



Innovación frugal digital y justicia educativa: revisión integrativa sobre acceso, mediación pedagógica y desigualdad (2019–2025)

Digital Frugal Innovation and Educational Justice: An Integrative Review of Access, Pedagogical Mediation, and Inequality (2019–2025)

Yesid Alexander Garces Pulido¹

yesid.garces@unad.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-9563-5698>

Omar Leonardo Leyton Mendieta²

Omar.leyton@unad.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4438-4643>

¹ Administrador de Empresas, Especialista y Magíster en Gerencia del Talento Humano, PhD en Administración Gerencial. Actualmente es docente e investigador en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Líbano, Tolima, Colombia. Correo:

² Ingeniero Electrónico, Especialista en Gestión de Redes y Datos de la Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Actualmente es docente e investigador en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia Líbano, Tolima, Colombia, donde lidera proyectos en automatización residencial y seguridad hídrica. Sus líneas de investigación incluyen sistemas embebidos, Internet de las Cosas (IoT) y energías renovables.



RESUMEN

Las desigualdades educativas asociadas a la conectividad, la infraestructura, las capacidades institucionales y las condiciones territoriales han impulsado soluciones digitales de bajo costo; no obstante, la mera asequibilidad no garantiza aprendizaje, inclusión ni sostenibilidad. El presente artículo analiza en qué condiciones la innovación frugal digital fortalece el acto educativo y bajo cuáles reproduce segmentación, dependencia tecnológica y transferencia de costos hacia docentes, estudiantes y familias. Se desarrolló una revisión integrativa de 37 artículos arbitrados publicados entre 2019 y 2025 sobre innovación frugal, economía digital, sostenibilidad y educación. Como apoyo metodológico y contextual se consultaron 11 fuentes complementarias, sin incorporarlas a la codificación temática del *corpus*. La revisión articuló estudios sobre brecha digital, mediación pedagógica, plataforma, trabajo docente y mercantilización. La búsqueda se realizó en Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, Taylor & Francis Online y SpringerLink; la evaluación consideró pertinencia educativa, claridad metodológica, calidad argumentativa y contribución analítica. La síntesis identificó cinco núcleos temáticos: acceso material; mediación pedagógica y capacidades docentes; desigualdad en los usos y resultados; plataforma y apropiación de datos; y gobernanza educativa de las tecnologías. Los hallazgos muestran que la innovación frugal puede ampliar el derecho a la educación cuando responde a finalidades pedagógicas, reconoce el trabajo docente, se adapta al territorio y preserva la autonomía institucional. Sin estas condiciones, puede contribuir a consolidar una oferta educativa mínima para poblaciones empobrecidas. Se concluye que la frugalidad educativa debe distinguirse de la austeridad: la primera reorganiza recursos para ampliar capacidades y derechos; la segunda normaliza la insuficiencia y desplaza sus costos hacia los sujetos educativos.

Palabras clave:

innovación educativa, tecnología educativa, desigualdad digital, mediación pedagógica, justicia educativa, innovación frugal.

ABSTRACT

Educational inequalities associated with connectivity, infrastructure, institutional capacity, and territorial conditions have encouraged low-cost digital solutions; however, affordability alone does not ensure learning, inclusion, or sustainability. This article analyses the conditions under which digital frugal innovation strengthens the educational act and those under which it reproduces segmentation, technological dependence, and cost shifting to teachers, students, and families. An integrative review of 37 peer-reviewed articles published between 2019 and 2025 on frugal innovation, the digital economy, sustainability, and education was conducted. Eleven additional methodological and contextual sources were consulted but were not included in the thematic coding of the analytical corpus. The review integrated research on the digital divide, pedagogical mediation, platformization, teacher labour, and commodification. Searches were conducted in Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, Taylor & Francis Online, and SpringerLink; studies were assessed for educational relevance, methodological clarity, argumentative quality, and analytical contribution. Five thematic areas emerged: material access; pedagogical mediation and teacher capacities; inequalities in uses and outcomes; platformization and data appropriation; and educational governance of technology. Findings indicate that frugal innovation can expand the right to education when it serves pedagogical purposes, recognizes teacher labour, adapts to territorial contexts, and preserves institutional autonomy. Without these conditions, it may consolidate minimal educational provision for impoverished populations. Educational frugality must therefore be distinguished from austerity: the former reorganizes resources to expand capabilities and rights, while the latter normalizes insufficiency and shifts its costs onto educational subjects.

Keywords:

educational innovation, educational technology, digital inequality, pedagogical mediation, educational justice, frugal innovation.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital no constituye un proceso externo al acto educativo; antes bien, lo atraviesa en sus dimensiones más íntimas. Plataformas, sistemas de gestión, recursos abiertos, dispositivos móviles e inteligencia artificial intervienen en la organización del tiempo escolar, en la selección de contenidos, en las formas de evaluación y en la relación pedagógica misma. Por ello, su análisis no puede limitarse a medir cobertura o disponibilidad tecnológica: debe establecer cómo estas infraestructuras afectan las posibilidades concretas de enseñar, aprender, dialogar y producir conocimiento en contextos socialmente desiguales.

Esta preocupación coincide con el alcance de los estudios educativos contemporáneos, que han desplazado la noción de brecha digital desde el acceso físico hacia las diferencias en competencias, usos, apoyos y resultados. En Colombia persisten divisiones asociadas al estrato socioeconómico, al carácter público de la institución y a la localización rural o urbana (Mendoza-Lozano et al., 2021). En el plano internacional, van de Werfhorst et al. (2022) y Zhao et al. (2022) muestran que estudiantes con acceso semejante obtienen beneficios diferentes debido a desigualdades de capital cultural, acompañamiento docente, apoyo familiar y preparación institucional. El problema educativo, por tanto, no es únicamente conectar a los sujetos, sino garantizar las condiciones para convertir esa conexión en aprendizaje y participación.

