REVISTA INVECOM
ISSN en línea: 2739-0063

Análisis comparativo de la enseñanza de la física en universidades latinoamericanas durante la pandemia de COVID-19: revisión bibliográfica

Comparative analysis of physics teaching in Latin American universities during the COVID-19 pandemic: literature review

Recibido: 12/08/2025 - **Aceptado:** 10/11/2025

Yuri Alexis Milachay Vicente
https://orcid.org/0009-0008-7541-7384
ymilachay@utp.edu.pe
Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú

Resumen

La enseñanza universitaria de la física ha enfrentado históricamente tensiones entre la transmisión teórica, la práctica experimental y el desarrollo de competencias cognitivas superiores. La pandemia de COVID-19 no generó desafíos nuevos en este ámbito, pero sí visibilizó y agudizó problemáticas preexistentes, como la ausencia de metodologías activas consolidadas, limitaciones en la evaluación formativa y una percepción estudiantil desfavorable hacia la disciplina. El objetivo de este trabajo es analizar comparativamente cómo distintas universidades latinoamericanas afrontaron la enseñanza de la física en modalidad remota, centrándose en cuatro variables clave: herramientas tecnológicas, enfoques pedagógicos, métodos de evaluación y percepción estudiantil. La estrategia metodológica consistió en una revisión bibliográfica de estudios publicados entre 2019 y 2023 en bases de datos como SciELO, RedALyC y repositorios institucionales, clasificando los hallazgos según dichas categorías. Los resultados muestran que, si bien las plataformas digitales y los simuladores (como Moodle, Zoom o PhET) se volvieron centrales, persistieron profundas desigualdades tecnológicas entre países y regiones. En el plano pedagógico, emergieron iniciativas de aprendizaje activo —como el ABP, el aula invertida y el enfoque CTS— con resultados prometedores, aunque no siempre sistematizados. Las evaluaciones virtuales favorecieron enfoques más formativos, pero enfrentaron dificultades relacionadas con la equidad y la confiabilidad. Finalmente, la percepción estudiantil fue heterogénea: se valoraron la flexibilidad y el acceso asincrónico, pero también se manifestó desmotivación y sobrecarga académica. En conjunto, los hallazgos evidencian tanto los límites como las oportunidades para avanzar hacia modelos híbridos más inclusivos e innovadores en la enseñanza de la física en educación superior.

Palabras clave: enseñanza superior, pandemia, enseñanza de la física.

Abstract

Universityphysics education has historically faced tensions between theoretical transmission, experimental practice, and the development of higher cognitive skills. The COVID-19 pandemic did not create new challenges inthis area, but it did highlight and exacerbate pre-existing problems, such as the lack of established active methodologies, limitations in formative assessment, and an unfavorable student perception of the discipline. The objective of this study is to comparatively analyze how different Latin American universities approached the teaching of physics in remote mode, focusing on four key variables: technological tools, pedagogical approaches, assessment methods, and student perception. The methodological strategy consisted of a literature reviewof studies published between 2019 and 2023 in databases such as SciELO, RedALyC, and institutional repositories, classifying the findings according to thesecategories. The results show that, although digital platforms and simulators (such as Moodle, Zoom, and PhET) became central, profound technological inequalities persisted between countries and regions. At the pedagogical level, active learning initiatives emerged—such as PBL, the flipped classroom, and the CTS approach—with promising results, although not always systematized. Virtual assessments favored more formative approaches, but faced difficulties related to equity and reliability. Finally, student perceptions were mixed: flexibility and asynchronous access were valued, but there were also reports of demotivation and academic overload. Overall, the findings highlight both the limitations and opportunities for moving toward more inclusive and innovative hybrid models in physics teaching in higher education.The hybrid model is a promising approach for physics teaching in higher education, but it requires careful planning and

implementation.The challenges identified in this study highlight the need for a comprehensive approach that addresses both pedagogical and technological issues.

Keywords: higher education, pandemic, physics education.

Introducción

La enseñanza universitaria de la física constituye un campo complejo que integra la comprensión teórica, la experimentación y el desarrollo de competencias cognitivas superiores. Diversos estudios han identificado tensiones persistentes en los métodos tradicionales centrados en la transmisión de contenidos, lo que ha limitado la motivación, la participación y la comprensión de los estudiantes (Redish, 2003; McDermott & Redish, 1999; Heron, 2018). Este diagnóstico ha impulsado una transición hacia modelos de aprendizaje activos y centrados en el estudiante, sustentados en enfoques constructivistas y socioculturales, especialmente el constructivismo social (Vygotsky, 1978) y el aprendizaje significativo (Ausubel, 1968), que enfatizan la interacción, la indagación y la contextualización del conocimiento.

Desde este marco teórico, el presente estudio organiza su análisis en cuatro ejes estratégicos para comprender y transformar la enseñanza de la física en la educación superior: herramientas tecnológicas, enfoque pedagógico, evaluación y percepción estudiantil.

Las herramientas tecnológicas permiten representar fenómenos abstractos y manipular variables en tiempo real, ampliando la comprensión conceptual. Investigaciones previas demostraron su efectividad, particularmente cuando el uso de simuladores y laboratorios virtuales se encuentra guiado pedagógicamente (Finkelstein et al., 2005; de Jong et al., 2013; Scanlon et al., 2004). Antes de 2020, estos recursos se aplicaban principalmente en entornos presenciales asistidos por TIC, donde simuladores como PhET complementaban la práctica experimental y facilitaban la visualización de conceptos complejos, como la fuerza o la energía (Finkelstein et al., 2005). No obstante, su rol era accesorio y, sin una mediación docente estructurada, podían reducirse a un uso exploratorio o distractor (Blake & Scanlon, 2007).

