper, M. J., & Robertson, N. (2025). A pedagogical case study on enhancing laboratory proficiency through virtual mammalian cell culture laboratory. *Education for Chemical Engineers*, 54, 100494.
<https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.10.004>
- Booth, Andrew., Sutton, Anthea., & Papaioannou, Diana. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review*. Sage.
- Bowen, G. A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
<https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Brady, E., Reeves, S., Maden, M., & Harfe, B. D. (2020). *Design, construction, and advantages of 100% online laboratories in an upper division undergraduate biology course*. <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.424788>
- 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>
- Carroll, J. S., Najafi, H., & Steiner, M. (2025). Evaluating the effectiveness of virtual laboratory simulations for graduate-level training in genetic methodologies. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 53(4), 422–432. <https://doi.org/10.1002/bmb.21898>
- 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/SUPPL_FILE/305.MP3
- Delgado, T., Bhark, S., & Donahue, J. (2021). Pandemic Teaching : Creating and teaching cell biology labs online during COVID-19. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 49(1), 32–37.
<https://doi.org/10.1002/bmb.21482>
- Deriba, F. G., Saqr, M., & Tukiainen, M. (2024). Assessment of accessibility in virtual laboratories: a systematic review. *Frontiers in Education*, 9(1351711). <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1351711>
- Dewey, J. (1997). *Experience and education / by John Dewey*.
https://books.google.com/books/about/Experience_And_Education.html?id=x4pf7yktCS4C

- Durkaya, F. (2023). Virtual laboratory use in science education with digitalization. *Hungarian Educational Research Journal*, 13(2), 189–211. <https://doi.org/10.1556/063.2022.00141>
- Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M., & Wasson, B. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: a systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environments*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S40561-023-00244-Y/METRICS>
- 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>
- Gómez, V., Chediack, J. G., Fernández Marinone, G., Jeréz, M. B., & Pérez Iglesias, J. M. (2019). *Disponibilidad de Recursos Abiertos para la Enseñanza y Aprendizaje de la Biología Celular a nivel universitario*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/110987>
- Gough, David., Oliver, Sandy., & Thomas, James. (2017). *An introduction to systematic reviews*. SAGE.
- Griffin, C. S., Loughran, S., Kelly, B., Healy, E., Lambe, G., van Rossum, A., Murphy, B., Moore, E., Burke, C., Morrin, A., Breslin, C., Heaney, F., Rooney, D., Bree, R., & Drumm, B. T. (2025). Virtual laboratories complement but should not replace face-to-face classes: perceptions of life science students at Dundalk Institute of Technology, Ireland. *Advances in Physiology Education*, 49(2), 314–330. <https://doi.org/10.1152/advan.00227.2024>
- Guzmán, J. L., Rodríguez-Miranda, E., Berenguel, M., Ación, F. G., & García-Gallardo, J. (2025). A Web-Based Virtual Lab for Microalgae Raceway Photobioreactors: Enhancing Modeling and Control Education. *IFAC-PapersOnLine*, 59(7), 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.08.019>
- Heradio, R., De La Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2016.03.010>
- Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Huerta Rosales, M., Penadillo Lirio, R., & Kaqui Valenzuela, M. (2017). Construcción del currículo universitario con enfoque por competencias. Una experiencia participativa de 24 carreras profesionales de la UNASAM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74, 83–106. <https://doi.org/10.35362/rie740609>
- Jonassen, D. H. (2022). Computers as mindtools for schools : engaging critical thinking. (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796061633536>

- Kashaka, N. D. (2024). Virtual Laboratories in Science Education: Benefits and Challenges. *Eurasian Experiment Journal of Scientific and Applied Research*, 5, 21–25. <https://www.eejournals.org>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, David A. Kolb, Prentice-Hall International, Hemel Hempstead, Herts., 1984. No. of pages: xiii + 256. *Journal of Organizational Behavior*, 8(4), 359–360.
https://books.google.com/books/about/Experiential_Learning.html?hl=es&id=zXruAAAAMAAJ
- Kolodii, V., Koreneva, I., Prokopenko, N., Huda, O., & Shaforost, Y. (2025). Development of interactive virtual laboratories for distance learning in natural sciences. *Eduweb*, 19(3), 153–168.
<https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2025.19.03.10>
- Kozcu Cakir, N., Guven, G., & Celik, C. (2021). Integration of Mobile Augmented Reality (MAR) Applications into the 5E Learning Model in Biology Teaching. *International Journal of Technology in Education*, 4(1), 93–112. <https://doi.org/10.46328/ijte.82>
- Labennett, T. R. (2024). *Replacing Traditional Hands-On Labs With Virtual Labs for Biology Nonmajors* [Walden University].
https://eric.ed.gov/default.aspx?ffl=pubDissertations%2FTheses+-+Doctoral+Dissertations&id=ED663239&pg=3&q=descriptor%3A%22Biology%22&utm_source=chatgpt.com
- Lara Ramírez, L. E., Pérez Vega, M. I., Villalobos Gutiérrez, P. T., Orozco López, J. O., & López Reyes, L. J. (2022). Uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje activo. *Ciencia Latina: Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4211–4223.
https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V6I1.1794
- Lustosa Rosario, A. C., Yaacov, B. Ben, Franco Segura, C., Arias Ortiz, E., Heredero, E., Botero, J., Brothers, P., Payva, T., & Spies, M. (2021). *Higher Education Digital Transformation in Latin America and the Caribbean*.
<https://doi.org/10.18235/0003829>
- Maglio, C., Williams, M., & Camponeschi, A. (2025). Biology wet lab e-learning during and after the COVID-19 pandemic: A review of student learning and experiences. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 53(4), 445–454. <https://doi.org/10.1002/bmb.21897>
- Makransky, G., Mayer, R. E., Veitch, N., Hood, M., Christensen, K. B., & Gadegaard, H. (2019). Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class. *PLOS ONE*, 14(4), e0214944.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214944>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236.
<https://doi.org/10.1016/J.LEARNINSTRUC.2017.12.007>
- 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). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0155895>