En este escenario, la innovación frugal ha sido propuesta como una alternativa relevante. Se orienta a producir soluciones funcionales, asequibles, adaptables y eficientes bajo restricciones severas de recursos (Hindocha et al., 2021; Hossain et al., 2022). Aplicada a la educación, puede expresarse en contenidos abiertos, dispositivos reparables, aplicaciones que operan fuera de línea, redes comunitarias, laboratorios de bajo costo y sistemas de acompañamiento diseñados para territorios con infraestructura limitada. Su potencial reside menos en la sofisticación del artefacto que en la capacidad de resolver un problema pedagógico concreto con recursos disponibles.

Sin embargo, la frugalidad no es políticamente neutra. Una solución de bajo costo puede ampliar derechos, pero también puede legitimar estándares diferenciados de calidad, sustituir inversión pública, intensificar el trabajo docente o integrar a las instituciones en infraestructuras privadas de las que no controlan datos ni reglas. Armila et al. (2024) muestran que la digitalización puede presentarse como fuerza igualadora mientras oculta procesos de mercantilización. Kerssens y van Dijck (2021), Decuypere et al. (2021) y Komljenovic (2022) evidencian que las plataformas reorganizan el campo

educativo, concentran capacidad de decisión y convierten interacciones, contenidos y datos en activos económicos.

Esta contradicción exige interrogar las relaciones sociales que sostienen la innovación: quién controla los medios digitales de producción educativa; quién realiza el trabajo de adaptación, soporte y acompañamiento; quién asume los costos; y quién se apropia del valor derivado de contenidos, datos y actividad pedagógica. No se trata de rechazar la tecnología, sino de situarla en la totalidad de relaciones institucionales, laborales y económicas que determinan su uso. La categoría decisiva no es la novedad técnica, sino su capacidad para fortalecer autonomía, cooperación y formación humana.

La brecha de conocimiento se encuentra en la débil articulación entre la investigación sobre innovación frugal —concentrada en sostenibilidad empresarial, salud, energía y manufactura— y los estudios educativos sobre mediación pedagógica, desigualdad digital, plataformización y trabajo docente. Aunque ambas tradiciones reconocen la importancia de ampliar el acceso, aún falta una síntesis que convierta el acto educativo en unidad principal de análisis y examine las condiciones institucionales que hacen posible una apropiación tecnológica justa.

La pregunta de investigación es: ¿en qué condiciones la innovación frugal digital contribuye al acceso, la mediación pedagógica y la justicia educativa, y bajo cuáles reproduce desigualdad, austeridad y dependencia tecnológica? El objetivo general es analizar críticamente la producción académica publicada entre 2019 y 2025 sobre innovación frugal, economía digital y educación, para identificar sus aportes al acto educativo, sus contradicciones estructurales y los criterios necesarios para una implementación pedagógica, territorial y socialmente justa.

De manera específica, se busca: a) caracterizar las contribuciones de las tecnologías frugales al acceso y la continuidad educativa; b) analizar el papel de la mediación y del trabajo docente; c) identificar desigualdades de uso y resultados; d) examinar los efectos de la plataformización sobre autonomía, datos y valor; y e) proponer criterios replicables de gobernanza educativa para contextos con recursos limitados.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Innovación frugal: capacidades, límites y sostenibilidad

La innovación frugal se refiere a la creación de productos, servicios o procesos capaces de responder a necesidades sustantivas con una reducción significativa de costos, complejidad y consumo de recursos. Aunque el campo reúne denominaciones diversas —jugaad, bricolaje, innovación grassroots, innovación inversa o soluciones de bajo costo—, existe acuerdo en torno a cuatro atributos: asequibilidad, simplicidad funcional, adaptabilidad y accesibilidad (Hindocha et al., 2021; Bhatti et al., 2018). Hossain et al. (2022) añaden que su valor no reside solamente en abaratar, sino en recombinar recursos y conocimientos para atender poblaciones excluidas de las ofertas convencionales.

La relación entre frugalidad y sostenibilidad es potencial, no automática. Escudero-Cipriani et al. (2024) evidencian, a partir de una revisión sistemática de la literatura, que la contribución de la innovación frugal a la sostenibilidad depende de la articulación entre eficiencia en el uso de recursos, tecnologías limpias, inclusión social y modelos organizacionales apropiados, por lo que sus beneficios no son inherentes al bajo costo, sino a las condiciones de diseño e implementación. Un producto barato y desechable puede aumentar residuos; una plataforma aparentemente gratuita puede financiarse mediante extracción de datos; una aplicación ligera puede reducir consumo de infraestructura, pero requerir trabajo adicional no contabilizado. Por ello, la sostenibilidad debe evaluarse en sus dimensiones social, económica, ambiental e institucional.

La literatura reciente ha ampliado la innovación frugal más allá de los mercados emergentes. Barnikol y Liefner (2024) señalan que las economías industrializadas también recurren a soluciones simplificadas para atender necesidades sociales, reducir sobreingeniería y fortalecer sostenibilidad. Liu et al. (2025) describen una evolución desde respuestas locales de subsistencia hacia configuraciones de mayor complejidad institucional. Esta ampliación es relevante para la educación porque desplaza la frugalidad de una imagen asociada a precariedad o improvisación y permite concebirla como principio de diseño responsable. Sin embargo, esa legitimación exige impedir que la noción sea utilizada para justificar estándares inferiores para grupos empobrecidos.

Economía digital y educación sostenible

La economía digital comprende actividades y relaciones mediadas por datos, conectividad, automatización y plataformas. Su contribución al desarrollo sostenible se fundamenta en la capacidad de impulsar la innovación tecnológica, mejorar la eficiencia en la asignación de recursos, reducir los costos de coordinación y acelerar la circulación del conocimiento (Raihan, 2024; Ma et al., 2024). En el ámbito educativo, estas capacidades facilitan la distribución de recursos educativos abiertos, la conexión de comunidades remotas, la implementación de tutorías virtuales, el desarrollo de analítica del aprendizaje y el sostenimiento de modalidades híbridas. Asimismo, tecnologías como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en el borde pueden adaptarse a infraestructuras limitadas y operar con menores requerimientos de conectividad, condición especialmente relevante para contextos rurales o periféricos (Qin, 2024; Himeur et al., 2024).

