Praxis
ISSN 1657-4915 (Print)
ISSN 2389-7856 (Web)
Praxis / Vol. 22, No. 2 / abril - junio 2026 / 154 - 176.
DOI: https://doi.org/10.21676/23897856.7002

Laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales: revisión sistemática

Virtual laboratories and simulators in science education: Systematic review

Jorge Iván Saumeth-De Las Salas [1], **Blanca Johanna Pérez-Fernández** [2]

RESUMEN

En la última década, los laboratorios virtuales y los simuladores se han consolidado como una alternativa eficaz para apoyar la enseñanza de las ciencias, sobre todo, en contextos con limitaciones de infraestructura. Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura publicada entre 2015 y 2025 en Scopus, SciELO, Redalyc y Dialnet, con el propósito de sintetizar la evidencia sobre su uso en educación secundaria. La búsqueda inicial recuperó 4.154 registros y, tras el cribado siguiendo la guía PRISMA, 50 artículos cumplieron los criterios de inclusión. El análisis consideró la metodología, el diseño de investigación, las áreas disciplinares y los tipos de simuladores. Los resultados evidencian el predominio de enfoques cuantitativos y diseños cuasiexperimentales, centrados en física y química, con un uso recurrente de simuladores de libre acceso como PhET. Sin embargo, persisten vacíos relacionados con la diversidad metodológica, la incorporación de perspectivas cualitativas y la menor presencia de estudios en biología. En conjunto, los hallazgos confirman que los laboratorios virtuales son un recurso clave para ampliar el acceso a la ciencia y fortalecer las competencias científicas en secundaria, pero subrayan la necesidad de una mejor integración curricular, mayor formación docente y políticas que garanticen el acceso equitativo a recursos digitales.

Palabras clave: laboratorios virtuales; simuladores educativos; enseñanza secundaria; educación científica; revisión sistemática.

ABSTRACT

Over the last decade, virtual laboratories and simulators have become an effective alternative for supporting science teaching, especially in contexts with infrastructure limitations. This article presents a systematic literature review of studies published between 2015 and 2025 in Scopus, SciELO, Redalyc, and Dialnet, with the aim of synthesizing the evidence on their use in secondary education. The initial search retrieved 4,154 records and, after screening in accordance with the PRISMA guidelines, 50 articles met the inclusion criteria. The analysis considered methodology, research design, disciplinary areas, and types of simulators. The results reveal the predominance of quantitative approaches and quasi-experimental designs, mainly focused on physics and chemistry, with recurring use of open-access simulators such as PhET. However, gaps remain in terms of methodological diversity, the incorporation of qualitative perspectives, and the limited presence of studies in biology. Overall, the findings confirm that virtual laboratories are a key resource for expanding access to science and strengthening scientific competences in secondary education, while also highlighting the need for better curricular integration, stronger teacher training, and policies that ensure equitable access to digital resources.

Keywords: virtual laboratories; educational simulators; secondary education; science education; systematic review.

Tipo de artículo:
Artículo de revisión

Recibido: 19 de noviembre de 2025
Aceptado: 04 de mayo de 2026
Publicado: 19 de junio de 2026

Citación norma APA: Pérez, B. y Saumeth, J. (2026). Laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales: revisión sistemática. *Praxis, 22*(2). 154-176. https://doi.org/10.21676/23897856.7002

Correspondencia:
Jorge Iván Saumeth De Las Salas
acampoa@unimagdalena.edu.co

Derechos de autor: © 2026 de los autores. Publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY NC SA)

1. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. jorgeivanss@ufps.edu.co. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5364-2777
2. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. johannaperez@ufps.edu.co. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2366-0952

INTRODUCCIÓN

En la última década, la enseñanza de las ciencias ha incorporado de manera creciente recursos digitales orientados a enriquecer los procesos de aprendizaje; entre ellos, los laboratorios virtuales y los simuladores han adquirido especial relevancia, ya que permiten representar fenómenos que, en condiciones ordinarias de aula, resultan difíciles de observar o experimentar directamente. Además, ofrecen alternativas frente a problemáticas frecuentes en los contextos escolares, como la escasa dotación de laboratorios, las limitaciones de infraestructura y los riesgos asociados al manejo de sustancias o equipos especializados (Bonilla León *et al*., 2021; Ramírez Montoya, 2021; Ríos Muñoz y Soto Araújo, 2024). Su carácter interactivo favorece experiencias de aprendizaje más dinámicas, en las que los estudiantes pueden comprender conceptos complejos, desarrollar competencias científicas y aumentar su motivación hacia el estudio de las ciencias (Ramírez Calderón, 2022).

En el ámbito universitario, diversos estudios han documentado beneficios asociados al uso de estos recursos, entre ellos la mejora en la comprensión de procesos complejos y el fortalecimiento de la autonomía del estudiante (Infante Jiménez, 2014; Elmoazen *et al*., 2023; Sellberg *et al.*, 2024). No obstante, distintos autores coinciden en que la mayor parte de la investigación sobre laboratorios virtuales se ha concentrado en la educación superior, lo que deja un vacío importante en el nivel de secundaria. En esta línea, Durkaya y Aydin (2023), y Franco Moreno *et al*. (2017) destacan la escasa representación de estudios desarrollados en contextos escolares. De manera similar, Carvajal Tobón (2024), y Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) evidencian que la producción científica en este campo ha privilegiado escenarios universitarios, mientras que Ramírez Calderón (2022) señala que la educación media continúa siendo un espacio insuficientemente explorado para el uso sistemático de simuladores en ciencias.

En América Latina, esta problemática adquiere una relevancia particular, dado que los simuladores y laboratorios virtuales representan una posibilidad concreta para ampliar el acceso a experiencias científicas en instituciones con recursos limitados (Chamba Rivera, 2022; Trujillo Yaipén *et al.*, 2023). En contextos donde no existen laboratorios físicos adecuados, estas herramientas permiten acercar a los estudiantes a la experimentación, promover procesos de indagación y favorecer la resolución de problemas. Así lo muestran, por ejemplo, Arroba Arroba y Acurio Maldonado (2021), quienes reportaron mejoras en el aprendizaje significativo de la química orgánica, y Rivera Vargas (2019), quien evidenció un incremento en la motivación y en las actitudes científicas a partir del uso de laboratorios virtuales mediados por TIC. Sin embargo, su efectividad no depende exclusivamente del recurso tecnológico, sino también de la planificación didáctica y del acompañamiento docente que orienta su uso en el aula (Álvarez-Lires *et al.*, 2017; Campos Mera y Benarroch Benarroch, 2024; Carvajal Tobón, 2024).

A partir de este contexto, diferentes investigaciones han profundizado en el análisis del papel que desempeñan los laboratorios virtuales dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En términos generales, estos estudios coinciden en que dichas herramientas no solo facilitan la simulación de fenómenos naturales, sino también la manipulación de variables y la observación de resultados en entornos controlados, lo que favorece habilidades vinculadas al pensamiento científico. En este sentido, Durkaya y Aydin (2023) sostienen que la integración de laboratorios virtuales responde al avance de la digitalización educativa y a la necesidad de generar entornos de aprendizaje más interactivos. Del mismo modo, Sellberg *et al.* (2024) destacan que estos recursos han sido ampliamente utilizados en disciplinas STEM, al posibilitar experiencias centradas en la exploración, la experimentación y la construcción activa del conocimiento.

El creciente interés por los laboratorios virtuales también se refleja en la producción de revisiones sistemáticas orientadas a analizar su impacto en la educación científica. Trabajos como los de Elmoazen *et al*. (2023) y Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) evidencian un aumento significativo en las investigaciones dedicadas a estudiar estos entornos digitales. En conjunto, estas revisiones destacan que los laboratorios virtuales pueden contribuir a mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes, favorecer la participación en actividades científicas y apoyar metodologías pedagógicas más activas. Asimismo, indican que tales herramientas permiten registrar y analizar datos de interacción estudiantil, lo que abre nuevas posibilidades para comprender los procesos de aprendizaje en entornos digitales.

En esta revisión se integran los términos «laboratorios virtuales» y «simuladores» porque la literatura no siempre los diferencia con claridad, aunque no designan exactamente el mismo tipo de recurso. Mientras los simuladores suelen centrarse en la representación interactiva de fenómenos, variables o procesos específicos, los laboratorios virtuales remiten con mayor frecuencia a entornos más amplios de experimentación digital que buscan reproducir procedimientos y dinámicas propias del trabajo de laboratorio. Su inclusión conjunta permite abarcar con mayor precisión la diversidad de recursos tecnológicos empleados en la enseñanza de las ciencias en educación secundaria y evitar la exclusión de estudios relevantes que utilizan denominaciones distintas para herramientas afines.

De forma complementaria, diversas investigaciones han analizado la relación entre el uso de simuladores y el desarrollo de competencias científicas específicas. Ríos Muñoz y Soto Araújo, (2024) muestran que la utilización de simuladores en el aula puede fortalecer la capacidad de los estudiantes para explicar fenómenos naturales mediante la interpretación de evidencias y la formulación de argumentos científicos. De manera similar, Trujillo Yaipén *et al.* (2023) señalan que estos recursos favorecen procesos de indagación científica al permitir que los estudiantes planteen hipótesis, exploren diferentes escenarios experimentales y analicen los resultados obtenidos durante las actividades de simulación.