En relación con el enfoque pedagógico, la evidencia acumulada antes de la pandemia señalaba que los modelos centrados en el estudiante eran más efectivos que los expositivos tradicionales. Estudios pioneros (Hake, 1998; Mazur, 1997; Freeman et al., 2014) demostraron que metodologías activas —como el aprendizaje basado en problemas, la instrucción entre pares y la indagación guiada— mejoraban el rendimiento, la retención y la motivación estudiantil. El modelo de Peer Instruction de Mazur (1997), basado en la discusión entre pares, se consolidó como práctica de referencia. Sin embargo, estas innovaciones eran más frecuentes en experiencias piloto que en la enseñanza regular de física.

Respecto a la evaluación, los métodos tradicionales se centraban en pruebas estandarizadas de lápiz y papel que priorizaban la medición cuantitativa del conocimiento (Black & Wiliam, 2006). A comienzos del siglo XXI surgió un giro hacia la evaluación formativa, concebida como un proceso orientado a apoyar el aprendizaje mediante retroalimentación oportuna y criterios explícitos (Sadler, 1989). Investigaciones posteriores confirmaron que este enfoque promueve la autorregulación y la metacognición (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006). Asimismo, estudios demostraron que no basta con medir únicamente el dominio conceptual; instrumentos como rúbricas para soluciones de problemas (Docktor et al., 2016), informes de laboratorio digitales con retroalimentación (Van De Heyde & Siebrits, 2020) y portafolios vinculados al aprendizaje por proyectos (Ogan-Bekiroglu & Gunay, 2014) permiten evaluar competencias de modelización, argumentación científica y resolución de problemas de manera más integral.

Finalmente, la percepción estudiantil se reconoce como un indicador clave de la efectividad docente. Redish (2003), Mulhall y Gunstone (2017) y Trigwell et al. (1999) señalan que una enseñanza contextualizada e interactiva, sensible a la motivación y las emociones del alumnado, puede reducir las barreras históricas del aprendizaje de la física. Sin embargo, antes de 2020, diversas investigaciones evidenciaban que los estudiantes percibían esta disciplina como abstracta y poco vinculada con su vida cotidiana o su futuro profesional (Redish, 2003). Dicha percepción se relacionaba con la escasa retroalimentación y la limitada interacción docente-estudiante (Mulhall & Gunstone, 2008; Trigwell et al., 1999).

Durante la emergencia sanitaria global, las universidades latinoamericanas enfrentaron la necesidad de migrar rápidamente hacia modalidades virtuales, lo que representó un desafío crítico en programas de física, donde el debate y la experimentación ocupan un lugar central. Aunque existen estudios nacionales sobre estas experiencias (Remesal & Villarroel, 2023; Aquino et al., 2021), persiste la ausencia de un análisis comparativo regional que integre los principales ejes de transformación: tecnología, pedagogía, evaluación y percepción estudiantil.

En consecuencia, este estudio formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se transformó la enseñanza de la física en las universidades latinoamericanas durante la pandemia de COVID-19 en relación con las herramientas tecnológicas utilizadas, los enfoques pedagógicos aplicados, los métodos de evaluación implementados y la percepción estudiantil?

Abordar esta cuestión es relevante porque permite comprender de forma integral las tensiones, innovaciones y desigualdades que caracterizaron la educación remota en física, aportando evidencia que puede orientar el diseño de modelos híbridos más inclusivos, sostenibles y coherentes con las necesidades de la educación superior en América Latina.

En síntesis, la literatura previa ya advertía la urgencia de transformar la enseñanza de la física mediante el uso intencional de recursos tecnológicos, metodologías activas, evaluación formativa y una mayor atención a la experiencia estudiantil. La pandemia no generó nuevos desafíos; más bien aceleró procesos de cambio largamente postergados y visibilizó la necesidad de una enseñanza más equitativa, participativa y significativa.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y documental, orientado al análisis sistemático de la literatura sobre la enseñanza remota de la física universitaria en América Latina durante la pandemia de COVID-19. Para garantizar rigor y transparencia en la identificación, selección y depuración de fuentes, se aplicó el protocolo PRISMA, que estructuró la búsqueda, el cribado y la evaluación de los estudios, asegurando trazabilidad y exhaustividad. El periodo de revisión fue 2019-2023, con el fin de identificar las transformaciones recientes en estrategias pedagógicas, recursos tecnológicos y percepciones estudiantiles.

Las bases de datos consultadas fueron Scopus, ScienceDirect y SciELO, seleccionadas por su fiabilidad, cobertura regional y relevancia en educación científica y tecnológica.

Categorías de análisis

Se estableció la categoría principal “Enseñanza remota de la física universitaria” y las subcategorías “Herramientas tecnológicas empleadas”, “Enfoques pedagógicos”, “Estrategias e instrumentos de evaluación” y “Percepción y experiencia estudiantil”. Estas se fundamentaron en aportes de Redish (2003), Mazur (1997), Freeman et al. (2014) y Finkelstein et al. (2005), quienes destacan la integración de tecnología, pedagogía activa, evaluación formativa y percepción del aprendizaje.