La educación sostenible no puede reducirse al uso de tecnologías verdes ni a la continuidad administrativa de las instituciones. Implica asegurar acceso, aprendizaje significativo, pertinencia territorial, equidad, continuidad financiera, protección de derechos y capacidad institucional para mantener las soluciones en el tiempo. Una innovación es educativamente sostenible cuando no depende de subsidios efímeros, no produce obsolescencia acelerada, no incrementa injustificadamente la carga docente y puede ser gobernada por la comunidad educativa.

La digitalización tiene una estructura ambivalente. Puede disminuir barreras, pero también amplificar desigualdades preexistentes. Van de Werfhorst et al. (2022) distinguen la preparación digital de estudiantes y escuelas, mientras Wang et al. (2024) muestran que la desigualdad digital se relaciona con resultados educativos diferenciados. En Colombia, Mendoza-Lozano et al. (2021) evidencian brechas persistentes asociadas al estrato socioeconómico y a la localización urbano-rural. La disponibilidad tecnológica, por tanto, constituye apenas el primer nivel de una desigualdad que incluye capacidades de uso, apoyo pedagógico y resultados obtenidos.

Tecnología educativa, plataformas y relaciones de poder

Los estudios críticos de tecnología educativa cuestionan la idea de que los artefactos digitales sean herramientas externas a la pedagogía. Macgilchrist (2021) plantea que una aproximación crítica debe interrogar las promesas de innovación, los supuestos incorporados en el diseño y sus consecuencias sociopolíticas. Decuypere et al. (2021) sostienen que las plataformas educativas reorganizan relaciones entre instituciones, empresas, docentes y estudiantes, al tiempo que convierten actividades pedagógicas en flujos de datos susceptibles de medición y valorización.

Kerssens y van Dijck (2021) muestran que la plataformización integra la educación pública en infraestructuras privadas globales. Komljenovic (2022), desde la economía política de la educación superior digitalizada, advierte que los datos educativos adquieren valor económico y permiten nuevos modelos de negocio. Este desplazamiento resulta decisivo para evaluar la innovación frugal: una herramienta puede reducir costos de entrada y, a la vez, producir dependencia por licencias, formatos propietarios, almacenamiento de datos o efectos de bloqueo tecnológico.

El problema se formula entonces en términos de control de los medios digitales de producción educativa, distribución del trabajo y apropiación del valor generado. Docentes y estudiantes producen contenidos, interacciones y datos, pero con frecuencia carecen de control sobre las infraestructuras que los organizan. La crítica no niega la utilidad tecnológica; examina la relación social en la que esa utilidad se realiza. Por ello, la pregunta central no es únicamente qué puede hacer una plataforma, sino quién define sus finalidades, quién asume sus costos, quién controla los datos y qué formas de autonomía pedagógica quedan habilitadas o restringidas.

El acto educativo como criterio de pertinencia

El acto educativo constituye la unidad que permite diferenciar una innovación tecnológica pertinente de una incorporación meramente instrumental. Su núcleo no es el dispositivo, sino la relación intencional entre sujetos, saberes, contextos y finalidades formativas. Una tecnología adquiere valor educativo cuando amplía la posibilidad de comprender, participar, crear y actuar sobre la realidad; pierde esa condición cuando sustituye la deliberación pedagógica por secuencias estandarizadas o convierte la enseñanza en ejecución de procedimientos definidos externamente.

Esta concepción obliga a evaluar la innovación frugal mediante criterios educativos: calidad de la mediación, pertinencia curricular, accesibilidad, participación estudiantil, reconocimiento de saberes territoriales, capacidad de adaptación docente y resultados de aprendizaje. También exige examinar su potencial de replicabilidad. Replicar no significa copiar una solución indiferente al contexto, sino transferir principios de diseño —simplicidad, apertura, reparación, bajo consumo de datos y participación comunitaria— que puedan ser apropiados por instituciones y comunidades diversas.

La educación es una práctica social atravesada por relaciones de clase, división del trabajo y disputas por el conocimiento. La economía digital introduce nuevas formas de propiedad y control sobre los medios de enseñanza. Por ello, una innovación educativa no puede considerarse inclusiva si amplía el acceso mientras debilita la autonomía docente, precariza el trabajo o subordina la producción pedagógica

a intereses comerciales. La justicia educativa articula distribución de recursos, reconocimiento de sujetos y participación en las decisiones tecnológicas.

METODOLOGÍA

Diseño de la revisión

Se desarrolló una revisión integrativa de literatura con enfoque cualitativo y alcance interpretativo-crítico. Este diseño permite articular investigaciones empíricas, revisiones, desarrollos conceptuales y estudios de caso procedentes de campos heterogéneos, sin reducir la síntesis a un recuento descriptivo (Whittemore y Knafl, 2005; Torracó, 2016; Snyder, 2019). La revisión articuló el núcleo bibliográfico sobre innovación frugal, economía digital y sostenibilidad con literatura educativa especializada en desigualdad, pedagogía, trabajo docente y plataformas digitales.

La unidad de análisis estuvo constituida por publicaciones académicas arbitradas que examinaran vínculos entre innovación frugal, tecnologías digitales y problemas educativos. Se incluyeron estudios sectoriales cuando aportaban categorías transferibles, como asequibilidad, adaptación, sostenibilidad, escalabilidad o gobernanza, y permitían una reinterpretación explícita desde el acceso educativo, la mediación pedagógica, el trabajo docente o la desigualdad. La literatura educativa operó como eje de contraste para valorar la pertinencia pedagógica de dichos aportes.

La revisión siguió las recomendaciones metodológicas para revisiones integrativas propuestas por Whittemore y Knafl (2005), Torracó (2016) y Snyder (2019), adaptadas al objetivo interpretativo del presente estudio.