En el contexto escolar también se han desarrollado investigaciones orientadas a evaluar el uso de laboratorios virtuales como estrategia didáctica para fortalecer diversas competencias en ciencias naturales. Carvajal Tobón (2024) evidencia que la incorporación de estas herramientas puede favorecer el desarrollo de habilidades argumentativas al promover la discusión de resultados y la construcción de explicaciones científicas fundamentadas. De igual manera, Arroba Arroba y Acurio Maldonado (2021) resaltan que estos entornos digitales facilitan la comprensión de contenidos complejos mediante representaciones visuales e interactivas que permiten observar procesos que resultan difíciles de reproducir en el laboratorio tradicional.

Asimismo, algunas propuestas pedagógicas han planteado la integración de los laboratorios virtuales dentro de estrategias didácticas más amplias orientadas al desarrollo del pensamiento científico. Un ejemplo de ello es la propuesta de Ramírez Calderón (2022), la cual evidencia que la combinación de herramientas digitales con metodologías activas puede fortalecer la capacidad de los estudiantes para investigar, analizar información y construir explicaciones científicas. De igual manera, iniciativas educativas como la de Rivera Vargas (2019) exponen la importancia de integrar recursos tecnológicos y actividades experimentales en el aula, con el fin de promover el interés de los estudiantes por la ciencia y la investigación.

En este contexto, resulta pertinente realizar una revisión sistemática de la literatura que permita analizar las principales investigaciones relacionadas con el uso de laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales en educación secundaria. Este tipo de análisis permite identificar tendencias metodológicas, disciplinares y tecnológicas, así como reconocer los aportes y limitaciones

presentes en los estudios existentes y las oportunidades que estas herramientas ofrecen para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en contextos educativos contemporáneos.

La trascendencia de esta revisión sistemática radica en identificar los patrones pedagógicos y metodológicos presentes en los estudios primarios sobre laboratorios virtuales y simuladores en educación secundaria, con el fin de comprender cómo estas herramientas han sido integradas en la enseñanza de las ciencias más allá de un uso meramente instrumental. En este sentido, la sistematización de la producción científica de la última década no se limita a describir tecnologías o plataformas, sino que permite reconocer tendencias de integración curricular, vacíos de investigación y orientaciones relevantes para el diseño de políticas de digitalización educativa en el área de ciencias. Asimismo, el estudio aporta una mirada que sitúa a los laboratorios virtuales y simuladores no solo como sustitutos del laboratorio físico, sino también como recursos con potencial para favorecer el aprendizaje científico y ampliar las oportunidades de acceso a experiencias experimentales en contextos atravesados por limitaciones de infraestructura y brechas tecnológicas.

METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló siguiendo las etapas de una revisión sistemática de la literatura. Para estructurar el proceso de búsqueda, selección, análisis y síntesis de la información, se tomaron como referencia las fases metodológicas propuestas por Petticrew y Roberts (2006), quienes establecen una guía práctica para realizar revisiones sistemáticas en las ciencias sociales y educativas de manera transparente y replicable. Estas fases abarcan desde formular las preguntas de investigación hasta decidir dónde y cómo buscar la información, aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y finalmente ordenar y resumir los hallazgos. En la Tabla 1 se presentan estas fases de manera resumida.

Tabla 1. Fases de la revisión sistemática aplicada en este estudio.

Fase	Descripción general
1. Formulación de la pregunta	Definición de la pregunta de investigación y términos clave
2. Protocolo de revisión	Diseño del procedimiento y criterios de inclusión/exclusión
3. Estrategia de búsqueda	Selección de bases de datos y términos
4. Identificación de documentos	Recuperación de resultados iniciales
5. Cribado inicial	Revisión de títulos y resúmenes
6. Evaluación a texto completo	Aplicación de criterios de inclusión/exclusión
7. Extracción de datos	Registro de información clave de los estudios
8. Valoración metodológica	Evaluación de la calidad y pertinencia
9. Síntesis	Organización de la información en categorías
10. Redacción del informe	Elaboración del manuscrito con resultados y discusión

Fuente: elaboración propia basado en Petticrew y Roberts (2006).

Para el análisis de contenido de los 50 artículos incluidos se empleó la técnica de análisis documental mediante una matriz de categorización elaborada en Excel. Esta matriz permitió organizar y sistematizar la información a partir de cuatro criterios de análisis: metodología, diseño de investigación, áreas disciplinares, y tipología de laboratorios virtuales y simuladores

Estrategia de búsqueda y bases de datos

En primera instancia se formuló la pregunta de investigación que orientó todo el proceso: ¿Cuál es el estado actual de la investigación sobre laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales en educación secundaria, considerando sus enfoques metodológicos, las áreas disciplinares y las herramientas tecnológicas empleadas?

Con el fin de localizar la producción científica más reciente, se elaboraron ecuaciones de búsqueda específicas para cada base consultada. En Scopus, por ejemplo, se aplicaron las siguientes cadenas en la opción de búsqueda avanzada:

TITLE-ABS-KEY "virtual laboratory" OR "educational simulator" OR "science simulator") AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026.

TITLE-ABS-KEY ("virtual laboratory" OR "educational simulator" OR "science simulator") AND TITLE-ABS-KEY ("secondary education" OR "high school" OR "secondary school" OR "educación media" OR "educación secundaria") AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR <2026.

En bases como SciELO, Redalyc y Dialnet se emplearon combinaciones equivalentes de estos mismos descriptores (“virtual laboratory”, “educational simulator”, “science education”, “secondary education”). Sin embargo, debido a las limitaciones de sus motores de búsqueda, las cadenas no podían estructurarse de forma tan compleja como en Scopus.

Los criterios de inclusión consideraron estudios: **1)** publicados entre 2015 y 2025; **2)** escritos en inglés y español; **3)** con acceso completo al texto; **4)** enfocados en educación secundaria o equivalente; y **5)** que emplearan laboratorios virtuales o simuladores digitales en la enseñanza de las ciencias naturales.

Se excluyeron aquellos trabajos: **1)** duplicados o de carácter meramente teórico sin aplicación educativa; **2)** correspondientes a educación superior o primaria; **3)** que no abordaran competencias científicas o aprendizajes relacionados con fenómenos naturales; y **4)** publicaciones sin revisión por pares (por ejemplo, resúmenes de congresos o informes institucionales).

Proceso de selección y cribado

La búsqueda inicial recuperó 4.154 registros (2.646 en Scopus, 642 en Redalyc, 50 en SciELO, 766 en Dialnet y 50 en otros repositorios). Tras aplicar el filtro de nivel educativo (secundaria), se eliminaron 3.852 documentos, quedando 302 para una revisión más detallada. En una primera fase de cribado, se revisaron los títulos y resúmenes aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, con lo cual se descartaron 223 documentos por falta de pertinencia temática.

Los 79 artículos restantes pasaron a una evaluación a texto completo, donde se aplicaron nuevamente los criterios de inclusión para confirmar su relevancia y calidad metodológica. Finalmente, 50 estudios cumplieron con todos los requisitos y conformaron el corpus final de esta revisión. Todo este proceso se resume en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), que muestra el recorrido desde la búsqueda inicial hasta la selección definitiva.

