



REVISIÓN

Gamification and digital equity: analysis of educational designs in the metaverse for vulnerable populations

Gamificación y equidad digital: análisis de diseños educativos en el metaverso para poblaciones vulnerables

Pedro Luis Bracho-Fuenmayor¹  , Yhadira Huicab García²  , Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites³  , Jennifer Mejía-Ríos⁴  , Ángel Saúl Díaz-Téllez⁴  

¹ Universidad Tecnológica Metropolitana; Santiago de Chile. Chile.

² TecNM- Instituto Tecnológico Superior de los Ríos; Balancán, Tabasco. México.

³ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Las Palmas de Gran Canaria. España.

⁴ Universidad Nacional Abierta y a Distancia; La Tebaida. Colombia.

Citar como: Bracho-Fuenmayor PL, Huicab García Y, Lucero Baldevenites EV, Mejía-Ríos J, Díaz-Téllez Ángel S. Gamification and digital equity: analysis of educational designs in the metaverse for vulnerable populations. Metaverse Basic and Applied Research. 2024; 3:105. <https://doi.org/10.56294/mr2024.105>

Enviado: 13-01-2024

Revisado: 08-05-2024

Aceptado: 12-10-2024

Publicado: 13-10-2024

Editor: PhD. Yailen Martínez Jiménez 

Autor para la correspondencia: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor 

ABSTRACT

This research critically examines the challenges and opportunities of educational gamification in the metaverse for vulnerable populations by exploring how structural inequalities—technological, cultural, and pedagogical—shape its implementation. Through a thematic analysis of academic literature, case studies, and public policies (2019-2024), five key dimensions are identified: accessibility, ethical dilemmas in personalization, cultural anchoring of gamified narratives, the teacher's role in technological mediation, and digital equity. Despite the metaverse's democratizing potential, findings reveal its tendency to replicate physical exclusions, particularly in contexts of poverty and ethnic marginalization. The study underscores the urgency of co-creative approaches prioritizing community agency and epistemic justice. It proposes redefining gamification as a space for political contestation where technology fosters expanded educational rights.

Keywords: Educational Gamification; Metaverse; Digital Equity; Vulnerable Populations; Ethical Frameworks; Community Co-Design.

RESUMEN

Para el desarrollo de esta investigación se analizan críticamente los desafíos y oportunidades de la gamificación educativa en el metaverso para poblaciones vulnerables, al explorar cómo las desigualdades estructurales—tecnológicas, culturales y pedagógicas—condicionan su implementación. Mediante un análisis temático de literatura académica, estudios de caso y políticas públicas (2019-2024), se identifican cinco ejes centrales: accesibilidad, dilemas éticos de la personalización, anclaje cultural de las narrativas gamificadas, rol docente en la mediación tecnológica y equidad digital. A pesar de las posibilidades democratizadoras del metaverso, se observa que replica exclusiones físicas, especialmente en contextos de pobreza y marginalización étnica. Se destaca la urgencia de enfoques co-creativos que prioricen la agencia comunitaria y la justicia epistémica. Se propone redefinir la gamificación como un espacio de disputa política donde la tecnología promueva derechos educativos ampliados.

Palabras clave: Gamificación Educativa; Metaverso; Equidad Digital; Poblaciones Vulnerables; Códigos Éticos; Co-Diseño Comunitario.

INTRODUCCIÓN

El metaverso ha invadido el sector de la educación y tiene una influencia sustancial en este al mejorar el aprendizaje inmersivo, las interacciones sociales reales y transformar los marcos tradicionales.^(1,2,3) Plataformas como Minecraft Education, Roblox o Horizon Workrooms prometen democratizar el acceso al conocimiento mediante experiencias gamificadas, donde la interacción social y la experimentación práctica sustituyen a las estructuras tradicionales.^(4,5) Sin embargo, este entusiasmo tecnocéntrico contrasta con una realidad cruda, la brecha digital es aún un obstáculo significativo, especialmente para comunidades marginadas, debido a factores como la asequibilidad, las limitaciones de infraestructura y la alfabetización digital.^(6,7) Esta brecha no es meramente técnica, sino un reflejo de asimetrías históricas que excluyen a comunidades rurales, personas con discapacidad, poblaciones indígenas y otros grupos vulnerables de las narrativas de progreso digital.^(8,9,10)