Estrategia de búsqueda y selección

La búsqueda se efectuó en Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, Taylor & Francis Online y SpringerLink. El periodo principal se delimitó entre 2019 y 2025; se conservaron referencias clásicas anteriores cuando resultaban necesarias para justificar la revisión integrativa o precisar la genealogía conceptual de la innovación frugal. Se emplearon combinaciones en inglés y español: (“frugal innovation” OR “frugal technology” OR “low-cost innovation”) AND (“digital education” OR “educational technology” OR EdTech OR “online education”) AND (sustainability OR inclusion OR equity OR inequality); y (“innovación frugal” OR “tecnología frugal” OR “innovación de bajo costo”) AND (“educación digital” OR “tecnología educativa” OR “aprendizaje digital”) AND (sostenibilidad OR inclusión OR equidad OR desigualdad).

Los criterios de inclusión fueron: publicación arbitrada; pertinencia explícita para al menos dos categorías del estudio; claridad en el propósito y la estrategia metodológica; contribución conceptual o empírica identificable; y disponibilidad de información suficiente para valorar hallazgos y limitaciones. Se excluyeron textos de divulgación, documentos promocionales, duplicados, trabajos sin método verificable y estudios puramente técnicos que no permitieran relacionar la solución con condiciones sociales, educativas o institucionales.

La selección se documentó mediante una matriz de trazabilidad que distinguió cuatro momentos: identificación por descriptores; depuración por título y resumen; lectura de texto completo; e inclusión por pertinencia analítica. El corpus final estuvo constituido por 37 artículos arbitrados. Además, se consultaron 11 fuentes metodológicas, conceptuales e institucionales para fundamentar el diseño y contextualizar los hallazgos; estas fuentes no fueron codificadas como unidades de análisis. Esta separación evita confundir evidencia temática con apoyos metodológicos o contextuales.

Evaluación de calidad y extracción

Cada publicación fue valorada mediante cinco criterios: correspondencia con la pregunta de revisión; claridad metodológica; solidez de la evidencia o argumentación; pertinencia educativa; y reconocimiento de limitaciones. No se asignó una puntuación para excluir mecánicamente trabajos, pues el objetivo era integrar contribuciones heterogéneas; la valoración permitió ponderar el peso interpretativo de cada fuente. La extracción se organizó en una matriz con autor, año, contexto, objeto, método, resultados, contribución educativa, riesgos identificados y categoría temática.

Tabla 1. *Secuencia de identificación, elegibilidad e integración del corpus.*

Fase	Operación	Criterio de decisión	Producto
Identificación	Búsqueda por descriptores en seis bases	Relación con innovación frugal, digitalización, sostenibilidad o educación	Conjunto inicial de registros
Depuración	Eliminación de duplicados y lectura de título/resumen	Pertinencia temática y tipo de publicación	Registros potencialmente elegibles
Elegibilidad	Lectura de texto completo	Claridad metodológica, aporte analítico y pertinencia educativa	Corpus analítico
Integración	Codificación y contraste	Convergencias, divergencias, condiciones y contradicciones	Cinco categorías temáticas

Fuente: elaboración propia.

Análisis e integración temática

Se aplicó codificación inductiva y síntesis temática, siguiendo los criterios de reflexividad y coherencia propuestos por Braun y Clarke (2019) y las exigencias de confiabilidad interpretativa de Nowell et al. (2017). La primera lectura identificó conceptos recurrentes; la segunda comparó condiciones de implementación y efectos; la tercera reorganizó los hallazgos a partir de su relevancia educativa.

De este proceso emergieron cinco categorías centradas en el acto educativo: 1) acceso material y continuidad formativa; 2) mediación pedagógica, apropiación y trabajo docente; 3) desigualdad digital en usos y resultados; 4) plataformización, mercantilización y apropiación de datos; y 5) gobernanza educativa, pertinencia territorial y replicabilidad. Esta reorganización responde directamente a la brecha identificada entre el corpus tecnológico-organizacional y el campo específico de la educación.

Rigor y consideraciones éticas

El rigor se fortaleció mediante triangulación teórica, contraste entre sectores y contextos, explicitación de criterios y revisión de consistencia entre citas y referencias. Al tratarse de una investigación documental con fuentes secundarias, no se involucraron participantes ni datos personales y no se requirió consentimiento informado. Se observaron principios de integridad académica, fidelidad interpretativa, reconocimiento de autoría y verificación bibliográfica.

RESULTADOS

Acceso material y continuidad del proceso educativo

La primera convergencia del corpus se refiere a la capacidad de la innovación frugal digital para disminuir barreras de entrada. La asequibilidad de dispositivos, la reutilización de equipos, los contenidos abiertos, la conectividad de bajo consumo y las aplicaciones que operan sin conexión permiten extender servicios a territorios con infraestructura limitada. La lógica es consistente con la definición general de innovación frugal: concentrar el diseño en funciones esenciales y adaptar la solución a restricciones reales (Hindocha et al., 2021; Hossain et al., 2022).

Las tecnologías emergentes pueden apoyar esta orientación. La computación en el borde reduce dependencia de centros de datos y conectividad permanente; el IoT con sensores económicos permite crear laboratorios o sistemas de monitoreo con menor inversión; la IA ligera puede ejecutar funciones locales; y la fotogrametría de

bajo costo democratiza actividades antes reservadas a equipamientos especializados (Himeur et al., 2024; Qin, 2024; Balado et al., 2025). En educación, estas posibilidades se traducen en laboratorios remotos, experiencias de ciencias con sensores básicos, cartografía comunitaria, tutorías fuera de línea y producción local de contenidos.

Dimitriadou y Lanitis (2023) identifican oportunidades de personalización, interacción y analítica en las aulas inteligentes, pero también costos, necesidades de formación y riesgos de privacidad. La lectura frugal desplaza el interés desde la sofisticación hacia la suficiencia pedagógica: no se trata de replicar un aula de alta tecnología con componentes baratos, sino de determinar qué funciones contribuyen efectivamente al aprendizaje. Una solución frugal puede consistir en un servidor local con recursos abiertos, un proyector compartido o materiales distribuidos por redes comunitarias, siempre que responda a objetivos curriculares claros.

La contribución educativa de estas soluciones depende de su capacidad para ampliar el acceso sin degradar el estándar de calidad. La frugalidad pierde su sentido incluso cuando se convierte en una oferta residual para estudiantes pobres, mientras los grupos privilegiados acceden a experiencias más completas. El criterio no debe ser que la solución sea “suficientemente buena para quienes no tienen nada”, sino que permita garantizar aprendizajes esenciales, participación y continuidad con recursos proporcionados al contexto.