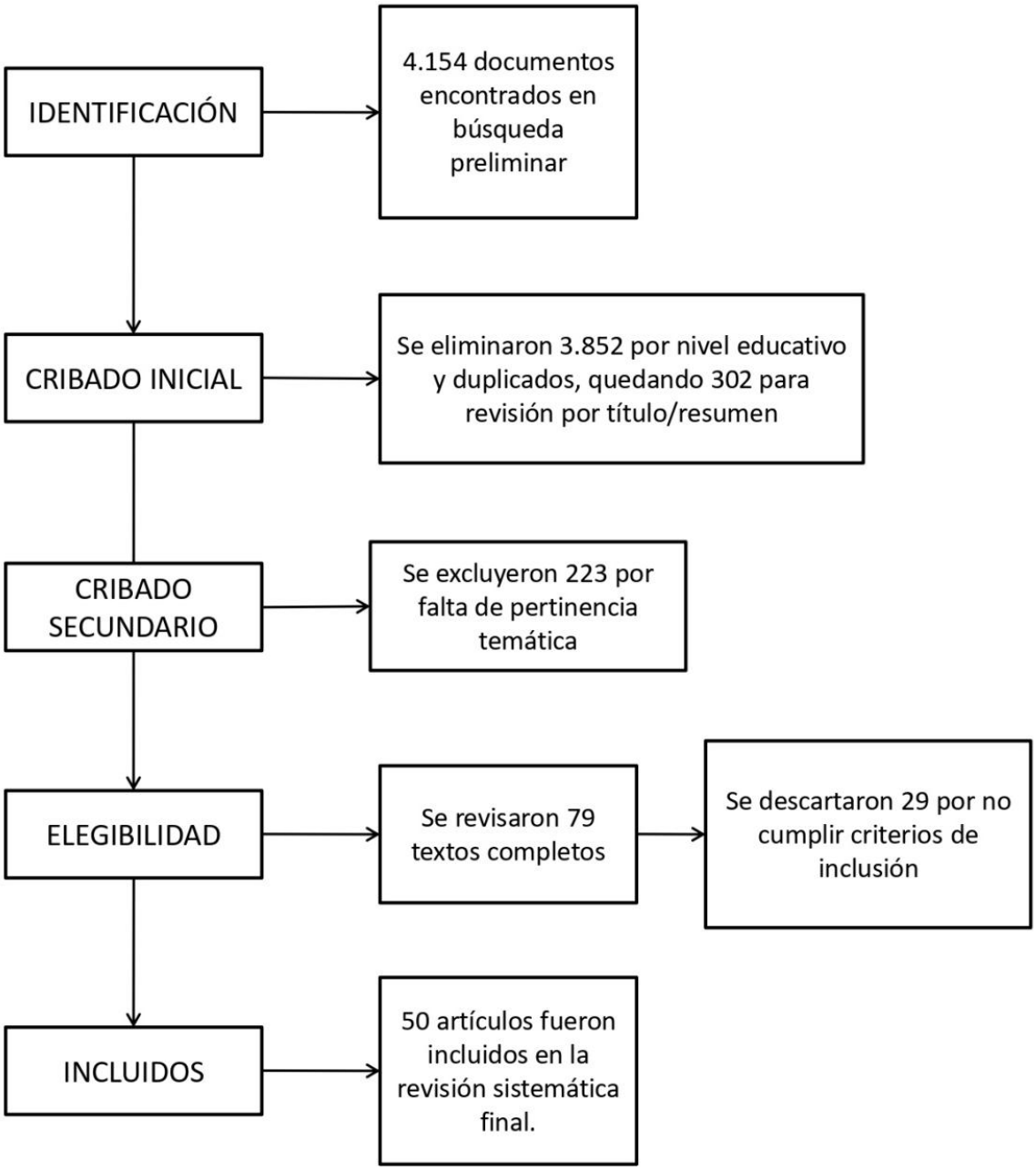


Figura 1. Diagrama PRISMA.

RESULTADOS

Después del proceso de cribado se llegó a un corpus final de 50 artículos empíricos, tomados de bases como Scopus, Redalyc, SciELO, Dialnet y algunos otros repositorios, con cuya selección se armó la base del análisis presentado en este trabajo. En la Figura 2 se puede ver la proporción de artículos por cada base, donde destacan Scopus y Redalyc como las fuentes que más aportaron sobre laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias.

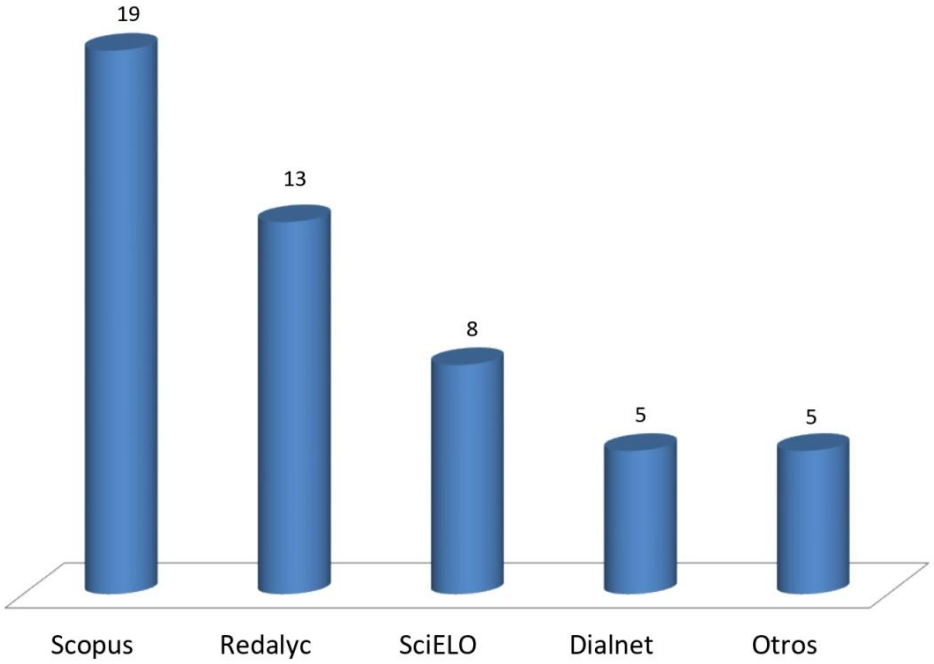


Figura 2. Corpus final de artículos distribuidos por base de datos.

Para responder al objetivo de esta revisión, los resultados se organizaron en cuatro criterios: la metodología de los artículos, el diseño de investigación utilizado, las áreas disciplinares en las que se aplicaron y la tipología de laboratorios virtuales empleada.

Criterio 1. Metodología de los artículos analizados

El análisis de los 50 artículos revisados permitió identificar las metodologías de investigación más usadas. La clasificación se organizó en tres grandes grupos: cuantitativa, mixta y cualitativa. En la Tabla 2 se resume esta distribución en frecuencias y porcentajes.

Tabla 2. Metodologías de investigación empleadas en los artículos seleccionados.

Metodología	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Estudios de referencia[a]
Cuantitativa	23	46,0	Fiad y Galarza, 2015; Gunawan *et al*., 2019; Husnaini y Chen, 2019; Obaya *et al*., 2021; Trujillo Yaipén *et al*., 2023; Yanto *et al*., 2022
Mixta	14	28,0	Koehler, 2021; Lai et al., 2022; Puspitaningtyas *et al*., 2021; Viitaharju *et al*., 2023; Mermoud *et al*., 2017; Bravo *et al*., 2019
Cualitativa	3	6,0	Araújo, 2025; Rivera Vargas, 2019
Otra / No empírica o de desarrollo[b]	10	20,0	Fadda *et al*., 2022; Sharhorodska, 2019; Syahwin *et al*., 2022; Kartimi *et al*., 2022; Álvarez Abud *et al*., 2025; Fernández, 2016; Muñoz González, 2011; Rosli y Ishak, 2024; Franco Moreno *et al*., 2017;Clemons *et al*., 2019
Total	**50**	**100**	

Nota: [a] Únicamente, incluye artículos representativos de cada categoría, seleccionados con fines ilustrativos. [b] Se incluyeron estudios de revisión, análisis documental, validación o diseño de materiales y entornos virtuales.

La mayoría de los estudios revisados corresponde a enfoques cuantitativos (46 %), con predominio de diseños orientados a medir aprendizajes conceptuales, alfabetización científica, habilidades de proceso y desempeño académico en educación secundaria. Esta tendencia muestra que el campo ha privilegiado la comprobación empírica de la eficacia de los laboratorios virtuales y simuladores, especialmente en contextos donde las limitaciones de infraestructura dificultan el desarrollo de prácticas experimentales presenciales. En esta línea, trabajos como los de Fiad y Galarza (2015), Gunawan *et al*. (2019), Husnaini y Chen (2019), Obaya *et al.* (2021), Lestari *et al*. (2023) y Trujillo Yaipén *et al*. (2023), coinciden en reportar efectos favorables del uso de simulaciones y laboratorios virtuales sobre el aprendizaje científico. En conjunto, estos hallazgos permiten afirmar que la investigación cuantitativa ha consolidado una línea de trabajo centrada en evaluar el impacto pedagógico de estas herramientas digitales en la enseñanza de las ciencias. No obstante, esta predominancia también revela una menor atención a los procesos de mediación didáctica, a las interacciones de aula, y a las condiciones contextuales que explican cómo y por qué estos recursos favorecen el aprendizaje.

En segundo lugar, los enfoques mixtos representan el 28 % del corpus y se distinguen por integrar distintas fuentes de información, tales como indicadores de logro, observaciones, entrevistas, productos elaborados por los estudiantes o experiencias de uso de plataformas digitales. Esta combinación metodológica permite ampliar la comprensión del fenómeno, pues no solo evalúa resultados, sino que también aporta información sobre la experiencia de aprendizaje, el andamiaje docente y las formas de interacción en los entornos virtuales. En esta categoría se ubican estudios como los de Mermoud *et al.* (2017), Ortiz Tobón y García Rentería (2019), Koehler (2021), Puspitaningtyas *et al.* (2021), Lai *et al.* (2022), Viitaharju *et al.* (2023) y Yánez Pérez *et al.* (2024). En conjunto, estos trabajos muestran que los enfoques mixtos ofrecen una mirada más amplia del uso pedagógico de los laboratorios virtuales y simuladores, al conectar el rendimiento estudiantil con los procesos didácticos y tecnológicos que lo hacen posible.

Los estudios cualitativos constituyen solo el 6 % de los artículos revisados, lo que pone en evidencia una presencia todavía limitada de investigaciones orientadas a comprender en profundidad las dinámicas pedagógicas, las percepciones de los estudiantes y las formas de apropiación del conocimiento científico. En general, se trata de estudios de caso que analizan experiencias concretas de implementación en el aula. Los trabajos de Rivera Vargas (2019) y Araújo (2025) muestran que estos recursos pueden favorecer procesos como la colaboración, la indagación y la apropiación significativa del conocimiento en contextos reales de enseñanza. Aunque este tipo de estudios es menos frecuente, su aporte resulta valioso porque permite comprender dimensiones del aprendizaje que difícilmente pueden captarse solo mediante pruebas de rendimiento o comparaciones estadísticas.

Por su parte, el 20 % de los artículos corresponde a revisiones o a trabajos de desarrollo y validación de plataformas, materiales y entornos virtuales. Esta categoría reúne aportes orientados no tanto a medir directamente el aprendizaje de los estudiantes, sino a diseñar, pilotear, analizar o validar recursos que luego pueden ser utilizados en experiencias didácticas. En este grupo se destacan trabajos como los de Clemons *et al*. (2019), Sharhorodska (2019), Fadda *et al*. (2022), Syahwin *et al.* (2022), Kartimi *et al*. (2022), y Álvarez Abud *et al.* (2025). Su relevancia radica en que fortalecen la base metodológica y tecnológica del campo, al ofrecer marcos de referencia, recursos validados y orientaciones de diseño que respaldan futuras implementaciones en la enseñanza de las ciencias.