Procedimiento de selección y análisis

El proceso siguió las directrices PRISMA mediante criterios explícitos de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

a) Artículos revisados por pares (2019-2023).
b) Investigaciones sobre enseñanza universitaria de la física en modalidad remota o híbrida.
c) Procedencia de Scopus, ScienceDirect o SciELO.

d) Texto completo en español, inglés o portugués.

Criterios de exclusión:

a) Publicaciones con más de cinco años.
b) Estudios no vinculados con física o educación superior.
c) Documentos con fundamentos pedagógicos imprecisos.

De 547 artículos identificados, 47 cumplieron los criterios de calidad y pertinencia. La información se recolectó mediante análisis documental sistemático y fichas de síntesis que registraron autores, países, objetivos, metodología y resultados.

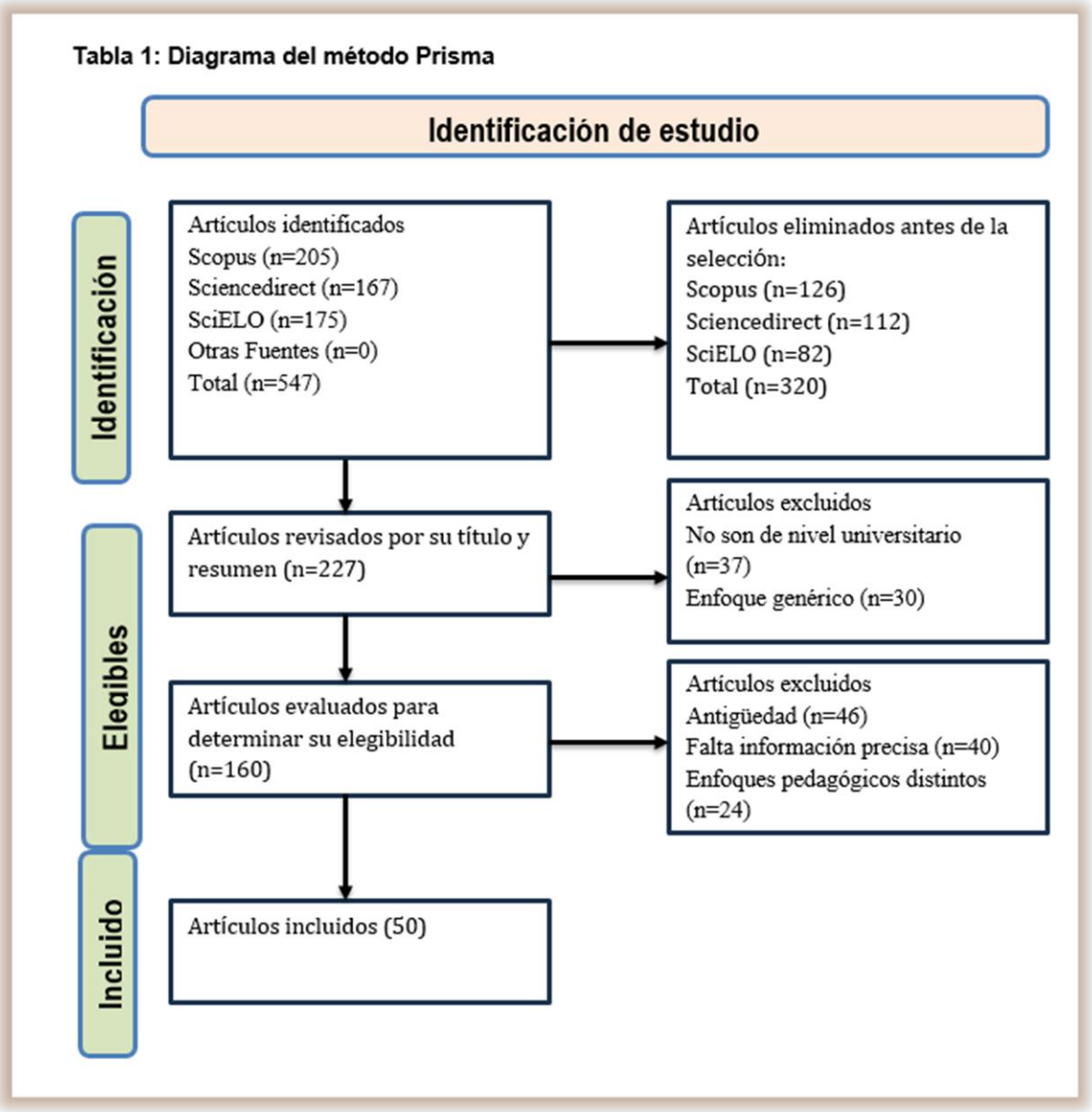
Análisis y rigor científico

El análisis se realizó mediante un enfoque deductivo-analítico que organizó los hallazgos desde tendencias generales hacia casos particulares en países latinoamericanos. Según Cohen y Gómez (2019), el análisis documental identifica regularidades, contrastes y principios explicativos dentro del corpus. Este enfoque permitió detectar patrones comunes en las subcategorías vinculadas con la enseñanza universitaria de la física durante la pandemia.

La validez y confiabilidad se garantizaron seleccionando exclusivamente revistas indexadas en Scopus, ScienceDirect y SciELO, y verificando metadatos (autoría, filiación, indexación y revisión por pares). Se priorizaron artículos con evidencia verificable sobre el impacto de la virtualidad en la enseñanza de la física.