Mediación pedagógica, apropiación y trabajo docente

El segundo hallazgo es que la eficacia educativa no está contenida en el artefacto. Una tecnología asequible requiere mediación docente, integración curricular, soporte técnico y tiempo institucional. La literatura sobre innovación frugal suele destacar liderazgo, diversidad de conocimientos y bricolaje como capacidades organizacionales (Iqbal et al., 2025; Fu et al., 2024). En educación, estas capacidades deben reinterpretarse: el bricolaje docente puede favorecer adaptación creativa, pero no debe convertirse en obligación permanente de compensar con trabajo personal la falta de inversión.

La apropiación pedagógica implica que docentes y estudiantes puedan modificar usos, combinar recursos y decidir cuándo la tecnología aporta valor. Una plataforma cerrada que prescribe secuencias, automatiza evaluación sin contextualización o restringe formatos puede ser económica, pero limita la autonomía. Por el contrario, recursos abiertos, sistemas interoperables y tecnologías reparables amplían capacidad de agencia. El valor educativo de la frugalidad depende menos del número de funciones que de la posibilidad de integrarlas críticamente a la práctica.

La formación docente constituye una condición estructural para la adopción efectiva de tecnologías digitales. En este sentido, Faiz et al. (2024) identifican que factores como las capacidades organizacionales, la preparación tecnológica y las condiciones del entorno institucional determinan la incorporación exitosa de estas tecnologías, mientras que Livieri et al. (2025) destacan barreras asociadas con las competencias digitales, la confianza de los usuarios, la protección de la privacidad y la usabilidad.

En el ámbito educativo, estos factores adquieren una relevancia particular, ya que la capacitación docente no puede limitarse al dominio instrumental de las herramientas digitales. Por el contrario, debe integrar competencias para el diseño didáctico, la evaluación crítica de la evidencia, la protección de datos, la accesibilidad y la comprensión de los modelos económicos que sustentan las plataformas tecnológicas. Sin estos componentes, la innovación corre el riesgo de reducirse a una simple sustitución tecnológica, incrementando la carga laboral del profesorado, fragmentando los procesos pedagógicos y profundizando la dependencia de servicios y proveedores externos.

La sostenibilidad requiere reconocer el trabajo de adaptación. Diseñar materiales, resolver problemas técnicos, acompañar estudiantes y revisar resultados son actividades que consumen tiempo. Cuando estos costos permanecen invisibles, el bajo precio institucional se sostiene en trabajo docente no remunerado. Por ello, la evaluación de una innovación frugal debe incluir costos laborales y de mantenimiento, no solamente adquisición de *hardware* o licencias.

Desigualdad digital en usos, aprendizajes y permanencia

El tercer núcleo muestra que la brecha digital es multidimensional. Van de Werfhorst et al. (2022) diferencian la preparación de estudiantes y escuelas; Zhao et al. (2022) enfatizan la brecha de resultados; es decir, las desigualdades en los beneficios derivados del uso; Wang et al. (2024) sintetizan evidencia de que la desigualdad digital prolonga diferencias educativas preexistentes. Esta literatura impide asumir que una tecnología de bajo costo sea automáticamente inclusiva.

Las condiciones domésticas, la estabilidad de la conexión, el espacio disponible, el capital cultural y el acompañamiento inciden en el uso educativo. En contextos rurales, la distancia a centros de soporte, el suministro eléctrico y el costo de datos pueden volver inviable una solución nominalmente barata. Mendoza-Lozano et al. (2021) muestran que en Colombia las desigualdades de acceso se distribuyen por

estrato y territorio. La innovación frugal debe, por tanto, diseñarse con base en desigualdades concretas y no en un usuario abstracto.

La distribución de beneficios también depende del tipo de actividad. Una plataforma puede facilitar entrega de contenidos, pero no sustituir interacción, retroalimentación o acompañamiento. El riesgo es que la frugalidad se concentre en ampliar matrícula sin garantizar condiciones equivalentes de aprendizaje. La inclusión educativa exige evaluar resultados, permanencia, participación y capacidad de apropiación, además de cobertura.

La dimensión de género, discapacidad y pertenencia territorial merece atención específica. Las tecnologías frugales pueden incorporar accesibilidad desde el diseño, pero también reproducir sesgos si se construyen con datos o interfaces que no representan poblaciones diversas. El principio de simplicidad debe traducirse en usabilidad universal, no en homogeneización.

Plataformización educativa, mercantilización y apropiación de datos

El cuarto hallazgo introduce la principal tensión crítica. Las plataformas reducen costos de distribución y coordinación, pero integran la educación a infraestructuras privadas que definen estándares, recolectan datos y condicionan prácticas (Decuyper et al., 2021; Kerssens et al., 2021). La aparente gratuidad puede ocultar modelos de negocio basados en datos, ventas futuras, dependencia de formatos propietarios o transferencia de costos a usuarios.

Komljenovic (2022) advierte que la digitalización de la educación superior abre nuevas formas de extracción y valorización de datos. Desde esta perspectiva, el valor no se produce solamente por la venta de *software*, sino por la captura de información sobre comportamiento, rendimiento e interacción. La innovación frugal debe examinar quién conserva estos datos, con qué finalidad y bajo qué mecanismos de rendición de cuentas.

La dependencia tecnológica se manifiesta cuando una institución no puede migrar información, modificar funcionalidades o mantener el servicio sin el proveedor. Una herramienta barata en la fase inicial puede generar costos crecientes por licenciamiento, almacenamiento o capacitación. El costo total de propiedad —adquisición, mantenimiento, conectividad, soporte, actualización y salida— constituye un criterio más adecuado que el precio inicial.

La mercantilización aparece cuando problemas educativos complejos se redefinen como mercados para soluciones técnicas. Macgilchrist (2021) propone cuestionar el lenguaje de inevitabilidad que acompaña a la tecnología educativa. Una perspectiva crítica no rechaza la innovación; exige demostrar su pertinencia, identificar intereses y preservar la capacidad pública y comunitaria de orientar las finalidades educativas.