En conjunto, este panorama metodológico confirma que la investigación sobre laboratorios virtuales y simuladores en secundaria continúa dominada por enfoques cuantitativos orientados a medir resultados, mientras que los enfoques mixtos han ganado terreno al incorporar distintas fuentes de información y los

estudios cualitativos siguen siendo escasos. Asimismo, los trabajos de revisión, desarrollo y validación cumplen una función estratégica al consolidar la base teórica, metodológica y tecnológica que sostiene la integración de estos recursos en la educación científica.

Desde una lectura más interpretativa, este predominio metodológico sugiere que los laboratorios virtuales y simuladores han sido estudiados principalmente como recursos para comprobar resultados de aprendizaje, más que como entornos híbridos de experimentación prolongada. En otras palabras, la literatura revisada tiende a valorar su eficacia en términos de logro académico, pero todavía explora menos su potencial como espacios de laboratorio extendido, donde la experiencia experimental trasciende el aula física y se articula con otros tiempos, recursos y formas de interacción. Del mismo modo, esta distribución metodológica permite inferir que la efectividad de estos entornos no depende únicamente del recurso digital, sino también del tipo de mediación docente que los acompaña, lo que remite a la necesidad de comprender con mayor profundidad la articulación entre conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico en la enseñanza de las ciencias.

Criterio 2. Diseños de investigación en los artículos analizados

En lo que respecta a los diseños de investigación, la mayoría de los artículos revisados se inclinan por enfoques cuasiexperimentales. La Tabla 3 muestra la clasificación general en la que se distinguen cuatro tipos: cuasiexperimentales, experimentales puros, estudios de caso y diseños correlacionales o descriptivos.

Tabla 3. Diseños de investigación en los artículos seleccionados.

Diseño	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Estudios de referencia
Cuasiexperimental	21	42,0	Gunawan *et al*., 2019; Husnaini y Chen, 2019; Obaya *et al*., 2021; Trujillo Yaipén *et al*., 2023; Lestari *et al*., 2023; Arroba Arroba y Acurio Maldonado, 2021; Davenport *et al*., 2018
Experimental puro	7	14,0	Fiad y Galarza, 2015
Estudio de caso	6	12,0	Koehler, 2021; Mermoud *et al*., 2017; Rivera Vargas, 2019; Viitaharju *et al*., 2023; Araújo, 2025; Álvarez Lires *et al*., 2017; Ortiz Tobón y García Rentería, 2019
Correlacional/Descriptivo	6	12,0	Giler Medina, 2023; Robles Moral y Martínez Ballesteros, 2022; Nedungadi et al., 2017; Salazar *et al*., 2025; Da Silva *et al*., 2021
Desarrollo/Validación[a]	10	20,0	Syahwin et al., 2022; Fadda et al., 2022; Kartimi *et al*., 2022; Álvarez Abud *et al*. 2025; Infante Jiménez, 2014; Chaparro Mesa *et al*., 2019
Total	**50**	**100**	

Nota: [a] Se incluyen aquí estudios centrados en el diseño y validación de laboratorios virtuales, plataformas y simuladores.

Los diseños cuasiexperimentales constituyen la categoría más frecuente del corpus (42 %), lo que muestra que la investigación sobre laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias ha privilegiado estudios aplicados en contextos escolares reales, con mediciones pretest–postest y comparaciones entre grupos. Este predominio resulta coherente con la necesidad de valorar la eficacia pedagógica de estos recursos en condiciones cercanas a la práctica educativa habitual, sin llegar al nivel de control propio de un experimento puro. En esta línea, estudios como los de Davenport *et al.* (2018)

Gunawan *et al.* (2019), Husnaini y Chen (2019), Obaya *et al.* (2021), Trujillo Yaipén *et al*. (2023) reportan mejoras en comprensión conceptual, alfabetización científica o desempeño académico a partir del uso de simuladores y laboratorios virtuales. En conjunto, estos trabajos sugieren que el campo ha buscado construir evidencia de efectividad en escenarios escolares concretos, aunque con menor énfasis en el análisis profundo de las mediaciones pedagógicas y contextuales que acompañan dichas mejoras.

Los diseños experimentales puros representan el 14% de los estudios revisados. Aunque son menos frecuentes, su presencia es relevante porque aportan mayor control de variables y fortalecen la solidez de las inferencias causales sobre los efectos de los entornos virtuales de aprendizaje. Dentro de los trabajos representativos depurados de esta categoría se encuentra Fiad y Galarza (2015), cuyo estudio evidencia que los laboratorios virtuales también pueden ser analizados desde diseños de mayor rigor experimental. Sin embargo, su menor presencia dentro del corpus sugiere que este tipo de aproximación resulta más difícil de implementar en instituciones educativas, donde las condiciones organizativas, curriculares y éticas suelen limitar la asignación aleatoria y el control estricto de las variables.

Los estudios de caso, que corresponden al 12% del corpus, se orientan al análisis de experiencias situadas y permiten comprender mejor las condiciones específicas de implementación de los laboratorios virtuales y simuladores. Más que medir efectos generalizables, estos estudios aportan información detallada sobre prácticas de aula, mediación docente, participación estudiantil y contextos de uso. Trabajos como los de Mermoud *et al*. (2017), Rivera Vargas (2019), Koehler (2021), Viitaharju *et al*. (2023) y Araújo (2025) muestran que esta aproximación resulta especialmente útil para analizar procesos como la argumentación científica, la colaboración, la percepción de las herramientas digitales o las formas de apropiación del conocimiento. Aunque su alcance es más contextual y menos generalizable, estos estudios enriquecen la comprensión del fenómeno al mostrar cómo las tecnologías se integran realmente en la dinámica escolar.

Los diseños correlacionales y descriptivos también representan el 12% de los artículos revisados. En estos casos, la atención se centra en analizar relaciones entre el uso de simuladores y variables como la motivación, la autoeficacia, la actitud hacia la ciencia o las habilidades experimentales. Estudios como los de Nedungadi *et al.* (2017), Da Silva *et al.* (2021), Robles Moral y Martínez Ballesteros (2022), Giler Medina (2023), Salazar *et al.* (2025) y permiten identificar tendencias y asociaciones relevantes, aunque sin alcanzar el nivel explicativo o causal de los diseños experimentales. Su aporte principal radica en mostrar dimensiones complementarias del uso de laboratorios virtuales, especialmente aquellas relacionadas con la experiencia del estudiante y con variables afectivas o perceptuales que influyen en el aprendizaje científico.

Por su parte, los estudios de desarrollo y validación reúnen el 20 % del corpus y constituyen una categoría importante dentro del campo, ya que dan cuenta del trabajo orientado al diseño, pilotaje, validación o revisión de plataformas, materiales y entornos virtuales. En esta categoría destacan trabajos como los de Infante Jiménez (2014), Syahwin *et al*. (2022), Fadda *et al*. (2022), Kartimi *et al.* (2022), Álvarez Abud *et al*. (2025).Aunque estos estudios no siempre se enfocan en medir logros de aprendizaje en estudiantes, sí aportan marcos metodológicos, herramientas evaluativas y recursos tecnológicos que fortalecen la base sobre la cual se apoyan las investigaciones empíricas posteriores. En este sentido, cumplen una función estructurante en la consolidación del campo, al ampliar las posibilidades de acceso, diseño e implementación de experiencias experimentales mediadas por tecnología.

En conjunto, este panorama muestra que la investigación sobre laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias se apoya principalmente en diseños cuasiexperimentales, lo que confirma una orientación del campo hacia la evaluación de eficacia en contextos escolares reales. Al mismo

tiempo, la presencia de experimentales puros, estudios de caso, diseños descriptivos y trabajos de desarrollo y validación evidencia una diversificación metodológica progresiva, aunque todavía desigual. Esta distribución sugiere que el campo ha avanzado en la medición de resultados, pero aún requiere fortalecer investigaciones que integren con mayor equilibrio la explicación de efectos, la comprensión de procesos y el análisis de condiciones pedagógicas y contextuales de implementación.

Criterio 3. Áreas disciplinares de aplicación

Los 50 artículos revisados muestran que los laboratorios virtuales y simuladores se usan, sobre todo, en ciencias naturales, con un fuerte peso en física y química. La Tabla 4 da un panorama sencillo de cómo se distribuyen estas áreas dentro del corpus.

Tabla 4. Áreas disciplinares de aplicación de los laboratorios virtuales.