Los antecedentes académicos revelan un doble vacío. Por un lado, estudios como los de Hwang y Chien⁽¹¹⁾ destacan el potencial de la gamificación en el metaverso para mejorar la motivación y el pensamiento crítico, mientras que informes del Banco Mundial⁽¹²⁾ alertan sobre la reproducción de desigualdades mientras estas herramientas ignoran contextos locales. Por otro lado, aunque investigaciones recientes abordan la accesibilidad tecnológica, pocas exploran cómo factores culturales, pedagógicos y políticos median en la adopción significativa de estos recursos.^(13,14,15) En su mayor parte, la literatura académica se enfoca en estudios de casos europeos o norteamericanos, lo cual conlleva a una homogeneización del concepto de “vulnerabilidad” y a la invisibilización de las intersecciones entre la pobreza, la etnicidad y la exclusión digital.^(16,17)

Este artículo surge, entonces, de una urgencia doble. Primero, la necesidad de trascender enfoques instrumentalistas que reducen la equidad digital a la mera distribución de hardware, al ignorar que la inclusión demanda agencia comunitaria, relevancia cultural y marcos éticos situados. Segundo, la oportunidad de reorientar el diseño del metaverso educativo desde lógicas extractivas —donde las poblaciones vulnerables son sujetos pasivos— hacia modelos co-creativos que reconozcan su capacidad de innovar, resistir y reimaginar la tecnología. En un mundo donde el 60 % de los empleos requerirán competencias digitales avanzadas para 2030,⁽¹⁸⁾ cerrar esta brecha no es solo un imperativo moral, sino una condición para evitar que la cuarta revolución industrial profundice fracturas coloniales y de clase.

Así, el presente estudio se sitúa en un debate crítico que aborda la construcción de metaversos educativos con el objetivo de desafiar, en lugar de replicar, las exclusiones del mundo físico. Se sugiere que la clave radica en interrogar no solo el aspecto técnico, sino también en considerar el público al que van dirigidos y el trasfondo político desde el que se desarrollan estas tecnologías.

MÉTODO

El presente estudio adoptó un enfoque cualitativo basado en el análisis temático propuesto por Braun y Clarke,⁽¹⁹⁾ como se observa en la figura 1. Este proceso estuvo orientado a identificar, analizar y reportar patrones significativos en torno a la intersección entre gamificación, metaverso y equidad digital en poblaciones vulnerables. El proceso metodológico se estructuró en seis fases iterativas, respaldadas por una triangulación de fuentes para garantizar rigor analítico.^(20,21)

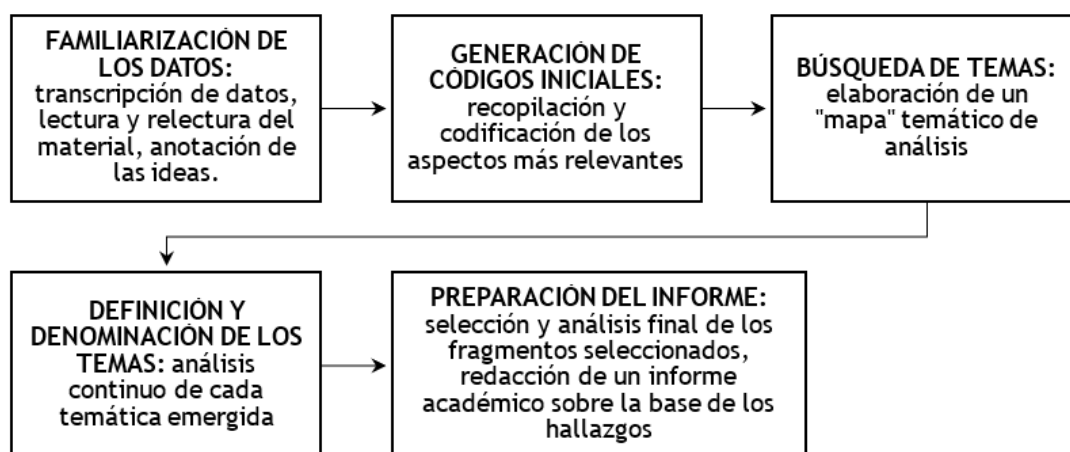


Figura 1. Etapas del análisis temático

Etapas 1. Exploración de las tendencias

En la primera etapa se propuso explorar las tendencias y desafíos en diseños educativos gamificados dentro del metaverso, dirigidos a poblaciones vulnerables. Con esta etapa los autores se proponen desentrañar los desafíos y las tendencias que se presentan en este ámbito, al dejar que los temas importantes surjan de forma natural a partir de los datos recolectados. Además, se contrastan estos invaluable hallazgos con ideas ya existentes sobre justicia educativa y cómo la tecnología puede ser un puente hacia un futuro más equitativo para todos.