- Maratkyzy, N., Sharipkhanova, A., Salybekova, N., Burunbetova, K., Igissinova, Z., & Tursymatova, O. (2025). Formation of environmental competence of students using virtual laboratories in the training of biology teachers with the Labster. *Cogent Education*, 12(1).
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2580155>
- Mayer, R. E. . (2021). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Meneses Benavides, G. A., & Ordosgoitia Morales, C. E. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP. *Revista Digital Educación En Ingeniería*, 4(7), 62–73.
<https://doi.org/10.26507/REI.V4N7.74>
- Mera, G. C., & Benarroch, A. B. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 42, 109–129.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>
- Mercado, J., & Picardal, J. P. (2023). Virtual Laboratory Simulations in Biotechnology: A Systematic Review. *Science Education International*, 34(1), 52–57. <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i1.6>
- 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>
- Myburgh, P. H. (2022). Reflecting on the Creation of Virtual Laboratory Experiences for Biology Students. *Frontiers in Education*, 7.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.796840>
- Nili Ahmadabadi, M. R., & Sahafi, B. (2024). The Potential of Virtual Laboratories in Enhancing Biology Learning. *The International Journal of Learning Space Studies (IJLSS)*, 2024(4), 66–83.
<https://doi.org/10.22034/lss.2024.474281.1019>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papaconstantinou, M., Kilkenny, D., Garside, C., Ju, W., Najafi, H., & Harrison, L. (2020). Virtual Lab Integration in Undergraduate Courses: Insights from Course Design and Implementation. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 46(3). <https://doi.org/10.21432/cjlt27853>
- Papalazarou, N., Lefkos, I., & Fachantidis, N. (2024). The Effect of Physical and Virtual Inquiry-Based Experiments on Students' Attitudes and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 33(3), 349–364.
<https://doi.org/10.1007/s10956-023-10088-3>
- Paxinou, E., Georgiou, M., Kakkos, V., Kalles, D., & Galani, L. (2022). Achieving educational goals in microscopy education by adopting virtual reality labs on top of face-to-face tutorials. *Research in Science & Technological Education*, 40(3), 320–339.
<https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1790513>
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>

- Piaget, J., Tomlinson, J., & Tomlinson, A. (1964). The child's conception of the world [Trans. by Joan and Andrew Tomlinson]. *International Library of Psychology, Philosophy, and Scientific Method*, 379 p. 1.
https://books.google.com/books/about/The_Child_s_Conception_of_the_World.html?id=hhDQeE8rWIUC
- Prince, M. (2004a). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Prince, M. (2004b). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Reeves, S. M., Bolch, C. A., Bex, R. T., & Crippen, K. J. (2024). Learner experience and motivational beliefs for a VR Lab in advanced undergraduate biology. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 7156–7169.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2307601>
- Reeves, S. M., & Crippen, K. J. (2020). Virtual Laboratories in Undergraduate Science and Engineering Courses: a Systematic Review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 16–30.
<https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0>
- Resolución de Consejo Directivo N.º 142-2022-SUNEDU/CD (2022).
<https://www.gob.pe/institucion/sunedu/normas-legales/3808062-142-2022-sunedu-cd>
- Resolución Del Consejo Directivo N° 105-2020-SUNEDU/CD, Que Aprueba Disposiciones Para La Prestación Del Servicio Educativo Superior Universitario Bajo Las Modalidades Semipresencial y a Distancia (2020).
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1879494-1>
- Rizo Maradiaga, J. del S. (2015). *Técnicas de investigación documental* (UNAN, Ed.). UNAN-FAREM Matagalpa.
<http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/12168>
- Romero-Saritama, J. M., Llorente-Cejudo, C., Rodríguez, A. P., & Kalinhoff, C. (2024). Microlearning in the university classroom: use of virtual simulator in biology. *EduTec*, 88, 24–41. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.88.3105>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Salmerón-Manzano, E., & Manzano-Agugliaro, F. (2018). The Higher Education Sustainability through Virtual Laboratories: The Spanish University as Case of Study. *Sustainability 2018, Vol. 10, Page 4040*, 10(11), 4040.
<https://doi.org/10.3390/SU10114040>
- Sellberg, C., Nazari, Z., & Solberg, M. (2024a). Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2. <https://doi.org/10.23865/NJSRE.V2.5766>
- Sellberg, C., Nazari, Z., & Solberg, M. (2024b). Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2. <https://doi.org/10.23865/njsre.v2.5766>
- Serrano-Perez, J. J., González-García, L., Flacco, N., Taberner-Cortés, A., García-Arnandis, I., Pérez-López, G., Pellín-Carcelén, A., & Romá-Mateo, C. (2021). Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education.