Disciplina	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Estudios de referencia
Física	20	40,0	Gunawan *et al*., 2019; Husnaini y Chen, 2019; Trujillo Yaipén *et al*., 2023; Puspitaningtyas *et al*., 2021; Araujo Chavarro *et al*., 2024;
Química	14	28,0	Fiad y Galarza, 2015; Obaya *et al*., 2021; Davenport *et al*., 2018; Urquizo Cruz *et al*., 2022; Intriago Terán *et al*., 2025
Biología	8	16,0	Robles Moral y Martínez Ballesteros, 2022; Monroy Villon, 2023;
Ciencias integradas/otras	8	16,0	Lestari *et al*., 2023; Lai *et al*., 2022; Mermoud *et al*., 2017; Nedungadi *et al*., 2017; Salazar *et al*., 2025; Ramírez Montoya, 2021; Campos Mera y Benarroch Benarroch, 2024
Total	**50**	**100**	

En física se concentra el 40 % de los estudios revisados, especialmente en temas como mecánica, electricidad, óptica y termodinámica. Esta predominancia sugiere que los laboratorios virtuales y simuladores encuentran en esta disciplina un campo particularmente favorable, debido a que permiten representar fenómenos abstractos, modelar variables y recrear situaciones experimentales que en condiciones habituales resultan difíciles de observar o reproducir en el aula. En esta línea, trabajos como los de Gunawan *et al*. (2019), Husnaini y Chen (2019), Puspitaningtyas *et al*. (2021), Trujillo Yaipén *et al*. (2023) y Araujo Chavarro *et al*. (2024) muestran que estos recursos facilitan la comprensión de fenómenos físicos y favorecen el aprendizaje en contextos escolares con limitaciones de infraestructura.

En conjunto, estos hallazgos confirman que la física continúa siendo el campo de mayor aplicación de los laboratorios virtuales en secundaria, debido a la afinidad entre la naturaleza abstracta de sus contenidos y las posibilidades de representación interactiva que ofrecen estas herramientas.

En química se concentra el 28% de las investigaciones, con énfasis en reacciones químicas, enlaces moleculares, estequiometría, y otras temáticas que suelen requerir visualización de procesos y manipulación simbólica. En esta disciplina, los laboratorios virtuales y simuladores han sido utilizados principalmente para favorecer la comprensión conceptual, reducir errores persistentes y ampliar las oportunidades de experimentación en contextos donde el acceso a reactivos, equipos o condiciones de

seguridad es limitado. Trabajos como los de Fiad y Galarza (2015), Davenport *et al*. (2018), Obaya *et al.* (2021), Arroba Arroba y Acurio Maldonado (2021) y Urquizo Cruz *et al.* (2022) evidencian que estos entornos facilitan la articulación entre teoría y práctica al permitir que los estudiantes interactúen con modelos, procedimientos y representaciones químicas de manera segura y accesible. Este predominio reafirma que la química, al igual que la física, constituye un área especialmente propicia para la integración de laboratorios virtuales en la enseñanza escolar.

En biología, que representa el 16% del corpus, se identifican estudios centrados en procesos celulares, genéticos y de exploración de estructuras o fenómenos difíciles de observar directamente. Aunque esta disciplina tiene una presencia menor en comparación con física y química, los trabajos disponibles muestran que los laboratorios virtuales también ofrecen un potencial importante para apoyar la visualización de procesos microscópicos y fortalecer la comprensión conceptual. En esta categoría destacan estudios como los de Robles Moral y Martínez Ballesteros (2022) y Monroy Villon (2023), los cuales permiten reconocer que estos recursos pueden contribuir al aprendizaje de contenidos biológicos mediante experiencias digitales de observación, simulación e interacción. La menor representación de esta disciplina dentro del corpus sugiere, sin embargo, un campo de desarrollo todavía abierto para futuras investigaciones.

Finalmente, un 16% de los artículos se ubica en enfoques integrados o en propuestas que articulan varias áreas del currículo, más allá de una disciplina científica única. Este conjunto evidencia que los laboratorios virtuales y simuladores no solo apoyan el aprendizaje en física, química o biología por separado, sino que también pueden contribuir al desarrollo de experiencias formativas de carácter interdisciplinar. En esta categoría se ubican trabajos como los de Mermoud *et al*. (2017), Nedungadi *et al*. (2017), Lai *et al*. (2022), Lestari *et al.* (2023) y Salazar *et al*. (2025), los cuales muestran que estos entornos favorecen la integración de distintas competencias, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

En este sentido, los enfoques integrados amplían el valor pedagógico de los laboratorios virtuales al vincularlos no solo con aprendizajes disciplinares, sino también con capacidades transversales relevantes para la educación científica actual.

En conjunto, la distribución disciplinar del corpus muestra que la mayoría de los estudios continúa concentrándose en física y química, lo que resulta coherente con el carácter experimental de estas áreas y con la utilidad de los simuladores para compensar la falta de equipos, reactivos y materiales de laboratorio en muchas instituciones educativas. Al mismo tiempo, la menor presencia de estudios en biología evidencia una oportunidad clara para ampliar la investigación en torno a procesos microscópicos, genéticos y celulares que podrían beneficiarse especialmente de este tipo de recursos. Asimismo, los enfoques integrados muestran un camino relevante para articular ciencia, tecnología y aprendizaje digital en experiencias interdisciplinarias dentro de la escuela.

Criterio 4. Tipología de laboratorios virtuales y simuladores utilizados

El análisis de los artículos permitió identificar diferentes tipos de laboratorios virtuales y simuladores usados en la enseñanza de las ciencias en secundaria. Se distinguieron seis categorías principales: simulaciones en 2D/HTML5, entornos 3D o experiencias con realidad virtual (VR) y aumentada (AR), laboratorios remotos, integraciones con LMS y andamiajes didácticos, desarrollos propios o ad hoc, y plataformas comerciales específicas. La tabla 5 resume esta clasificación.

Tabla 5. Tipología de laboratorios virtuales y simuladores utilizados en los artículos seleccionados.

Tipología	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Estudios de referencia
Simulaciones 2D / HTML5	28	56,0	Fiad y Galarza, 2015; Gunawan *et al*., 2019; Husnaini y Chen, 2019; Obaya *et al*., 2021; Trujillo Yaipén et al., 2023; Chávez Cusihuamán, 2023; Durkaya y Aydin, 2023
Desarrollos institucionales o ad hoc	9	18,0	Davenport *et al*., 2018; Mermoud *et al*., 2017; Syahwin *et al*., 2022; Yánez Pérez *et al*., 2024; Robles Moral y Martínez Ballesteros, 2022;Manzaneda Peña y Valero Ancco, 2022; Pietarinen *et al*., 2020
Simuladores comerciales/licenciados	8	16,0	Alhashem y Alfailakawi, 2023;Carvajal, 2024
Modelos híbridos/emergentes (VR, AR, LMS, laboratorios remotos)	5	10,0	Lai *et al*., 2022; Viitaharju *et al*., 2023; Sharhorodska, 2019; Araújo, 2025; Arroba Arroba y Acurio Maldonado, 2021; Fombona *et al*., 2017
Total	**50**	**100**	

La tipología más frecuente dentro del corpus corresponde a las simulaciones 2D / HTML5 (56 %), lo que confirma una clara preferencia por recursos digitales accesibles, visualmente comprensibles y de fácil implementación en contextos escolares. Este predominio sugiere que en la enseñanza de las ciencias los laboratorios virtuales más utilizados siguen siendo aquellos que permiten representar fenómenos, manipular variables y observar resultados en tiempo real sin requerir infraestructura tecnológica avanzada. En esta categoría destacan trabajos como los de Fiad y Galarza (2015), Gunawan *et al*. (2019), Husnaini y Chen (2019), Obaya *et al.* (2021) y Trujillo Yaipén *et al.* (2023), los cuales muestran que este tipo de simulaciones favorece el aprendizaje conceptual y el trabajo experimental en secundaria. Su amplia presencia puede explicarse por su bajo costo, facilidad de uso y compatibilidad con contextos educativos que presentan limitaciones de conectividad, equipos o dotación de laboratorio.

No obstante, desde el punto de vista didáctico, este predominio también sugiere que muchos de estos recursos se emplean con fines mayoritariamente confirmatorios, es decir, para representar o verificar principios ya conocidos mediante experiencias guiadas, más que para promover procesos abiertos de investigación escolar. Esto no reduce su valor pedagógico, pero sí indica que su potencial innovador no siempre se aprovecha en toda su amplitud, especialmente cuando el simulador se integra como apoyo para reforzar contenidos y no como un entorno para formular preguntas, explorar variables y construir explicaciones propias.

Los simuladores comerciales o licenciados representan el 16% de los estudios, aunque dentro de la matriz depurada su presencia queda ilustrada de forma más puntual. Esta categoría agrupa recursos con mayor sofisticación técnica y, en algunos casos, con una oferta más amplia de escenarios experimentales, lo que suele asociarse a contextos de implementación con mayor apoyo institucional. Entre los artículos depurados de esta categoría destaca Alhashem y Alfailakawi (2023), quienes muestran el potencial de este tipo de entornos para apoyar experiencias de laboratorio más estructuradas y especializadas. No obstante, su menor presencia dentro del corpus sugiere que el costo de acceso, licenciamiento o mantenimiento continúa siendo un factor que limita su adopción masiva, especialmente en instituciones públicas o en contextos con menos recursos tecnológicos.

Un 18% de los trabajos corresponde a desarrollos institucionales o ad hoc, es decir, recursos creados o adaptados para responder a necesidades curriculares concretas o a contextos pedagógicos locales. Este tipo de propuestas resulta especialmente relevante porque evidencia la capacidad de las instituciones y de los investigadores para diseñar entornos de aprendizaje ajustados a sus realidades educativas. En esta categoría se ubican estudios como los de Mermoud *et al.* (2017), Davenport *et al.* (2018), Syahwin *et al.* (2022), Robles Moral y Martínez Ballesteros (2022) y Yánez Pérez *et al*. (2024). En conjunto, estos trabajos muestran que el desarrollo propio de plataformas, aplicaciones o experiencias virtuales no solo permite contextualizar mejor los contenidos, sino también ampliar las oportunidades de experimentación, retroalimentación y adaptación metodológica en la enseñanza de las ciencias.