Esta tensión puede formularse en términos de control. Si docentes y estudiantes generan contenidos, interacciones y datos, pero no participan en decisiones sobre diseño, gobernanza o uso, la frugalidad puede convertirse en un mecanismo de subordinación. La alternativa consiste en infraestructuras abiertas, interoperables y auditables, acompañadas de políticas de datos y contratación que protejan autonomía institucional.

Gobernanza educativa, pertinencia territorial y replicabilidad

El quinto núcleo integra los factores que permiten diferenciar una innovación orientada por derechos de una respuesta de austeridad. El liderazgo sostenible, la diversidad de conocimientos y la colaboración intersectorial son condiciones recurrentes en el *corpus* (Iqbal et al., 2025; Bhattacharjya et al., 2023; Fu et al., 2024). En educación, deben traducirse en participación docente, diálogo con estudiantes y comunidades, articulación con políticas públicas y evaluación pedagógica independiente.

La innovación frugal justa requiere pertinencia territorial. Las soluciones deben responder a lenguas, culturas, currículos, condiciones de conectividad y prácticas comunitarias. La co-creación evita que la tecnología sea impuesta desde centros externos y permite incorporar conocimientos locales. Las ONG y organizaciones comunitarias pueden actuar como intermediarias para identificar necesidades y sostener procesos (Honegger, 2023), pero su intervención no debe sustituir la responsabilidad estatal.

La política pública desempeña un papel decisivo. Liu et al. (2025) señalan que el escalamiento de la innovación frugal demanda marcos institucionales, financiación y coordinación. En educación, esto incluye compras públicas con criterios de interoperabilidad, accesibilidad y protección de datos; repositorios abiertos; soporte técnico territorial; y evaluación del costo total. Sin estos mecanismos, las iniciativas permanecen aisladas o dependen de voluntarismo.

La justicia digital exige que la reducción de costos no se obtenga mediante reducción de derechos. Una innovación frugal educativa debe cumplir al menos diez

condiciones: finalidad pedagógica explícita; acceso equitativo; calidad suficiente; participación de usuarios; formación docente; interoperabilidad; protección de datos; sostenibilidad financiera y ambiental; reconocimiento del trabajo; y capacidad institucional de gobernanza.

Síntesis comparativa de hallazgos

Tabla 2. Categorías analíticas, potencialidades, riesgos y condiciones de una innovación frugal educativa justa.

Categoría	Contribución potencial	Riesgo crítico	Condición educativa
Acceso y barreras	Dispositivos, contenidos y conectividad asequibles	Oferta mínima diferenciada por clase o territorio	Estándar pedagógico común y adaptación contextual
Apropiación pedagógica	Flexibilidad, co-creación y uso de recursos abiertos	Sobrecarga y sustitución de mediación docente	Formación, tiempo reconocido y autonomía
Desigualdad digital	Ampliación de cobertura y continuidad	Persistencia de brechas de uso y resultados	Apoyo diferencial y evaluación de aprendizajes
Plataformización	Escalabilidad y coordinación	Extracción de datos, bloqueo y dependencia	Interoperabilidad, soberanía de datos y contratación pública
Gobernanza justa	Colaboración y sostenibilidad institucional	Voluntarismo o sustitución del Estado	Política pública, participación y costo total

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La discusión confirma que la pertinencia del artículo no reside en describir tecnologías emergentes, sino en explicar cómo la frugalidad digital reconfigura el acto educativo. El acceso solo adquiere significado cuando se traduce en mediación, participación, comprensión y permanencia. En consecuencia, los hallazgos sectoriales del *corpus* original se conservan como antecedentes, pero quedan subordinados a una pregunta educativa: qué capacidades formativas amplían, qué relaciones de poder instituyen y qué condiciones permiten su apropiación por docentes, estudiantes y comunidades.

Los resultados permiten afirmar que la relación entre innovación frugal, economía digital y educación sostenible no es lineal. La literatura empresarial y tecnológica destaca con razón la capacidad de hacer más con menos, ampliar mercados y utilizar recursos de manera eficiente (Hossain et al., 2022; Stöber et al., 2022; Raihan, 2024). Sin embargo, al trasladar esa lógica a la educación, el criterio de eficiencia debe subordinarse al derecho a aprender. Una reducción de costos que deteriora la interacción, aumenta exclusión o desplaza responsabilidades no puede considerarse sostenible.

La principal contribución del estudio consiste en diferenciar frugalidad educativa y austeridad educativa. La frugalidad parte de restricciones reales, pero procura ampliar capacidades, calidad y autonomía mediante diseño contextual, simplicidad y uso responsable de recursos. La austeridad, en cambio, convierte la restricción en principio permanente, reduce expectativas para poblaciones excluidas y transfiere el esfuerzo de compensación a docentes, estudiantes y familias. Esta distinción evita idealizar la escasez y preserva el potencial emancipador de la innovación.

La perspectiva crítica también modifica la noción de escalabilidad. En la literatura de innovación, escalar suele significar replicar una solución en múltiples mercados. En educación, la expansión no debe borrar particularidades territoriales ni imponer una única arquitectura. Williamson (2024) advierte contra la pérdida de contexto en la investigación sobre tecnología educativa. Una escalabilidad responsable combina componentes compartidos con adaptación local, participación de usuarios y capacidad de decisión institucional.

La plataformización introduce una contradicción adicional. Las plataformas pueden disminuir costos y facilitar servicios, pero su infraestructura concentra control. Decuyper et al. (2021) y Kerssens y van Dijck (2021) muestran que el proceso no es meramente técnico: reorganiza actores y transforma la educación pública en un espacio de intervención privada. Esto remite a la separación entre quienes producen la actividad educativa y quienes controlan los medios digitales en los que esa actividad se realiza. El problema no se resuelve únicamente con regulación de privacidad; requiere gobernanza democrática de infraestructuras, datos y estándares.