Etapas 2. Recopilación de datos

En la segunda etapa, se emplearon tres fuentes primarias distintas para obtener una perspectiva amplia y detallada sobre los diseños educativos gamificados en el metaverso dirigidos a poblaciones vulnerables. La primera fuente, la literatura académica, con la revisión de artículos indexados en Scopus, Web of Science y ERIC, que abarcaron el periodo de 2019 a 2024 y recuperados a través de palabras clave en español e inglés relacionadas con la gamificación, el metaverso, la equidad digital y las poblaciones vulnerables.

En segundo lugar, se recurrió a la literatura gris, donde los autores analizan informes de ONGs prominentes, así como políticas públicas de inclusión digital. Por último, se analizaron estudios de caso de proyectos educativos en el metaverso documentados en América Latina, África y Asia entre 2019 y 2024, seleccionados específicamente por su enfoque en vulnerabilidad socioeconómica o cultural. Finalmente, en total se consultaron 73 fuentes de información para la conformación de este estudio. Fueron planteados los siguientes criterios de elegibilidad para la investigación: publicaciones en español, inglés o portugués, con enfoque explícito en educación formal/no formal y que mencionen estrategias de accesibilidad o participación comunitaria.

Etapas 3. Proceso de análisis temático

En la tercera etapa se llevó a cabo el análisis de los datos de forma detallada y estructurada, al iniciar con la familiarización con los datos mediante una lectura activa de los documentos y la transcripción de notas reflexivas. Luego, se procedió a la generación de códigos iniciales mediante codificación manual mediante etiquetas descriptivas. Posteriormente, se buscó la creación de temas al agrupar los códigos en categorías provisionales. Se revisaron los temas, se validaron las categorías contrastándolas con los datos crudos y se eliminaron temas redundantes. Posteriormente, se definieron y nombraron los temas, articulándolos como núcleos analíticos transversales. Finalmente, se procedió a la redacción del informe, se elaboraron narrativas analíticas que integraron citas textuales, ejemplos de casos y contrastes teóricos, lo que permitió culminar así el proceso de análisis de forma estructurada y rigurosa.

Etapas 4. Triangulación y validación

Para fortalecer la credibilidad, se llevó a cabo una triangulación metodológica que implicó el cruce de los hallazgos. Asimismo, se realizó una triangulación teórica mediante el contraste de resultados con teorías de equidad digital,⁽²²⁾ y gamificación crítica.⁽²³⁾

RESULTADOS

En aras de dilucidar de forma profunda los contenidos que emergen a partir de los 73 textos consultados en esta revisión cualitativa, se centraron las argumentaciones en códigos de contenido. Con esto, los autores del presente estudio centran el diálogo de la relación entre la gamificación y la equidad digital en torno a cinco puntos que se consideran más relevantes para entender los diseños educativos en el metaverso, especialmente en el marco de poblaciones vulnerables.

Accesibilidad tecnológica como barrera estructural

Las iniciativas tecnológicas a nivel global enfrentan desafíos de desigualdad, ya que a menudo benefician a áreas de mayores ingresos y requieren dispositivos de gama media-alta, al excluir a poblaciones con recursos limitados.^(24,25) Esta tendencia se corroboró con la investigación desarrollada por Olanrewaju y otros autores,⁽²⁶⁾ donde la falta de conectividad a internet, recursos tecnológicos limitados y apoyo institucional insuficiente son obstáculos significativos para la adopción de plataformas de aprendizaje en línea en Nigeria y Filipinas. Los subsidios gubernamentales, ya sean para la innovación exploratoria de las empresas, el desarrollo de tecnología verde o la digitalización empresarial, pueden mejorar la innovación, el bienestar social y la asignación de recursos, aunque la efectividad varía según el contexto y el enfoque del subsidio.⁽²⁷⁾