Finalmente, un 10% del corpus corresponde a modelos híbridos o emergentes que integran simulación con realidad virtual, realidad aumentada, plataformas LMS o laboratorios remotos. Aunque esta categoría sigue siendo minoritaria, resulta especialmente significativa porque anticipa posibles líneas de evolución tecnológica en la enseñanza de las ciencias. En esta línea, estudios como los de Sharhorodska (2019), Arroba Arroba y Acurio Maldonado (2021), Lai *et al*. (2022), Viitaharju *et al*. (2023) y Araújo (2025) muestran que estas propuestas amplían las posibilidades de interacción, inmersión y experimentación digital. Su aporte no radica únicamente en el componente tecnológico, sino en la posibilidad de configurar experiencias más complejas, multisensoriales y articuladas con distintos espacios de aprendizaje.

En conjunto, la tipología de recursos identificada confirma el predominio de simulaciones 2D / HTML5, lo que evidencia una preferencia por herramientas accesibles, estables y de implementación sencilla en el contexto escolar. Al mismo tiempo, la presencia de desarrollos institucionales y de modelos híbridos o emergentes muestra que el campo no se limita a reproducir plataformas ya consolidadas, sino que también avanza hacia propuestas más contextualizadas, inmersivas e interactivas. En este sentido, la evolución de los laboratorios virtuales y simuladores no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de decisiones pedagógicas, institucionales y formativas que orienten su uso de manera pertinente en la enseñanza de las ciencias, como advierte Fadda *et al*. (2022).

CONCLUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática permiten concluir que la investigación sobre laboratorios virtuales y simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales en educación secundaria ha mostrado un crecimiento sostenido, aunque aún heterogéneo en sus enfoques metodológicos, áreas disciplinares y recursos tecnológicos empleados. En conjunto, los estudios analizados evidencian que este campo ha dejado de ocupar un lugar marginal dentro de la educación científica y comienza a consolidarse como una línea de investigación relevante, especialmente en contextos donde las limitaciones de infraestructura dificultan el desarrollo de prácticas experimentales presenciales. No obstante, este avance no ha sido uniforme: la revisión pone de manifiesto vacíos persistentes en la diversidad metodológica, en la amplitud disciplinar y en la sofisticación de los recursos utilizados, lo que indica que la consolidación del campo todavía convive con importantes desequilibrios en su desarrollo.

Dentro de las tendencias metodológicas identificadas en esta revisión predominan los estudios cuantitativos orientados a medir logros de aprendizaje, comprensión conceptual y desempeño académico, lo que confirma que el campo ha privilegiado la validación empírica de la eficacia de los laboratorios virtuales y simuladores en secundaria. En esta línea, trabajos como los de Fiad y Galarza (2015), Gunawan *et al.* (2019), Husnaini y Chen (2019), Obaya *et al*. (2021) y Trujillo Yaipén *et al*. (2023) reportan mejoras en distintos indicadores de aprendizaje tras la implementación de simulaciones en

ciencias. A estos aportes se suman trabajos de síntesis y reflexión, como los de Infante Jiménez (2014) y Fadda *et al.* (2022) que permiten reconocer una consolidación progresiva del campo, aunque también advierten la necesidad de fortalecer los reportes de validez, fiabilidad y descripción pedagógica de las intervenciones. Por su parte, los estudios mixtos muestran que la comprensión del fenómeno se amplía cuando se combinan medidas de desempeño con percepciones, experiencias de uso y análisis del papel mediador del docente, como se observa en Mermoud *et al*. (2017), Koehler (2021), Lai *et al*. (2022), Viitaharju *et al*. (2023). En términos críticos, este predominio metodológico sugiere que la investigación ha tendido a valorar con mayor énfasis la comprobación de resultados que la comprensión profunda de las condiciones pedagógicas y contextuales que explican por qué estas herramientas funcionan de manera distinta según el entorno escolar.

En cuanto a los diseños de investigación, el predominio de los cuasiexperimentales confirma que el campo ha priorizado la medición de efectos de los laboratorios virtuales y simuladores en contextos escolares reales. Trabajos como los de Gunawan *et al.* (2019), Husnaini y Chen (2019), Obaya *et al*. (2021), Trujillo Yaipén *et al*. (2023) y Bajaña Calle *et al.* (2025) muestran esta orientación a través de comparaciones pretest–postest y análisis del desempeño estudiantil. Por su parte, los estudios correlacionales y descriptivos, como los de nNedungadi *et al*. (2017), Da Silva *et al.* (2021), y Robles Moral y Martínez Ballesteros (2022) y Giler Medina (2023) permiten explorar relaciones entre el uso de simuladores, la motivación, las actitudes y otras variables del aprendizaje científico, aunque sin alcanzar el mismo nivel de inferencia causal. A ello se suman trabajos de revisión, desarrollo y validación, como los de Fadda *et al*. (2022), Syahwin *et al*. (2022) y Álvarez Abud *et al*. (2025), que fortalecen el campo al aportar marcos de análisis, criterios de diseño y recursos evaluativos para futuras implementaciones. En conjunto, esta distribución confirma el predominio del diseño cuasiexperimental en secundaria y, al mismo tiempo, evidencia la necesidad de ampliar estudios longitudinales y aproximaciones que permitan comprender con mayor profundidad los procesos pedagógicos asociados a la implementación de estas herramientas.

Por último, los trabajos de reflexión y análisis conceptual también permiten interpretar críticamente los hallazgos de esta revisión. En esa línea, Infante Jiménez (2014) subraya que el estudio de los laboratorios virtuales no debe limitarse a la medición de resultados de aprendizaje, sino que requiere enfoques capaces de explicar las condiciones pedagógicas, tecnológicas y actitudinales que favorecen su efectividad. Esta observación resulta especialmente pertinente para futuras investigaciones, ya que evidencia que factores como la mediación docente, la secuencia didáctica y el grado de autonomía del estudiante inciden de manera decisiva en el valor educativo de estos recursos y, a su vez, suelen quedar insuficientemente captados cuando el análisis se restringe a diseños exclusivamente cuantitativos.

En esta revisión sistemática predominó el enfoque cuantitativo (46%), principalmente asociado a diseños cuasiexperimentales, lo que evidencia una orientación del campo hacia la validación de la eficacia de los laboratorios virtuales y simuladores en términos de rendimiento académico, comprensión conceptual y logro de aprendizaje. Sin embargo, la baja representatividad de estudios cualitativos (6%) constituye una limitación importante, ya que restringe la comprensión profunda del fenómeno educativo y de las dinámicas que acompañan la implementación de estos recursos en el aula. Mientras los estudios cuantitativos permiten responder en buena medida a cuánto mejora el aprendizaje, la escasa presencia de aproximaciones cualitativas dificulta comprender cómo se configuran las interacciones pedagógicas, el trabajo cooperativo, la apropiación del recurso por parte de los estudiantes y la construcción de significados científicos en entornos virtuales. Por áreas disciplinares, la física continúa siendo la más investigada, lo que confirma que los laboratorios virtuales y simuladores han encontrado en esta disciplina un campo especialmente favorable para representar fenómenos abstractos, modelar variables

y recrear situaciones experimentales difíciles de desarrollar en el aula.

En esta línea, estudios como los de Gunawan *et al*. (2019), Husnaini y Chen (2019), Puspitaningtyas *et al*. (2021), Trujillo Yaipén *et al*. (2023) y Araujo Chavarro *et al*. (2024) muestran mejoras en la comprensión de fenómenos físicos y en el desempeño estudiantil. En química, trabajos como los de Fiad y Galarza (2015), Arroba Arroba y Acurio Maldonado (2021), Obaya *et al*. (2021), Davenport *et al*. (2018) y Urquizo Cruz *et al*. (2022) evidencian que estos recursos favorecen la comprensión conceptual y la articulación entre teoría y práctica en contenidos que suelen presentar alta complejidad simbólica o experimental. En contraste, la biología mantiene una representación menor dentro del corpus, aunque estudios como los de Robles Moral y Martínez Ballesteros (2022), y Monroy Villon (2023) muestran que estos entornos también ofrecen posibilidades valiosas para la enseñanza de contenidos genéticos y de visualización de procesos complejos. Por su parte, las propuestas integradas o interdisciplinares, representadas en trabajos como los de Lestari *et al*. (2023), Lai *et al*. (2022) y Mermoud *et al*. (2017), sugieren que el uso de laboratorios virtuales puede trascender los límites de una disciplina específica y contribuir al desarrollo de enfoques más articulados dentro de la educación científica escolar. Esta distribución no solo refleja afinidades entre ciertos contenidos y las posibilidades de simulación, sino también un desarrollo desigual del campo que ha favorecido áreas tradicionalmente más experimentales y ha dejado en segundo plano otras con alto potencial pedagógico, como la biología y los enfoques interdisciplinares.

En cuanto a la tipología de los recursos, el predominio de las simulaciones 2D y de las plataformas abiertas sigue siendo evidente, especialmente en contextos escolares donde la accesibilidad, el bajo costo y la facilidad de implementación resultan determinantes. Este predominio puede interpretarse no solo como una preferencia tecnológica, sino como una respuesta a las condiciones reales de muchas instituciones educativas, en las que la disponibilidad de equipos, conectividad y licencias especializadas continúa siendo limitada. En esta línea, estudios como los de Chávez Cusihuamán (2023) y Bajaña Calle *et al*. (2025) muestran que estos recursos resultan especialmente eficaces cuando se articulan con actividades de indagación guiada y con secuencias didácticas estructuradas. Por su parte, los desarrollos propios o institucionales evidencian el valor de adaptar los recursos a necesidades curriculares concretas y a contextos pedagógicos específicos, como sugieren García Angarita *et al.* (2017).