El rigor científico se sostuvo mediante exhaustividad, pertinencia temática y trazabilidad, siguiendo PRISMA 2020. El estudio respetó principios de integridad académica y ética de la investigación documental, asegurando uso responsable de la información, parafraseo riguroso y referenciación según APA 7. No se manipularon datos empíricos. Se preservó la autoría intelectual y se verificó la autenticidad de las fuentes mediante revistas indexadas. Esta transparencia metodológica fortalece la credibilidad del estudio y su aporte al campo de la enseñanza de la física en contextos digitales.

Tabla 1: Diagrama del método Prisma



Resultados y discusión

- **Herramientas tecnológicas**

Durante la pandemia, las universidades latinoamericanas recurrieron masivamente a plataformas como Moodle y Zoom para sostener la enseñanza de la física, aunque su eficacia dependió de la capacitación docente, el soporte técnico y la conectividad.

En México, Bautista et al. (2024) describieron el uso combinado de LMS, videoconferencias y simuladores en laboratorios de mecánica, mientras que Álvarez Siordia (2024) mostró que la realidad aumentada incrementó motivación y comprensión espacial.

En Colombia, la virtualización se apoyó en TIC, pero enfrentó limitaciones de infraestructura y competencia digital (Cabrera-Bolaños, 2020). Situaciones similares se registraron en Argentina y Perú, donde los recursos de bajo costo (YouTube, WhatsApp, videos asincrónicos) permitieron continuar contenidos y prácticas básicas (Rodera, 2021).

En Costa Rica, Arias Navarro y Arguedas-Matarrita (2020) demostraron que herramientas digitales accesibles pueden favorecer la comprensión conceptual si se articulan bajo un enfoque pedagógico claro. En Argentina, se reportó un uso intensivo de simuladores, laboratorios virtuales y tutorías asincrónicas, junto con recursos abiertos como PhET y video-experimentos (Herrero-Villarreal, 2020; Moya et al., 2021; Ré, 2021).
Asimismo, universidades como la UBA integraron Moodle, clases sincrónicas y acompañamiento asincrónico (Hernández et al., 2022). En Brasil, diversas instituciones adoptaron videoaulas y laboratorios remotos como parte de modelos híbridos (Freitas et al., 2021; Costa et al., 2022).

Tabla 2. Herramientas digitales en la enseñanza universitaria de la física durante la pandemia en América Latina

País	Herramientas digitales	Evidencias pedagógicas	Limitaciones	Referencia
México	Moodle, Zoom, Realidad Aumentada (RA)	La combinación de Moodle y Zoom permitió mantener la comunicación sincrónica y la continuidad académica. La RA en laboratorios de mecánica incrementó la motivación y la comprensión espacial de los fenómenos físicos.	Desigualdad en el acceso a internet en regiones rurales y escasa capacitación docente para el uso de tecnologías inmersivas.	Álvarez Siordia (2024); Bautista et al. (2024)
Colombia	Moodle, Google Classroom, videoconferencias	Virtualización acelerada de cursos de física y ciencias básicas con buenas prácticas de evaluación digital y acompañamiento docente.	Limitaciones en infraestructura tecnológica y baja alfabetización digital docente.	Cabrera-Bolaños (2020); Rodera (2021)
Costa Rica	Aplicaciones interactivas, PhET, App II Ley de Newton	Implementación exitosa de aplicaciones accesibles en la enseñanza experimental remota bajo un enfoque constructivista, favoreciendo la comprensión conceptual.	Falta de soporte institucional y brechas tecnológicas en zonas rurales.	Arias Navarro & Arguedas-Matarrita (2020)
Argentina	Moodle, Zoom, YouTube, PhET, laboratorios virtuales	Universidades públicas adaptaron cátedras de física a entornos híbridos mediante simuladores, tutorías asincrónicas, video-experimentos y foros de acompañamiento remoto.	Conectividad limitada en el interior del país y desigual acceso a plataformas institucionales.	Herrero-Villarreal (2020); Moya et al. (2021); Ré (2021); Bravo (2022); Hernández et al. (2022)
Perú	WhatsApp, YouTube, Google Meet, recursos abiertos	Empleo de herramientas gratuitas y de bajo consumo de datos para garantizar acceso en zonas rurales y continuidad pedagógica asincrónica.	Brecha digital pronunciada y escasa alfabetización tecnológica en docentes y estudiantes.	Rodera (2021)
Brasil	Moodle, laboratorios remotos, videoaulas, plataformas institucionales	Universidades federales desarrollaron entornos propios de laboratorio remoto y videoaulas como estrategia para sostener la enseñanza experimental en física.	Dependencia de infraestructura tecnológica robusta y soporte técnico especializado.	Freitas et al. (2021); Costa et al. (2022)

- **Enfoques pedagógicos**

Predominó un enfoque tradicional centrado en la exposición docente y en la transferencia directa de contenidos, con interacción limitada y dificultades para el aprendizaje significativo. No obstante, varias universidades implementaron metodologías activas —ABP, aula invertida, gamificación y laboratorios virtuales guiados— que mejoraron participación y comprensión.

En México, la combinación de Moodle, Zoom y estrategias colaborativas favoreció la retención (Álvarez, 2024; Delgado, 2021).