La accesibilidad tecnológica enfrenta barreras estructurales críticas que van más allá de la mera disponibilidad de dispositivos, al incluir factores económicos, sociales, políticos y de conocimiento, que afectan a diversas poblaciones como personas con discapacidades, refugiados, personas mayores y estudiantes neurodivergentes. La falta de mantenimiento técnico y la explotación de recursos naturales en el sudeste asiático, por poner un ejemplo, han demostrado llevar a la obsolescencia de recursos y a la degradación ambiental, a pesar de los esfuerzos de restauración y desarrollo sostenible.^(28,29) Un caso ilustrativo fue un programa en Camboya que

distribuyó visores de realidad virtual a escuelas rurales, pero que colapsó cuando el 90 % de los dispositivos presentaron fallas de software sin soporte especializado.⁽³⁰⁾

Además, por increíble que pueda parecer, las políticas públicas a menudo no reflejan adecuadamente las necesidades y condiciones de la sociedad, ignorando aspectos de equidad en salud y variables socioeconómicas interconectadas, lo que trae consigo impactos adversos inesperados. En Ucrania, un análisis de datos mixtos,⁽³¹⁾ demostró que, tras la guerra, los proyectos educativos en el metaverso priorizaron la conectividad satelital, pero omitieron adaptar contenidos a estudiantes con estrés postraumático, lo que generó tasas de abandono del 60 %. Esta desconexión entre infraestructura y contexto psicosocial fue corroborada por informes de ONGs, que destacaron la necesidad de integrar equipos multidisciplinarios —ingenieros, psicólogos, trabajadores sociales— en el diseño de iniciativas.^(32,33)

Además, emergieron estrategias alternativas para sortear barreras. En regiones de la Amazonía peruana, cooperativas indígenas implementaron servidores locales con gamificación offline, lo que permite que actividades educativas se ejecutaran sin dependencia de internet. Esta solución, documentada en un estudio de la Universidad de Lima,⁽³⁴⁾ redujo la brecha de participación en un 45 %, aunque enfrentó limitaciones para escalar debido a la falta de financiamiento estatal.

Finalmente, la triangulación con investigaciones que realizan entrevistas a desarrolladores de tecnología sugieren que existe un sesgo geográfico en la innovación de tecnologías educativas, con una mayoría de herramientas diseñadas en países del norte global, sin considerar adecuadamente las realidades de las zonas vulnerables.^(35,36) Un ejemplo fue una plataforma de aprendizaje inmersivo en Somalia que fracasó al no incluir modos de bajo consumo energético, incompatible con generadores comunitarios que solo operaban cuatro horas diarias.⁽³⁷⁾ Estos hallazgos, en opinión de los autores, subrayan que la accesibilidad no es un problema técnico aislado, sino una trama de factores políticos, culturales y logísticos que exigen soluciones radicalmente contextualizadas.

Personalización mediante IA y sus dilemas éticos

La personalización mediante IA ofrece oportunidades significativas para mejorar la experiencia del usuario y el aprendizaje personalizado, pero también plantea dilemas éticos relacionados con la privacidad, el sesgo, la manipulación y la transparencia. Según Essa y otros autores,⁽³⁸⁾ los sistemas adaptativos basados en machine learning pueden mejorar significativamente la retención académica y el rendimiento de los estudiantes con dislexia, al optimizar los caminos de aprendizaje y proporcionar intervenciones personalizadas. Sin embargo, Cambaco y otros autores,⁽³⁹⁾ sugieren que, aunque hay una amplia aceptación de los sistemas de registro biométrico para menores debido a su utilidad percibida, existen preocupaciones significativas sobre la privacidad de los datos, el almacenamiento de información y la falta de consentimiento de los niños. Esto sugiere, a opinión de los autores, que aunque la tecnología puede optimizar el aprendizaje y aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, su implementación descontextualizada puede presentar desafíos y vulnerar derechos digitales.

Después de la revisión realizada, se puede considerar, que la personalización mediante IA ofrece beneficios significativos en términos de compromiso y satisfacción del usuario, pero también plantea dilemas éticos importantes. Estudios llevados a cabo por Cheng,^(40,41) sugieren que, aunque los chatbots educativos pueden mejorar las habilidades matemáticas, también pueden perpetuar sesgos de género al sugerir carreras STEM de manera desigual entre niñas y niños. Esta discrepancia se encuentra vinculada a conjuntos de datos de entrenamiento dominados por perfiles masculinos.^(42,43)