A ello se suman los simuladores comerciales y las tipologías emergentes, que, aunque menos frecuentes, amplían las posibilidades de visualización, inmersión y experimentación, como se observa en Alhashem y Alfailakawi (2023), Monroy Villon (2023) y Sharhorodska (2019). Sin embargo, su menor presencia dentro del corpus sugiere que su incorporación todavía depende de mayores niveles de dotación tecnológica, conectividad, formación docente y sostenibilidad institucional. De forma complementaria, trabajos de síntesis como los de Fadda *et al*. (2022) y aportes de marco como los de Infante Jiménez (2014) permiten interpretar estas tendencias y advierten que la elección entre plataformas abiertas, desarrollos institucionales, simuladores comerciales o entornos emergentes no debe depender solo de la disponibilidad tecnológica, sino también de su pertinencia pedagógica, su sostenibilidad y su articulación con el currículo.

En síntesis, los resultados confirman que los laboratorios virtuales y simuladores cuentan con un respaldo empírico cada vez mayor en la educación secundaria, especialmente por su contribución a la comprensión conceptual, a la motivación estudiantil y al fortalecimiento de procesos de indagación, sobre todo, en física y química. Sin embargo, una lectura crítica de la literatura muestra que estos efectos no son homogéneos ni pueden atribuirse de manera automática al recurso tecnológico. Aunque varios estudios reportan resultados favorables, trabajos como los de Infante Jiménez (2014), Fadda *et al.* (2022) y García

Angarita *et al*. (2017) permiten advertir que la eficacia de estas herramientas depende en gran medida de la mediación docente, de la secuencia didáctica, de la evaluación previa del recurso y de su articulación con el currículo. En ese sentido, más que demostrar una superioridad intrínseca del simulador, la literatura sugiere que su impacto educativo es situado y está condicionado por variables pedagógicas, institucionales y tecnológicas.

Esta interpretación también permite comprender algunas tensiones presentes en el campo. El predominio de plataformas abiertas y simulaciones 2D puede asociarse a su accesibilidad, bajo costo y facilidad de implementación; no obstante, ello no implica necesariamente que constituyan siempre la opción pedagógicamente más robusta, sino que responden con frecuencia a las condiciones reales de las instituciones educativas. Del mismo modo, la menor presencia de simuladores comerciales y de tipologías emergentes, como la realidad virtual o los entornos inmersivos, sugiere que persisten barreras relacionadas con la dotación tecnológica, la conectividad, el licenciamiento, la sostenibilidad institucional y la formación de los docentes para su uso pedagógico, como se infiere a partir de los aportes de Alhashem y Alfailakawi (2023), Monroy Villon (2023) y Sharhorodska (2019). En consecuencia, las contradicciones o diferencias observadas en la literatura no deben entenderse solo como resultados opuestos, sino como evidencia de que los simuladores funcionan de manera distinta según las condiciones concretas de implementación.

Desde esta perspectiva, los hallazgos de la revisión tienen implicaciones relevantes para la práctica docente, la formación del profesorado y la política educativa. Para los docentes sugieren que el uso de simuladores aporta más cuando se integra en secuencias de enseñanza estructuradas, con actividades de indagación guiada, objetivos claros de aprendizaje y espacios de reflexión sobre los resultados obtenidos. Para la formación inicial y continua del profesorado, evidencian la necesidad de fortalecer no solo el manejo técnico de estas herramientas, sino también los criterios para su selección, adaptación curricular y mediación didáctica. En términos de política educativa, los resultados muestran que la expansión del uso de laboratorios virtuales en secundaria requiere algo más que disponibilidad tecnológica: demanda conectividad, recursos sostenibles, formación docente y decisiones institucionales que favorezcan una integración pedagógica pertinente.

En relación con los objetivos planteados, esta revisión permitió identificar las principales tendencias metodológicas, los diseños predominantes, las áreas disciplinares más trabajadas y la tipología de los recursos tecnológicos empleados en secundaria, cumpliendo así con el propósito de caracterizar el estado actual de la investigación en este campo. No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones, entre ellas la selección de un corpus delimitado por bases de datos y criterios de búsqueda específicos, así como la heterogeneidad metodológica de los trabajos analizados, lo que dificulta comparaciones totalmente homogéneas. En consecuencia, futuras investigaciones podrían ampliar la revisión hacia nuevos contextos, fortalecer los estudios cualitativos y mixtos, profundizar en el papel de la mediación docente y de las condiciones institucionales, y analizar con mayor detalle el potencial de entornos inmersivos en la enseñanza de las ciencias.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés personales, institucionales ni financieros relacionados con este manuscrito. La información es original y los datos fueron recolectados por los propios autores conforme a estándares éticos.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Ambos autores participaron en la conceptualización del estudio, el diseño metodológico, la búsqueda, selección y análisis de la literatura, la interpretación de los resultados, la redacción y revisión crítica del manuscrito, y aprobaron la versión final para su publicación.

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la elaboración del manuscrito se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo para la revisión de aspectos de redacción, estilo, gramática y organización del texto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alhashem, F. y Alfailakawi, A. (2023). Technology-enhanced learning through virtual laboratories in chemistry education. *Contemporary Educational Technology, 15*(4), ep474. https://doi.org/10.30935/cedtech/13739

Álvarez Abud, P., Garrido Leiva, C., Elías Godoy, M., Tomljenovic Niksic, M. y Zúñiga Garay, E. (2025). Propuesta de medios educativos que promueven habilidades experimentales durante actividades curriculares de Química Inorgánica. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación (REXE), 24*(55), 335–366. https://doi.org/10.21703/rexe.v24i55.2905

Álvarez Lires, M. M., Arias Correa, A., Lorenzo Rial, M. A. y Serrallé Marzoa, F. (2017). Educación para la sustentabilidad: Cambio global y acidificación oceánica. *Formación Universitaria, 10*(2), 89–102. https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200010

Araujo Chavarro, M. E., Garzón Gómez, M. J. J. y Caballero Jiménez, M. J. del R. (2024). Estrategia didáctica mediada por recursos educativos digitales abiertos para el desarrollo de competencias científicas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8*(3), 6789-6806. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11875

Araújo, J. L. y Morais, C. (2025). La educación STEM en química: un enfoque colaborativo para la realización de actividades de laboratorio a distancia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 22*(1), 1201.

Arroba Arroba, M. F. y Acurio Maldonado, S. A. (2021). Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica, para el bachillerato ecuatoriano. *Revista Científica UISRAEL, 8*(3), 73–93. https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456

Bajaña Calle, O. A., García Peláez, D. L., Merchán Buri, J. A., Palacios Campos, J. S. y Zambrano Pasmay, R. (2025). La influencia del uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de la Segunda Ley de Newton en Física de Segundo de Bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9*(2), 5756-5766. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17327

Bonilla León, C., Urrego, L. F. y Alcocer Tocora, M. (2021). El uso de laboratorios virtuales en la Universidad del Rosario: una resignificación de su aporte en tiempos de covid-19 a la enseñanza de las ciencias naturales. *Reflexiones Pedagógicas, (30).* https://doi.org/10.12804/issne.2500-5979_10336.33146_ceap

Bravo, B., Bouciguez, M. J. y Braunmüller, M. (2019). Una propuesta didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de la inducción electromagnética básica y el desarrollo de competencias digitales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16*(1), 1203. https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i1.1203

Campos Mera, G. y Benarroch Benarroch, A. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(2), 109–129.

https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040

Carvajal Tobón, J. E. (2024). Implementación de laboratorios virtuales, como estrategia didáctica para fortalecer la competencia argumentativa en ciencias naturales, grado sexto. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía (RIIEP), 17*(1), 205–237. https://doi.org/10.15332/25005421.9486

Chamba Rivera, L. L. (2022). Los laboratorios virtuales como estrategia de aprendizaje en el área de física y matemáticas en la Unidad Educativa "San José La Salle" de la ciudad de Loja. *Revista Conrado, 18*(86), 145–154.