En Colombia, Olivares-Parada et al. (2020) documentaron tutorías sincrónicas y aprendizaje activo. En Costa Rica, se destacó la indagación guiada mediante simulaciones (Arias Navarro & Arguedas-Matarrita, 2020).

En Brasil, experiencias de aula invertida y gamificación con herramientas interactivas como Tinkercad fortalecieron el aprendizaje autónomo (Santos & Santos, 2023). En Argentina y Perú se exploró el ABP mediante foros, proyectos y presentaciones colaborativas (Rodera, 2021). En síntesis, la transición hacia pedagogías activas fue parcial y desigual, condicionada por la infraestructura y la formación docente.

Tabla 3. Enfoques pedagógicos activos en la enseñanza universitaria de la física durante la pandemia en América Latina

País	Metodología	Evidencias pedagógicas	Limitaciones	Referencia
México	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y aprendizaje colaborativo mediado por Moodle y Zoom	La integración de discusiones guiadas y resolución colaborativa de problemas mejoró la comprensión conceptual y la retención estudiantil.	Brecha digital persistente y sobrecarga laboral del profesorado.	García-Holgado et al. (2021)
Colombia	Tutorías sincrónicas, aprendizaje activo y foros reflexivos	Implementación de estrategias participativas que fomentaron el razonamiento crítico y la interacción continua en física básica.	Insuficiente formación pedagógica docente en metodologías activas y escaso soporte institucional.	López, Martínez & Rodríguez (2021)
Costa Rica	Indagación guiada y experimentación remota con aplicaciones interactivas	Uso de simulaciones y apps accesibles para que los estudiantes formularan hipótesis y verificaran resultados experimentales de forma remota.	Limitado acompañamiento técnico y desigualdad tecnológica entre regiones.	Arias Navarro & Arguedas-Matarrita (2020)
Brasil	Aula invertida y gamificación con laboratorios virtuales	Aplicación de Tinkercad y plataformas interactivas en cursos de física experimental, fortaleciendo la autonomía y el aprendizaje significativo.	Desigual acceso a conectividad y equipamiento tecnológico.	Santos & Santos (2023)
Argentina	ABP, proyectos interdisciplinarios y simuladores virtuales	Adopción de metodologías colaborativas en línea que desarrollaron competencias científicas y mejoraron la comprensión conceptual.	Desigualdad de infraestructura entre universidades regionales y limitaciones en conectividad.	Herrero-Villarreal (2020); Moya et al. (2021); Ré (2021); Ciriaco et al. (2022); Hernández et al. (2022)
Perú	Foros asincrónicos, trabajo colaborativo y proyectos interdisciplinarios	Uso de herramientas abiertas (Google Meet, WhatsApp, YouTube) para la resolución de problemas y el aprendizaje cooperativo.	Limitada alfabetización digital docente y conectividad inestable en zonas rurales.	UNL Virtual (2021); Revista de Enseñanza de la Física (2021)

- **Evaluación**

La evaluación se trasladó principalmente a tareas, cuestionarios y pruebas virtuales, con problemas de equidad y confiabilidad debido a la desigualdad tecnológica (Ramos-Galarza et al., 2023; Arias, 2024). En Brasil, se adoptaron evaluaciones experimentales en casa, informes semiestructurados y ejercicios sincrónicos por videollamada, buscando simular condiciones presenciales y sostener habilidades prácticas. Estudios recientes subrayan la necesidad de instrumentos digitales robustos y accesibles, con medidas anti-trampa (Pogaku, 2023; Merchante et al., 2024). La evidencia revela una tensión persistente entre continuidad evaluativa y desigualdades estructurales, lo que demanda modelos de evaluación auténtica y formativa adecuados a escenarios de conectividad heterogénea.

Tabla 4. Prácticas evaluativas en la enseñanza universitaria de la física durante la pandemia en América Latina

País / Región	Modalidades evaluativas	Adaptaciones pedagógicas	Desafíos y limitaciones	Referencia
América Latina (general)	Tareas asincrónicas, cuestionarios en línea, pruebas virtuales mediante plataformas digitales (Moodle, Google Forms, LMS institucionales)	Ampliación del uso de entornos virtuales para la evaluación continua; incorporación de cuestionarios autoadministrados y retroalimentación automatizada.	Desigualdad de acceso a recursos tecnológicos, brecha digital docente-estudiante y ausencia de modelos estandarizados de evaluación auténtica.	Ramos-Galarza et al. (2023); The Aarias (2024)
Brasil	Evaluaciones experimentales en casa, informes semiestructurados, ejercicios sincrónicos vía videollamada	Implementación de prácticas híbridas que simularon experimentación presencial mediante recolección de datos por parte del estudiante y evaluación oral sincrónica.	Falta de estandarización, riesgo de fraude académico y necesidad de fortalecer criterios técnicos y éticos de evaluación digital.	Pogaku (2023); Merchante et al. (2024)

- **Percepción estudiantil**

Los estudiantes valoraron la flexibilidad y el acceso a clases grabadas, pero manifestaron dificultades para comprender contenidos complejos sin interacción presencial. Salas-Pilco et al. (2022) evidencian que el compromiso en línea disminuyó por barreras tecnológicas y retroalimentación insuficiente.

Estudios más amplios reportan fatiga, ansiedad y desmotivación ante cursos virtuales sin estructura clara (Lobos-Rivera et al., 2023). En Brasil se observó mayor autonomía, pero también frustración por la falta de apoyo práctico (Ferreira & Oliveira, 2022; Aguiar et al., 2022). En conjunto, la percepción estudiantil estuvo marcada por una paradoja: flexibilidad y autonomía, pero menor interacción, acompañamiento y sentido de comunidad académica.