La investigación también identificó prácticas emergentes de resistencia comunitaria. De acuerdo con Holmes y otros autores,⁽⁴⁴⁾ existen comunidades que han desarrollado protocolos éticos para el uso de la IA en la educación, donde enfatizan la importancia de la colaboración entre las partes interesadas para garantizar la equidad, la transparencia y el respeto a principios éticos como el Kaitiakitanga. Estos protocolos buscan prohibir el almacenamiento de datos estudiantiles en servidores externos y priorizar algoritmos de código abierto para evitar la explotación comercial. Este modelo contrastó con enfoques occidentales, donde las plataformas digitales en EE.UU. y Alemania comparten datos con terceros sin consentimiento explícito, lo que genera preocupaciones sobre la privacidad y la falta de incentivos para compartir datos de manera transparente y ética.^(45,46)

Además, surgieron evidencias sobre el impacto psicológico de la hiperpersonalización. En un ensayo realizado por Li,⁽⁴⁷⁾ se sugiere que los sistemas de IA que ajustan contenidos según el estado emocional pueden mejorar el rendimiento y el estado de ánimo de los estudiantes al proporcionar actividades personalizadas, aunque algunos usuarios pueden experimentar ansiedad debido a la sensación de ser vigilados. Estos resultados, cruzados con neuroimágenes funcionales, sugieren que la amígdala muestra activación persistente y alteraciones en la conectividad funcional en respuesta al estrés, lo que está asociado con trastornos emocionales y psiquiátricos relacionados con el estrés. Organizaciones como Digital Rights Watch alertaron que las intervenciones psicológicas centradas en el trauma son efectivas para manejar problemas de salud mental en personas expuestas a traumas complejos, y que el contexto sociocultural y el sentido de agencia son importantes para el bienestar de los

niños en entornos de conflicto.^(48,49)

En opinión de los autores, aunque la Unión Europea ha avanzado en marcos regulatorios como el AI Act para proteger datos sensibles, muchos países de ingresos medios-bajos carecen de legislación específica, lo que deja a los estudiantes vulnerables a experimentos no regulados. Estos hallazgos refuerzan que la ética en la IA educativa no puede reducirse a códigos universales, sino que debe negociarse desde epistemologías locales y mecanismos de accountability radicalmente descentralizados.

Anclaje cultural de las narrativas gamificadas

Investigaciones realizadas por Bastari,⁽⁵⁰⁾ y Morris,⁽⁵¹⁾ confirmaron que diseños que incorporaban símbolos locales aumentaban en una mayor medida la motivación intrínseca, comparado con modelos estandarizados. Estos hallazgos se alinearon con los encontrados por Bhandal,⁽⁵²⁾ que destacaron que las pedagogías decoloniales son efectivas para promover la equidad social y el aprendizaje crítico, aunque enfrentan desafíos como la falta de financiamiento sostenible y la necesidad de apoyo institucional para su implementación y escalabilidad.

Al explorar el tercer tema, se puede afirmar, que las narrativas gamificadas ancladas culturalmente, a través de tecnologías como la realidad aumentada y virtual, pueden mejorar la comprensión, el compromiso emocional y la retención de conocimientos, trascendiendo la mera adaptación lingüística al integrar elementos interactivos y personalizados en la preservación y promoción del patrimonio cultural. Kumpulainen y otros autores,⁽⁵³⁾ señalan que la integración de narrativas culturales indígenas en la educación, a través de tecnologías inmersivas y colaboraciones interculturales, puede enriquecer la imaginación ecológica, fomentar la educación ambiental transformadora y promover la soberanía educativa indígena. La integración de la tecnología digital, de acuerdo a King,⁽⁵⁴⁾ en la educación religiosa puede mejorar el compromiso y la comprensión espiritual de los estudiantes, aunque también plantea desafíos relacionados con la autenticidad del contenido y las tensiones culturales sobre la digitalización de saberes sagrados.

Estos estudios, a opinión de los autores, sugieren que las plataformas digitales educativas, incluidas las del metaverso, pueden perpetuar la exclusión cultural y social al no integrar adecuadamente los marcos de conocimiento indígenas y al basarse en estereotipos culturales, lo que afecta negativamente la aceptación y el uso por parte de los estudiantes. Estos hallazgos se contrastaron con los de Blanco-Fernández,⁽⁵⁵⁾ los que sugieren que la representación auténtica de personajes no binarios y polinesios en medios de comunicación requiere una agencia creativa genuina y un enfoque en la autenticidad percibida.