La innovación frugal puede contribuir a esa democratización cuando promueve tecnologías abiertas, reparables e interoperables. También puede fortalecer capacidades comunitarias mediante redes locales, repositorios y producción colaborativa. Pero estas posibilidades dependen de inversión pública. La frugalidad no sustituye la financiación; la orienta hacia soluciones pertinentes y sostenibles.

Presentarla como alternativa a la inversión perpetuaría la desigualdad que pretende enfrentar.

La discusión educativa exige, además, desplazar la evaluación desde la adopción hacia los resultados. La cantidad de usuarios, descargas o cursos ofrecidos no demuestra aprendizaje. La evidencia sobre desigualdad digital indica que grupos con similares niveles de acceso pueden obtener beneficios distintos (van de Werfhorst et al., 2022; Zhao et al., 2022; Wang et al., 2024). Por ello, los proyectos deben evaluar participación, progresión, comprensión, permanencia y experiencia docente, desagregando resultados por territorio y condición social.

El análisis también revela una agenda latinoamericana insuficiente. Buena parte de la literatura proviene de Asia, Europa o estudios globales. En Colombia y otros países de la región, la combinación de ruralidad, desigualdad territorial, expansión de educación virtual y dependencia de proveedores internacionales produce condiciones específicas. Se necesitan investigaciones sobre infraestructuras comunitarias, recursos educativos abiertos, formación docente rural, costos domésticos de la educación digital y soberanía tecnológica.

La sostenibilidad debe incorporar el trabajo. Las evaluaciones económicas suelen contabilizar dispositivos y licencias, pero omiten el tiempo de preparación, soporte y acompañamiento. Si una innovación reduce el gasto institucional porque el docente asume tareas adicionales, el ahorro es una transferencia de costos. Reconocer esta dimensión permite conectar la innovación frugal con debates sobre trabajo digital, intensificación y autonomía pedagógica.

Implicaciones educativas y de política educativa

Para las instituciones educativas, la selección de tecnologías frugales debería partir de problemas pedagógicos definidos y no de catálogos de soluciones. Antes de adquirir una plataforma o dispositivo es necesario establecer qué aprendizaje se busca, qué barrera se pretende reducir, qué soporte existe y qué costos aparecerán durante el ciclo de vida.

Para los docentes, la frugalidad ofrece oportunidades de adaptación y co-creación, pero requiere tiempo, formación y reconocimiento. Las instituciones deben evitar que la innovación dependa de esfuerzos individuales no sostenibles. La participación docente en diseño, evaluación y contratación mejora la pertinencia y reduce la imposición de arquitecturas incompatibles con la práctica.

Para los gobiernos, la política de tecnología educativa debe superar la entrega de equipos. Se requieren conectividad, mantenimiento, repositorios abiertos, interoperabilidad, protección de datos, formación y evaluación independiente. Las compras públicas pueden estimular ecosistemas locales de innovación frugal si incorporan criterios de reparación, actualización, accesibilidad y salida del proveedor.

Para la investigación, resulta prioritario desarrollar indicadores que integren acceso, aprendizaje, autonomía, trabajo docente, sostenibilidad ambiental y gobernanza de datos. Las evaluaciones comparativas deben incluir el costo total y no solamente el precio inicial.

Limitaciones y agenda futura

La revisión presenta cuatro limitaciones. Primero, el campo se caracteriza por heterogeneidad conceptual: innovación frugal, tecnología de bajo costo, bricolaje y soluciones abiertas no son equivalentes. Segundo, una parte importante de la evidencia procede de sectores distintos de la educación, por lo que su transferencia exige cautela. Tercero, predominan estudios conceptuales y de caso; faltan evaluaciones longitudinales sobre aprendizaje y sostenibilidad institucional. Cuarto, la ausencia del registro numérico original de resultados por base impidió reconstruir un diagrama PRISMA con cifras verificables.

La agenda futura debería priorizar investigaciones en educación rural y popular, estudios de costo total, efectos sobre trabajo docente, soberanía de datos, tecnologías abiertas y resultados de aprendizaje. También se requieren comparaciones entre plataformas comerciales, públicas y comunitarias; análisis del ciclo de vida ambiental; y estudios latinoamericanos que relacionen desigualdad territorial, política educativa y economía digital.

CONCLUSIONES

El objetivo del estudio fue analizar en qué condiciones la innovación frugal digital contribuye al acceso, la mediación pedagógica y la justicia educativa. La revisión muestra que su pertinencia no depende del bajo costo ni de la sofisticación tecnológica, sino de su inserción en el acto educativo: finalidades formativas claras, interacción significativa, adaptación territorial, participación de los sujetos y resultados verificables de aprendizaje y permanencia.

La innovación frugal no es intrínsecamente inclusiva. Puede ampliar oportunidades mediante recursos abiertos, funcionamiento fuera de línea, reparación local y simplificación técnica; pero también puede consolidar una educación segmentada, intensificar el trabajo docente y transferir datos y capacidad de decisión a plataformas privadas. La diferencia está determinada por las relaciones institucionales y sociales que organizan su diseño, financiación y uso.

La conclusión central es la distinción entre frugalidad educativa y austeridad educativa. La primera reorganiza creativamente recursos para garantizar derechos, fortalecer mediaciones y ampliar capacidades colectivas; la segunda convierte la insuficiencia presupuestal en norma y responsabiliza a docentes, estudiantes y comunidades por resolver carencias estructurales. Esta diferencia permite examinar quién controla la infraestructura, quién produce el valor educativo y quién soporta los costos de la digitalización.

Una educación digital sostenible y replicable requiere tecnologías abiertas, interoperables y contextualizables; reconocimiento del trabajo docente; protección y gobernanza pública de los datos; participación comunitaria; y evaluación de aprendizajes, no solo de usuarios o cobertura. Bajo estas condiciones, la innovación frugal puede constituirse en práctica pedagógica situada y democrática. Sin ellas, corre el riesgo de funcionar como administración tecnológica de la desigualdad.

Declaración sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial

Durante la preparación editorial del manuscrito se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa exclusivamente como apoyo para la revisión lingüística, la identificación de redundancias y la organización preliminar de algunos apartados. La definición del problema, la selección y verificación de fuentes, las decisiones metodológicas, la interpretación de resultados, la argumentación crítica y la versión final fueron realizadas y validadas por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por el contenido.