Tabla 5. Principales percepciones estudiantiles en la enseñanza universitaria remota de física durante la pandemia de COVID-19 en América Latina

Percepción o emoción predominante	Descripción y contexto pedagógico	Estudios de referencia
Flexibilidad horaria y autonomía en el aprendizaje	Los estudiantes valoraron la posibilidad de acceder a clases grabadas, gestionar su tiempo y organizar el estudio de manera más independiente.	Salas-Pilco et al. (2022); Lobos-Rivera et al. (2023)
Dificultad para comprender conceptos complejos	La ausencia de interacción presencial y de retroalimentación inmediata afectó la comprensión de fenómenos físicos abstractos.	Salas-Pilco et al. (2022)
Desmotivación y fatiga digital	La sobreexposición a pantallas y la falta de espacios de socialización académica redujeron el sentido de pertenencia y la motivación por la asignatura.	Lobos-Rivera et al. (2023)
Estrés y ansiedad académica	Se reportaron altos niveles de estrés y ansiedad vinculados a la autoexigencia, la incertidumbre tecnológica y la carga de trabajo no estructurada.	Lobos-Rivera et al. (2023)
Percepción de autonomía con frustración práctica	Algunos estudiantes manifestaron mayor control sobre su aprendizaje, pero también frustración ante la falta de orientación docente en actividades experimentales o de laboratorio.	Ferreira & Adhimar Flávio Oliveira (2022); Aguiar et al. (2022)
Déficit de acompañamiento pedagógico y emocional	La reducción del contacto docente-alumno y la escasa retroalimentación generaron sensación de aislamiento y desinterés progresivo en el curso.	Salas-Pilco et al. (2022); Lobos-Rivera et al. (2023)

Los resultados evidencian que la enseñanza universitaria de la física en América Latina durante la pandemia de COVID-19 se caracterizó por la reconfiguración acelerada del ecosistema educativo digital, impulsada por la necesidad de continuidad académica y por la brecha estructural preexistente en países e instituciones. La adopción de plataformas como Moodle y Zoom se consolidó como tendencia generalizada, pero su eficacia dependió fuertemente de la formación docente, la infraestructura institucional y las condiciones socioeconómicas del estudiantado. Esta evidencia confirma una regularidad regional: la tecnología, en sí misma, no garantiza aprendizajes significativos, sino que requiere de mediaciones pedagógicas coherentes y sostenibles.

Desde el plano pedagógico, los hallazgos revelan una **transición parcial desde modelos expositivos hacia enfoques centrados en el estudiante**, donde experiencias con **aprendizaje basado en problemas, aula invertida y gamificación** mostraron mejoras comprobables en motivación y comprensión conceptual. Sin embargo, esta transformación fue desigual: mientras algunas universidades innovaron con estrategias activas y colaborativas, otras se limitaron a la simple digitalización de las clases magistrales. Ello plantea una regularidad teórica: la integración efectiva de metodologías activas depende de la competencia digital docente y del diseño instruccional contextualizado, más que del tipo de tecnología empleada.

En materia de evaluación, la evidencia comparada sugiere una tensión estructural entre equidad, **validez** y control. Las estrategias digitales asincrónicas —cuestionarios, tareas, informes— aseguraron continuidad, pero expusieron problemas de fiabilidad y desigualdad tecnológica. Las innovaciones brasileñas con evaluaciones experimentales en casa y videollamadas sincrónicas representan un avance hacia modelos híbridos más auténticos, aunque aún carecen de estandarización. De este modo, la discusión apunta a una necesidad teórica: desarrollar marcos de evaluación auténtica y formativa adecuados a entornos digitales desiguales.

Respecto a la percepción estudiantil, las investigaciones revisadas coinciden en que la virtualidad generó una paradoja educativa: mayor autonomía y flexibilidad, pero menor interacción, acompañamiento y motivación.

Este fenómeno evidencia una relación inversamente proporcional entre autonomía percibida y sentido de comunidad académica, lo que sugiere que la enseñanza de la física requiere equilibrar la independencia del estudiante con estrategias de socialización científica y emocionalmente sostenibles.

En conjunto, los hallazgos permiten generalizar que la pandemia actuó como acelerador de procesos de innovación, pero también como amplificador de desigualdades estructurales en la educación científica superior

latinoamericana. En términos de proyección teórica, este trabajo contribuye a la consolidación de una pedagogía en la enseñanza remota de la física basada en cuatro ejes interdependientes —infraestructura tecnológica, enfoque pedagógico activo, evaluación formativa y percepción estudiantil— que pueden guiar futuras líneas de investigación y políticas educativas. Desde el punto de vista práctico, los resultados ofrecen fundamentos para diseñar modelos híbridos sostenibles, con simulaciones accesibles, acompañamiento docente continuo y mecanismos de evaluación auténtica. Finalmente, la pertinencia del estudio se enmarca en la línea de investigación sobre innovación educativa y enseñanza de las ciencias, aportando evidencia empírica para repensar la formación científica en contextos de alta incertidumbre y transformación digital.