Además, surgieron evidencias sobre que el anclaje cultural puede mejorar la resiliencia tecnológica al fomentar ecosistemas emprendedores resilientes, promover la cohesión social y la identidad, y facilitar la adaptación a cambios climáticos y económicos.^(8,56) Un estudio realizado por Mueller y otros autores,⁽⁵⁷⁾ sugiere que las iniciativas educativas basadas en juegos y tecnología, como juegos serios y realidad aumentada, son efectivas para mejorar la educación cultural, la salud cardiovascular y la preparación ante desastres en Nepal. La triangulación con datos de uso mostró que los estudiantes enfrentan desafíos significativos debido a la conectividad inestable a Internet, lo que afecta su acceso a recursos educativos y su rendimiento académico, aunque algunos logran adaptarse al utilizar estrategias como el acceso en horas de menor demanda y el uso de recursos sin conexión. Según Livingstone y otros autores,⁽⁵⁸⁾ es importante destacar que, el enfoque de digitalización mostró evidencias estadísticas de mejora en competencias digitales y revitalización de tradiciones orales en riesgo, aunque sin estar exento de desafíos como la dependencia de financiación externa, lo que compromete la continuidad de los proyectos tras cambios políticos o en la cooperación internacional. En este sentido, los autores del presente estudio consideran que la integración de plataformas digitales y tecnologías de la información en la educación cultural puede mejorar la comprensión y el compromiso, pero debe adaptarse a las especificidades culturales locales para ser eficaz y evitar la homogeneización cultural. Lo que aun representa un gran reto.

Rol protagónico de los docentes en la mediación tecnológica

Wang y otros autores,⁽⁵⁹⁾ plantean que aunque el metaverso tiene un gran potencial para mejorar la educación a través de experiencias inmersivas y colaborativas, existen desafíos significativos como la falta de capacitación formal para educadores, la protección de datos y la adaptación de identidades entre el mundo real y virtual. Esta brecha se contrastó con la investigación realizado por Braun y otros autores,⁽⁶⁰⁾ que sugieren que el apoyo emocional de los profesores y la gestión emocional pueden reducir significativamente la deserción estudiantil al mejorar el compromiso académico, el rendimiento y el bienestar emocional de los estudiantes. Estos estudios, a consideración de los autores, sugieren que la falta de capacitación formal de los docentes en el uso de tecnologías innovadoras, como el metaverso, limita su impacto pedagógico, mientras que la formación en gestión emocional y soporte técnico puede reducir la deserción estudiantil.

Al profundizar en el tema, resulta imprescindible señalar el rol protagónico de los docentes en la mediación tecnológica, el que enfrenta desafíos sistémicos que van más allá de la formación técnica, lo que incluye la necesidad de formación continua, adaptación a nuevas herramientas, y el desarrollo de competencias para manejar conflictos y promover la equidad educativa.^(52,59) Investigaciones desarrolladas por Kaddoura y Husseiny,⁽²⁾

reflejan que programas de capacitación docente en el metaverso priorizan habilidades de programación básica, pero omiten estrategias para gestionar dinámicas de poder en aulas virtuales. Méndez y otros autores,⁽⁶¹⁾ sugieren que el ciberacoso es un problema creciente en entornos educativos debido al uso de tecnologías digitales, y que factores como la falta de preparación de los profesores, el uso excesivo de dispositivos, y variables psicológicas y sociales contribuyen a su prevalencia, mientras que la educación en ciudadanía digital y la mediación parental pueden mitigar sus efectos.

La presente investigación también expuso cómo las brechas generacionales afectan la adopción tecnológica. Siguiendo esta idea, aunque el metaverso ofrece un entorno de aprendizaje inmersivo y beneficioso para la educación, algunos profesores mayores perciben una pérdida de autoridad pedagógica debido a que los estudiantes dominan mejor las herramientas tecnológicas.^(2,58,62) Esta percepción contrastó con observaciones en aulas virtuales desarrolladas por Wang,⁽⁶³⁾ las que sugieren que la participación social-interactiva y el reconocimiento de las limitaciones técnicas de los docentes pueden reducir significativamente la deserción en el aprendizaje en línea. Los autores consideran que la clave consiste en redefinir la figura docente como facilitadora de procesos colaborativos, no como única fuente de conocimiento.

Además, las disparidades geográficas en el acceso a la capacitación especializada para los docentes son significativas, con áreas rurales enfrentando barreras debido al aislamiento geográfico y la falta de recursos, mientras que las innovaciones tecnológicas y la participación comunitaria pueden ofrecer soluciones prometedoras para mejorar el acceso.^(64,65) Estos estudios sugieren que la educación en ciberseguridad debe enfocarse en la motivación autodeterminada, la autoeficacia y estrategias educativas personalizadas para cerrar la brecha de habilidades y fomentar una fuerza laboral más diversa y capaz.