- Journal of Biological Education*, 57(1), 36–50.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877776>
- Silva-Quiroz, J., Riosco Pais, M. H., & Aranda Faúndez, G. (2023). Nivel de Competencia digital de estudiantes de primer año de formación inicial docente: una mirada desde las variables de género y centro educativo. *PIXEL - BIT. Revista de Medios y Educación*, 68, 155–157.
<https://doi.org/https://doi.org/10.12795/pixelbit.101081>
- Sipii, V., Kurtiak, F., Mykhaliuk, I., Hryhorchuk, I., & Zasiiekina, T. (2024). Virtual laboratories as a means of increasing accessibility of biological education in Ukraine. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 12(4), 627–636. <https://doi.org/10.21533/pen.v12.i4.64>
- 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>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (4th ed.).
- Udin, W. N., Ramli, M., & Muzzazinah. (2020). Virtual laboratory for enhancing students' understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: a systematic review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4), 042025.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042025>
- UNESCO. (2023). Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién? In Global Education Monitoring Report Team (Ed.), *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién?* GEM Report UNESCO.
<https://doi.org/10.54676/neds2300>
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
https://books.google.com.pe/books/about/Mind_in_Society.html?id=RxjjUefze_oC&redir_esc=y
- Xue, F., Guo, R., Yao, S., Wang, L., & Ma, K.-L. (2023). From Artifacts to Outcomes: Comparison of HMD VR, Desktop, and Slides Lectures for Food Microbiology Laboratory Instruction. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–17.
<https://doi.org/10.1145/3544548.3580913>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/J.LEARNINSTRUC.2010.03.001>

IX. ANEXOS

Matriz de consistencia

Pregunta de indagación	Justificación	Objetivos	Categorías de análisis	Metodología	Fuentes de información	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Ante la necesidad de metodologías innovadoras que favorezcan el aprendizaje significativo en ciencias biológicas, surge la pregunta:	El uso de laboratorios virtuales mejora la comprensión conceptual y motiva a los estudiantes en entornos con recursos limitados (Byukusenge <i>et al.</i> , 2022). Sin embargo, su implementación requiere infraestructura digital adecuada (Kashaka, 2024) y	General: ●Analizar el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas en educación superior, para proponer recomendaciones que optimicen su integración en el currículo. Específicos: ●Describir el uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en	●Uso pedagógico-didáctico de los laboratorios virtuales. ●Uso tecnológico de los laboratorios virtuales. ●Beneficios y limitaciones sobre el uso de laboratorios virtuales.	Enfoque cualitativo y de tipo documental.	Se recolectarán investigaciones indexadas y no indexadas en bases de datos como: Scopus, ScienceDirect, ERIC y Google Scholar.	Se seleccionarán estudios publicados entre 2020 y 2025 que aborden el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza - aprendizaje de las ciencias biológicas en la educación superior, según las categorías de análisis establecidas.	Se excluyeron las investigaciones que no se ajustaban a las categorías de análisis establecidas.

<i>¿De qué manera el uso de los laboratorios virtuales contribuye a la enseñanza de las ciencias biológicas en la educación superior?</i>	aún existen pocas simulaciones específicas para biología (Durkaya, 2023), lo que justifica explorar el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza - aprendizaje de las ciencias biológicas.	educación superior. ●Describir el uso tecnológico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas en educación superior. ●Identificar los beneficios y limitaciones sobre el uso de laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas. ●Proponer recomendaciones prácticas para el uso de los laboratorios virtuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias biológicas.
Responder esta interrogante permitirá proponer recomendaciones que optimicen su integración en el currículo.		