Conclusiones

El estudio comparativo sobre la enseñanza remota de la física universitaria en América Latina durante la pandemia de COVID-19 permite caracterizar su profunda transformación, articulada en cuatro dimensiones interdependientes: tecnológica, pedagógica, evaluativa y experiencial. En el plano de las herramientas tecnológicas, la investigación demuestra que su valor no reside en la adopción masiva de plataformas o simuladores, sino en su integración didáctica contextualizada. La evidencia regional confirma que las tecnologías resultan efectivas cuando se acompañan de guía docente, soporte técnico y un propósito cognitivo claro. Sin estos elementos, la digitalización tiende a reproducir las limitaciones del modelo expositivo tradicional.

Respecto a los enfoques pedagógicos, los resultados evidencian una transición parcial hacia metodologías centradas en el estudiante —como el aprendizaje basado en problemas, el aula invertida y la gamificación—, que mostraron mejoras verificables en motivación y comprensión conceptual. No obstante, su implementación desigual revela que la verdadera innovación pedagógica depende menos de la tecnología y más de la formación docente y de un diseño instruccional reflexivo. En cuanto a la evaluación, se observa que la urgencia de continuidad propició prácticas predominantemente digitales y asincrónicas, útiles pero insuficientes para garantizar equidad y autenticidad. Las experiencias híbridas desarrolladas en Brasil y otros países representan un avance hacia evaluaciones más formativas y contextualizadas, aunque persiste el desafío de diseñar marcos evaluativos válidos, justos y sostenibles en entornos digitales heterogéneos.

Por último, la percepción estudiantil evidencia un patrón ambivalente: la virtualidad otorgó flexibilidad y autonomía, pero también intensificó la sensación de aislamiento y la pérdida de interacción significativa. Este hallazgo reafirma que la enseñanza de la física no puede disociarse del acompañamiento humano, la motivación y la comunidad como condiciones esenciales del desarrollo cognitivo. En síntesis, los cuatro ejes convergen en un principio común: la calidad del aprendizaje científico depende de la coherencia entre tecnología, pedagogía, evaluación y experiencia estudiantil. Este trabajo aporta una visión integrada de dicha relación en el contexto latinoamericano, demostrando que la modernización tecnológica solo adquiere sentido cuando se orienta al fortalecimiento pedagógico y a la equidad educativa.

Quedan abiertas líneas de investigación en torno a tres desafíos: (1) la construcción de modelos híbridos de enseñanza en física universitaria; (2) la creación de instrumentos de evaluación auténtica adaptados a contextos digitales; y (3) la exploración longitudinal de la motivación y percepción estudiantil frente a las nuevas ecologías de aprendizaje.

Referencias

Aguiar, C., et al. (2022). Ensino de física em tempos de pandemia: Instrução remota e desempenho acadêmico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0329

Álvarez Siordia, F. M. (2024). Realidad aumentada como herramienta alternativa para el aprendizaje en el laboratorio de mecánica. *DIDAC*. https://doi.org/10.48102/didac.2024..84_JUL-DIC.216

Aquino, O. F., Zuta, P. M., & Cao, E. R. (2021). Remote teaching in professor training: Three Latin American experiences in times of COVID-19 pandemic. *Education Sciences*. https://doi.org/10.3390/educsci11120818

Arias, E., et al. (2024). The state of education in Latin America and the Caribbean: Learning assessments. https://doi.org/10.18235/0013171

Arias Navarro, E., & Arguedas-Matarrita, C. (2020). El trabajo experimental en la enseñanza de la física en tiempos de pandemia mediante el uso de la aplicación II Ley de Newton en la UNED de Costa Rica. *Innovaciones Educativas*. https://doi.org/10.22458/ie.v22iespecial.3204

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston. http://www.thenhier.ca/en/node/464

Bautista, G., Cabrera, J., Pacheco-Blas, M., & Álvarez Siordia, F. (2022). La enseñanza remota del laboratorio de