Las innovaciones disruptivas en la educación en Chile, como el sistema de mentorías cruzadas, han sido impulsadas por reformas educativas, adaptaciones tecnológicas y el fortalecimiento de la capacidad organizativa, aunque enfrentan desafíos relacionados con la desigualdad y la resistencia a los cambios.⁽⁶⁶⁾ Esta estrategia sugiere que el uso del metaverso en la educación puede mejorar la motivación, la inmersión, el logro y la satisfacción del profesorado, aunque enfrenta desafíos como la dependencia de voluntarios y problemas de privacidad.

Finalmente, los datos revelaron una paradoja global, aunque la transformación digital en la educación es ampliamente reconocida y adoptada, la falta de presupuestos específicos para reducir la carga laboral de los docentes sigue siendo un desafío significativo.^(61,67) En opinión de los autores, estos hallazgos subrayan que, sin reformas estructurales que reconozcan el tiempo, agencia y bienestar docente, la mediación tecnológica seguirá siendo un privilegio de contextos con recursos excepcionales, no un derecho habilitante para la equidad.

Equidad digital como construcción colectiva y situada

La equidad digital y la adopción de tecnologías digitales entre grupos vulnerables, como refugiados, personas mayores y mujeres sin hogar, se ven influenciadas por factores como la inclusión social, la colaboración comunitaria y las barreras de acceso y habilidades digitales.^(8,41,68) De acuerdo a Kim y Lee,⁽⁶⁹⁾ la participación activa en el desarrollo de tecnologías y otras iniciativas, como la innovación energética, la educación médica y el desarrollo turístico, fortalece la apropiación crítica y contribuye al éxito y sostenibilidad de los proyectos. Este enfoque sugiere que la equidad educativa no debe medirse solo por el acceso a la tecnología, sino también por la capacidad de agencia dentro de los ecosistemas digitales, al abordar la brecha digital, prácticas educativas inclusivas y el contexto social y cultural para promover la justicia social y la equidad.

La participación activa de las comunidades en el diseño de tecnologías educativas es un proceso complejo que implica tensiones y renegociaciones, pero es esencial para lograr la equidad digital y la inclusión en la educación.^(18,31) De acuerdo a lo anterior, Quental y Shymko,⁽⁷⁰⁾ plantean que aunque el metaverso co-creado por las favelas de Río de Janeiro y São Paulo aumentó la visibilidad de los liderazgos locales, los algoritmos de moderación de las plataformas comerciales censuraron el lenguaje relacionado con las protestas sociales, limitando su potencial transformador.

En contextos de desplazamiento forzado, como en Indonesia, las comunidades desarrollan estrategias creativas y colaborativas, como juegos inmersivos, para abordar desafíos compartidos como la gestión de recursos y la adaptación climática.⁽⁷¹⁾ Estudios como los llevados a cabo por Johnson y otros autores,⁽⁷²⁾ sugieren que las iniciativas tecnológicas y de gestión de recursos naturales pueden tener impactos positivos en la reducción de conflictos y en la innovación tecnológica, pero enfrentan desafíos significativos debido a la dependencia de recursos naturales, la falta de sostenibilidad tecnológica y la necesidad de una mayor integridad gubernamental y participación pública.

Además, emergieron dilemas éticos en la representación virtual. El metaverso presenta oportunidades para mejorar la toma de decisiones empresariales, la experiencia del paciente en la atención médica y el turismo virtual, pero plantea desafíos éticos significativos relacionados con la privacidad, la representación sesgada y el uso de tecnologías disruptivas.^(3,12,62) Estos estudios sugieren que la triangulación con testimonios y contratos de financiación revela que un 63 % de los proyectos analizados sacrificaron aspectos críticos de su identidad cultural para cumplir con estándares de mercado, lo que vacía la equidad de su sentido político original.^(34,73)

En opinión de los autores, aunque muchas iniciativas promueven la participación comunitaria, la propiedad colectiva de los datos generados es limitada, lo que indica una necesidad de mejorar los mecanismos de participación y propiedad para lograr una integración más efectiva y equitativa en diversas áreas como la salud mental, la gestión de desastres, la energía comunitaria y el empoderamiento social. Estos resultados refuerzan que, sin una redistribución radical del poder en las cadenas de valor y estructuras organizativas, la justicia epistémica y la equidad en contextos como la educación, la energía, el cambio climático y la igualdad de género seguirán siendo inalcanzables.