REFERENCIAS

- Armila, P., Sivenius, A., Stanković, B., y Juutilainen, L. (2024). Digitalization of education: Commodification hidden in terms of empowerment? *Postdigital Science and Education*, 6, 556–571. <https://doi.org/10.1007/s42438-022-00347-8>

- Balado, J., Garozzo, R., Winiwarter, L., y Tilon, S. (2025). A systematic literature review of low-cost 3D mapping solutions. *Information Fusion*, 114, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102656>
- Barnikol, J., y Liefner, I. (2024). Serving society at large: Operationalization and evidence of advanced frugal innovation in industrialized economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 204, 123444. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123444>
- Bhattacharjya, B. R., Bhaduri, S., y Kakoty, S. K. (2023). Co-creating community-led frugal innovation: An adapted Quadruple Helix. *Technovation*, 124, 102752.
- Bhatti, Y. A., Basu, R. R., Barron, D., y Ventresca, M. J. (2018). *Frugal innovation: Models, means, methods*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316986783>
- Braun, V., y Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Decuyper, M., Grimaldi, E., y Landri, P. (2021). Introduction: Critical studies of digital education platforms. *Critical Studies in Education*, 62(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/17508487.2020.1866050>
- Dimitriadou, E. y Lanitis, A. (2023) A Critical Evaluation, Challenges, and Future Perspectives of Using Artificial Intelligence and Emerging Technologies in Smart Classrooms. *Smart Learning Environments*, 10, Article No. 12. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3>
- Escudero-Cipriani, C., García-del Junco, J., Chafloque-Céspedes, R., y Alvarez-Risco, A. (2024). Frugal innovation in the business environment: A literature review and future perspectives. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1385522. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1385522>
- Faiz, F., Le, V., y Masli, E. K. (2024). Determinants of digital technology adoption in innovative SMEs. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9(4), 100610. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100610>

- Fu, H., Xu, M., y Wu, Y. (2024). What facilitates frugal innovation? A configurational study on the antecedent conditions using fsQCA. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9(3), 100525. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100522>
- Himeur, Y., Sebaa, A., Malik, K. M., Alazab, M., y Almalawi, A. (2024). Edge artificial intelligence for the Internet of Energy: A comprehensive review and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 114019. <https://doi.org/10.1016/j.iet.2023.101035>
- Hindocha, C. N., Agyepong, I. A., y McPake, B. (2021). Defining frugal innovation: A critical review. *BMJ Innovations*, 7(4), 647–656. <https://doi.org/10.1136/bmjinnov-2020-000633>
- Honegger, M. (2023). *The role of non-profit organizations in accelerating frugal innovation* [Tesis doctoral]. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:ch:bel-2457805>
- Hossain, M., Agarwal, N., Bhatti, Y., y Levänen, J. (2022). Frugal innovation: Antecedents, mediators, and consequences. *Creativity and Innovation Management*, 31(3), 521–540. <https://doi.org/10.1111/caim.12511>
- Iqbal, Q., Piwowar-Sulej, K., y Kallmuenzer, A. (2025). Sustainable development through frugal innovation: The role of leadership, entrepreneurial bricolage and knowledge diversity. *Review of Managerial Science*, 19(2), 573–594. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00764-y>
- Kerssens, N., y van Dijck, J. (2021). The platformization of primary education in the Netherlands. *Learning, Media and Technology*, 46(3), 250–263. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1876725>
- Komljenovic, J. (2022). The future of value in digitalised higher education: Why data privacy should not be our biggest concern. *Higher Education*, 83, 119–135. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00639-7>

- Liu, Y., Fransen, J., de Jong, M., y Reins, L. (2025). From poverty alleviation to systemic change: A typology of frugal innovation and its contribution to the three pillars of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 523, 146462. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146462>
- Livieri, G., Mangina, E., Protopapadakis, E. D., y Panayiotou, A. G. (2025). The gaps and challenges in digital health technology use as perceived by patients: A scoping review and narrative meta-synthesis. *Frontiers in Digital Health*, 7, 1474956. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1474956>
- Ma, X., Feng, X., Fu, D., Tong, J., y Ji, M. (2024). How does the digital economy impact sustainable development? An empirical study from China. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140079. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140079>
- Macgilchrist, F. (2021). What is “critical” in critical studies of EdTech? Three responses. *Learning, Media and Technology*, 46(3), 243–249. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1958843>
- Mendoza-Lozano, F. A., Quintero-Peña, J. W., y García-Rodríguez, J. F. (2021). The digital divide between high school students in Colombia. *Telecommunications Policy*, 45(10), 102226. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102226>
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., y Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16, 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Qin, W. (2024). How to unleash frugal innovation through Internet of Things and artificial intelligence: Moderating role of entrepreneurial knowledge and future challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, 202, 123286. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123286>
- Raihan, A. (2024). A review of the potential opportunities and challenges of the digital economy for sustainability. *Innovation and*

Green Development, 3(4), 100174. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100174>

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 15(4), 404–428. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/1534484316671606>

van de Werfhorst, H. G., Kessenich, E., y Geven, S. (2022). The digital divide in online education: Inequality in digital readiness of students and schools. *Computers and Education Open*, 3, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100100>

Wang, F., Ni, X., Zhang, M., y Zhang, J. (2024). Educational digital inequality: A meta-analysis of the relationship between digital device use and academic performance in adolescents. *Computers & Education*, 213, 105003. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105003>

Whittemore, R., y Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546–553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>

Williamson, B. (2024). Against contextlessness in *Learning, Media and Technology*. *Learning, Media and Technology*, 49(4), 513–518. <https://doi.org/10.1080/17439884.2024.2374266>

Zhao, L., Cao, C., Li, Y., y Li, Y. (2022). Determinants of the digital outcome divide in e-learning between rural and urban students: Empirical evidence from the COVID-19 pandemic based on capital theory. *Computers in Human Behavior*, 130, 107177. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107177>