mecánica a nivel universitario durante la pandemia de COVID-19. *DIDAC, 80*, 13–22. https://doi.org/10.48102/didac.2022..80_JUL-DIC.105
Black, P., & Wiliam, D. (2010). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*. https://doi.org/10.1177/003172171009200119
Black, P., & Wiliam, D. (2006). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*. https://doi.org/10.1080/0969595980050102
Blake, C., & Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: Features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning, 23*(6), 491–502. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00239.x
Bravo, S., & Ledesma, S. (2022). El trabajo de laboratorio en el aprendizaje de óptica geométrica durante la pandemia. *Revista de Educación en Física*. https://www.scielo.org.ar/pdf/redef/v34s1/2250-6101-redef-34-s1-13.pdf
Bolaños, M. (2021). Educación virtual en las universidades públicas colombianas en tiempos de pandemia. *Criterio Libre Jurídico, 17*. https://doi.org/10.18041/1794-7200/clj.2020.v17n2.7938
Cohen, N., & Gómez, G. (2019). *Metodología de la investigación: ¿Para qué?* Editorial Teseo. https://www.teseopress.com/metodologiadelainvestigacion
Costa, F., et al. (2022). Laboratórios on-line: Espaços do ensino remoto e possíveis contribuições para formação humana integral na educação básica. *Research, Society and Development*. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25904
De Jong, T., et al. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.1230579
Docktor, J., et al. (2016). A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010130
Ferreira, P., & Oliveira, A. F. (2022). Impactos na aprendizagem e percepções dos alunos sobre as aulas experimentais no contexto do ensino remoto. *Research, Society and Development, 11*(6), e48311629087. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29087
Finkelstein, N., et al. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103
Freeman, S., et al. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
Freitas, T., et al. (2021). Ensino de física em tempos de pandemia: A utilização do applet “Forças e Movimento”, da plataforma PhET Interactive Simulation, como ferramenta metodológica. *Research, Society and Development*. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22796
Delgado, U., & Flores, F. (2021). Entornos virtuales de aprendizaje adoptados en la universidad ante el COVID-19. *Diálogos sobre Educación*. https://doi.org/10.32870/dse.v0i22.829
Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. https://doi.org/10.1119/1.18809
Herrero-Villarreal, D. (2020). Laboratorios remotos: Recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física, 32*(Extra), 181–189. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/30991
Hernández, F., et al. (2022). Enseñanza virtual de física en cátedras masivas en el marco de la pandemia Covid-19. En E. Artopoulos (Ed.), *Escenarios y recursos para la enseñanza con tecnología: Desafíos y retos* (pp. 193–203). Octaedro. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/235454
Heron, P. R. L. (2018). Identifying and addressing difficulties: Reflections on the empirical and theoretical basis of an influential approach to improving physics education. *Reviews in Physics Education Research*. https://doi.org/10.1119/RevPerV2.5.2
Idoyaga, I., & Arguedas-Matarrita, C. (2021). Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos. *Revista de Enseñanza de la Física*. https://redi.anii.org.uy/jspui/bitstream/20.500.12381/3342/1/T33_Idoyaga%2By%2BArguedas-Matarrita.pdf
Lobos-Rivera, F., et al. (2023). Síntomas de depresión, ansiedad y estrés en una muestra de estudiantes universitarios de nuevo ingreso. https://hdl.handle.net/20.500.11885/772
Olivares-Parada, G., Olivares-Parada, P., & Parada-Rico, D. (2020). El contexto de la COVID-19 como espacio

para repensar la virtualización educativa por parte de docentes universitarios. *Educación y Humanismo*. https://doi.org/10.17081/eduhum.23.40.4276
Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall.
McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics, 67*(9), 755–767. https://doi.org/10.1119/1.19122
Merchante, L. F. S., Vallez, C. M., & Szczerbik, C. (2024). *Towards a low-cost universal access cloud framework to assess STEM students*. https://arxiv.org/abs/2401.17701
Moya, C., et al. (2021). Las actividades experimentales en física durante la pandemia. *Revista de Enseñanza de la Física*. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35589
Mulhall, P., & Gunstone, R. (2017). Views about learning physics held by physics teachers with differing approaches to teaching physics. *Journal of Science Teacher Education*. https://doi.org/10.1007/s10972-012-9291-2
Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*. https://doi.org/10.1080/03075070600572090
Ogan-Bekiroglu, F., & Gunay, A. (2014). Impact of portfolio assessment on physics students' outcomes: Examination of learning and attitude. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 10*(6). https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1227a
Pogaku, S. (2023). *Evaluating the efficacy of online assessments in higher education*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2312.13412
Ferreira de Moraes, P., & Oliveira, A. F. (2022). Impacts on learning and students' perceptions of experimental classes in the context of remote teaching. *Research, Society and Development*. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29087
Ramos-Galarza, C., Cóndor-Herrera, O., & Cruz-Cárdenas, J. (2023). Evaluation of online learning platforms in Latin America. *Emerging Science Journal*. https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-SIED-018
Ré, M. A. (2021). Vídeo experimental en la enseñanza remota de emergencia. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en la Tecnología*. https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1527
Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the Physics Suite*. Wiley. https://doi.org/10.1119/1.1691552
Remesal, A., & Villarroel, V. (2023). Challenges for post-pandemic virtual education in Latin America: A comparative analysis of the emergency remote higher education process in Chile, Mexico, and Ecuador. *Sustainability, 15*(19), 14199. https://doi.org/10.3390/su151914199
Revista de Enseñanza de la Física. (2021). Número especial sobre enseñanza remota de la física en tiempos de pandemia. *Revista de Enseñanza de la Física, 33*(1), 1–10. http://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
Rodera, J., & Walker, V. (2021). Virtualización forzada y cambios en el trabajo docente universitario: El caso de la Universidad Nacional del Sur. *RAES, 13*(22). https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8247051.pdf
Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science, 18*, 119–144. https://doi.org/10.1007/BF00117714
Salas-Pilco, et al. (2022). Student engagement in online learning in Latin American higher education during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *British Journal of Educational Technology, 53*(3), 593–619. https://doi.org/10.1111/bjet.13190
Santos, P., & Santos, D. (2023). O ensino remoto de física experimental: Um relato de experiência da utilização do Tinkercad para uma aprendizagem significativa de circuitos elétricos. https://doi.org/10.36229/978-65-5866-272-3.CAP.18
Scanlon, E., Jones, A., & Waycott, J. (2004). Mobile technologies: Prospects for their use in learning in informal science settings. *Journal of Interactive Media in Education*. https://doi.org/10.5334/2005-25
Trigwell, K., Prosser, M., & Waterhouse, F. (1999). Relations between teachers' approaches to teaching and students' approaches to learning. *Higher Education*. https://doi.org/10.1023/A:1003548313194
Van De Heyde, V., & Siebrits, M. (2020). Digital laboratory report writing, assessment and feedback in the 21st century for an extended curriculum programme for physics. *Research in Science & Technological Education*. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1775571
Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.