Chaparro Mesa, J. E., Barrera Lombana, N. y León-Socha, F. A. (2019). FísicaTIC, plataforma hardware-software para aplicaciones en física e ingeniería. *Scientia Et Technica, 24*(3), 354–365. https://doi.org/10.22517/23447214.21081

Chávez Cusihuamán, Y. (2023). El laboratorio virtual PhET y la competencia "Indaga" del área de Ciencia y Tecnología en los estudiantes del cuarto grado de una escuela secundaria de Cusco. *Aportes, 35,* 41–51. https://doi.org/10.56992/a.v1i35.436

Clemons, T. D., Fouché, L., Rummey, C., Lopez, R. E. y Spagnoli, D. (2019). Introducing the first year laboratory to undergraduate chemistry students with an interactive 360° experience. *Journal of Chemical Education, 96*(7), 1491–1496. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00861

Da Silva, J. B., Nardi da Silva, I., Rocha Machado, L. y Bilessimo, S. M. S. (2021, November). Remote teaching of electrical circuits: Proposal for the use of online laboratories in secondary education. In 2021 World engineering education forum/global engineering deans council. (WEEF/GEDC) (pp. 594–600). IEEE. https://doi.org/10.1109/WEEF/GEDC53299.2021.9657239

Davenport, J. L., Rafferty, A. N. y Yaron, D. (2018). Beyond problem solving: Visualizing the invisible in chemistry using interactive simulations. *Journal of Chemical Education, 95*(5), 718–724. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00790

Durkaya, F. y Aydin, S. (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. y Wasson, B. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: A systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environments, 10*(23), 1–20. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y

Fadda, D., Fabbro, F. y Murgia, M. (2022). Students' acceptance of virtual laboratories: An application of the UTAUT model. *Education and Information Technologies, 27*(6), 8227–8244. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10979-0

Fernández, J. P. (2016). La adquisición y desarrollo de la competencia digital en alumnos de educación secundaria: Estudio de caso. *Cuadernos de Investigación Educativa, 7*(2), 83–98. https://doi.org/10.18861/cied.2016.7.2.2612

Fiad, S. B. y Galarza, O. D. (2015). El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. *Formación Universitaria, 8*(4), 3–14. https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002

Fombona, J., Pascual Sevillana, Á. y González Videgaray, M. (2017). M-learning y realidad aumentada: Revisión de literatura científica en el repositorio WoS. *Comunicar, 25*(52), 63–72. https://doi.org/10.3916/C52-2017-06

Franco Moreno, R. A., Velasco Vásquez, M. A. y Riveros Toro, C. M. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, (41),* 37–56.

García Angarita, M. A., Deco, C., Bender, C. y Collazos, C. A. (2017). Herramientas de diseño para el desarrollo de competencias en educación básica, media y tecnológica: experiencia en el Instituto Técnico Industrial Pascual Bravo de Colombia. *Revista Iberoamericana de Tecnología en*

Educación y Educación en Tecnología, (19), 87–97.

Giler Medina, P. (2023). Competencias digitales y aprendizaje visual de la Química en estudiantes de Bachillerato. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo), 8*(2), 75–88.

Gunawan, G. (2019). Virtual laboratory to improve students' conceptual understanding in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series, 1153*(1), 012128. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012128

Husnaini, S. J. y Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Journal of Science Education and Technology, 28*(5), 541–553. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09782-z

Infante Jiménez, C. (2014). Los laboratorios virtuales como mediadores en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. *Revista Científica General José María Córdova, 12*(13), 171–186. https://doi.org/10.21830/19006586.56

Intriago Terán, A. B., Zavala Baque, D. L., Morán Lozano, N. S. y Guerrero Alcívar, H. A. (2025). Los laboratorios virtuales y su influencia en el rendimiento académico en la asignatura de Química. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9*(1), 1123–1135. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.17410

Kartimi, K., Yunita, Y., Addiin, I. y Shidiq, A. S. (2022). The effect of virtual laboratory learning on students' science process skills and learning motivation. *International Journal of Instruction, 15*(1), 329–346. https://doi.org/10.29333/iji.2022.15119a

Koehler, E. (2021). The effect of virtual labs on high school student attitudes towards chemistry [Master's thesis, Minnesota State University Moorhead].

Lai, T. L., Lin, Y. S., Chou, C. Y. y Yueh, H. P. (2022). Evaluation of an inquiry-based virtual lab for junior high school science classes: An exploratory study. *Journal of Educational Computing Research, 60*(2), 327–356. https://doi.org/10.1177/07356331211001579

Lestari, D. P., Supahar, Paidi y Suwarjo, H. (2023). Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. *Education and Information Technologies, 28,* 11857. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8

Manzaneda Peña, M. A. y Valero Ancco, V. N. (2022). Matlab en el aprendizaje de la cinemática en estudiantes de Ingeniería Civil. *Horizonte de la Ciencia, 12*(22), 132–142. https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.22.1074

Mermoud, S. R., Ordoñez, C. y García Romano, L. (2017). Potencialidades de un entorno virtual de aprendizaje para argumentar en clases de ciencias en la escuela secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14*(3), 587–600. https://doi.org/10.25267/RevEureka.2017.v14.i3.5206

Monroy Villon, A. E. (2023). The Metaverse as an Innovative Tool for Teaching Biology in High School. *Metaverse Basic and Applied Research, 2,* 71. https://doi.org/10.56294/mr202371

Muñoz González, J. M. (2011). [Reseña del libro Las nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias, de J. M. Zamarro Minguel y L. Amorós Poveda (Coords.)]. Píxel-Bit. *Revista de Medios y Educación, (42),* 209–210.

Nedungadi, P., Prabhakaran, M. y Raman, R. (2017, November). Benefits of Activity Based Learning Pedagogy with Online Labs (OLabs). 2017 5th IEEE International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE), 232–236. IEEE. https://doi.org/10.1109/MITE.2017.00015

Obaya, A. V., Rodríguez Barocio, Y. y Vargas Rodríguez, Y. M. (2021). Online simulators for the teaching of the Law of Conservation of Matter and Chemical Reactions in High School. *Science*

Education International, 32(3), 209–219. https://doi.org/10.33828/sei.v32.i3.4

Ortiz Tobón, P. A. y García Rentería, W. M. (2019). Fortalecimiento de las competencias científicas a partir de unidades didácticas para alumnos de grado cuarto (4°) de Básica Primaria. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 11*(21), 149–166. https://doi.org/10.22430/21457778.1076

Petticrew, M. y Roberts, H. (2006). Systematic reviews in the social sciences: A practical guide. Blackwell Publishing. https://doi.org/10.1002/9780470754887

Pietarinen, T., Volet, S., Lehtinen, E. y Vauras, M. (2020). Affect in peer group learning during virtual science inquiry: Insights from self-reports and video observations. Frontiers in Psychology, 10, 2981. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02981

Puspitaningtyas, E., Nasera Putri, E. F., Umrotul, U. y Sutopo, S. (2021). Analysis of high school students' concept mastery in light wave using structured inquiry learning assisted by a virtual laboratory. *Revista Mexicana de Física E, 18*(1), 10–22. https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.18.10

Ramírez Calderón, J. E. (2022). Prácticas de laboratorio virtual: una alternativa para la enseñanza de la Física en Educación Media. *Revista Científica, 43*(3), 120–130. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. https://doi.org/10.14483/23448350.19071

Ramírez Montoya, M. S. (2021). Obsolescência do conhecimento e formação para o desenvolvimento sustentável: vozes dos protagonistas no âmbito da COVID 19. *Texto Livre, 14*(2), e33840. DOI: https://10.35699/1983-3652.2021.33840

Ríos Muñoz, V. I. y Soto Araújo, R. L. (2024). Desarrollo de la competencia científica, explicación de fenómenos naturales, mediado por el uso de simuladores. *Hilos Pedagogía, Innovación y Cultura Digital, 1*(1), 35–46. https://doi.org/10.32997/rchicd-2024-5015

Rivera Vargas, Y. H. (2019). Laboratorios virtuales y desarrollo de competencias en física básica. *Revista Educación en Ingeniería, 14*(27), 45–52. https://doi.org/10.26507/rei.v14n27.1023

Robles Moral, F. J. y Martínez Ballesteros, A. (2022). La genética mendeliana de secundaria a través del laboratorio virtual. *Edutec, Revista Electrónica De Tecnología Educativa, (82),* 217–231. https://doi.org/10.21556/edutec.2022.82.2695

Rosli, R. y Ishak, N. A. (2024). Integration of Virtual Labs in Science Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia, 14*(1), 81–103. https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024

Salazar, J. F., Pérez, D. R. y Gómez, C. A. (2025). Laboratorios virtuales como estrategia de innovación pedagógica en ciencias naturales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9*(3), 200–215. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18250

Sellberg, C., Nazari, Z. y Solberg, M. (2024). Virtual laboratories in STEM higher education: A scoping review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education, 2,* 58–75. https://doi.org/10.23865/njsre.v2.5766

Sharhorodska, O. C. (2019, July). Implementation of an immersive astronomy virtual laboratory using "gamification" techniques for high school students. En Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology (pp. 1–10). LACCEI. https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.61

Syahwin, S., Yanto, D. T. P., Hastuti, H., Zaswita, H., Kabatiah, M., Sukardi, S. y Ambiyar, A. (2022). Validity test analysis of virtual laboratory-based job sheet for power electronics course. *International Journal of Information and Education Technology, 13*(9), 1469–1476. https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.9.1951

Trujillo Yaipén, W. M., Curo Maquén, L. A., Paredes López, L. R. y Carbajal Cornejo, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Telos, 25*(2), 459–476. https://doi.org/10.36390/telos252.15

Urquizo Cruz, E. P., Sánchez Salcán, N. J. y Paredes, P. C. (2022). Laboratorios virtuales y la enseñanza

de química en bachillerato: una experiencia ecuatoriana. *Ciencia Digital, 6*(3), 118–133. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v6i3.2217

Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K. y Karttunen, A. J. (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. *Education for Chemical Engineers, 44*, 191–199. https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004

Yánez Pérez, I., Toma, R. B. y Meneses Villagrá, J. Á. (2024). Diseño y usabilidad de IndagApp: una app para la enseñanza de las ciencias por indagación. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 27*(2), 223–245. https://doi.org/10.5944/ried.27.2.39109

Yanto, D. T. P., Suhardi y Utami, W. B. (2022). The effectiveness of virtual laboratories in physics learning during the Covid-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series, 2165*(1), 012041. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012041