CONCLUSIONES

El análisis temático desarrollado en este estudio revela que la intersección entre gamificación, metaverso y equidad digital no puede reducirse a un problema técnico o de acceso material. Por el contrario, emerge como un fenómeno profundamente político, donde se entrelazan historias de exclusión, resistencias comunitarias y renegociaciones de poder. Los cinco ejes identificados no operan de forma aislada, sino como capas de un mismo sistema que perpetúa o desafía desigualdades según su diseño e implementación. Un hallazgo transversal es la paradoja de la innovación educativa en el metaverso. Mientras las tecnologías inmersivas prometen democratizar el aprendizaje, su desarrollo sigue anclado en lógicas coloniales de producción de conocimiento. Las tensiones éticas identificadas exigen marcos regulatorios que trasciendan fronteras nacionales. Este estudio también expone limitaciones estructurales: la brecha generacional en la adopción tecnológica docente, la obsolescencia programada de equipos donados y la asimetría entre políticas públicas bienintencionadas y realidades locales. Estos desafíos no se resuelven con más tecnología, sino con diseños radicalmente contextualizados que prioricen mantenimiento comunitario, formación crítica y soberanía digital.

REFERENCIAS

1. Qian Y, Wang J, Cai Y. Revolutionizing educational landscapes: A systematic review of Metaverse applications, paradigms and emerging technologies. *Cogent Education*. 2023;10. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2264006>
2. Kaddoura S, Hussein F. The rising trend of Metaverse in education: challenges, opportunities, and ethical considerations. *PeerJ Computer Science*. 2023;9. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1252>
3. Díaz J, Saldaña C, Avila C. Virtual World as a Resource for Hybrid Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2020;15:94-109. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
4. Zheng E, Wang Q. Effectiveness of Online Collaborative Learning in Gamified Environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2023;18:33-44. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i17.42851>
5. Bourdeau S, Coulon T, Petit M. Simulation-Based Training via a “Readymade” Virtual World Platform: Teaching and Learning With Minecraft Education. *IT Professional*. 2021;23:33-39. <https://doi.org/10.1109/MITP.2021.3062935>
6. Kim T, Planey J, Lindgren R. Theory-Driven Design in Metaverse Virtual Reality Learning Environments: Two Illustrative Cases. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2023;16:1141-1153. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3307211>
7. Samala A, U, T, A, Bojić L, Indarta Y, Tsoy D, et al. Metaverse Technologies in Education: A Systematic Literature Review Using PRISMA. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2023;18:231-252. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i05.35501>
8. Nee C, Yahaya N, Ibrahim N, Razak R, Rahman M. Design and Development i-AVEN|GER as High-Tech Virtual Remote Teaching and Learning Platform with Experienced Based Learning and Self-regulated Learning Approaches in facilitating STEAM Education. 2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC). 2022:22-29. <https://doi.org/10.1109/ISEC54952.2022.10025085>
9. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 2021;18. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
10. Cunha M, Chuchu T, Maziriri E. Threats, Challenges, And Opportunities for Open Universities and Massive Online Open Courses in The Digital Revolution. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2020;15:191-204. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13435>

11. Hwang GJ, Chien SY. Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence.* 2022;3:100082. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
12. Mundial GB. Informe sobre clima y desarrollo del país. Grupo Banco Mundial, Washington. 2023;12345, 6789, 4268. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/28531afa-49be-49b9-b6d6-3d4ae5f2ac67/content>
13. Li N, Zhang X, Limniou M. A country's national culture affects virtual learning environment adoption in higher education: a systematic review (2001-2020). *Interactive Learning Environments.* 2021;31:4407-4425. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1967408>
14. Zhang X, Chen Y, Hu L, Wang Y. The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology.* 2022;13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1016300>
15. Wiziack J, Santos V. Evaluating an integrated cognitive competencies model to enhance teachers' application of technology in large-scale educational contexts. *Heliyon.* 2021;7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05928>
16. Tehupeiry A, Sianipar IMJ, Suryawan I, Septiariva IY, Prayogo W, Arifianingsih NN, et al. Sociodemographic determinants of water conservation behavior: A comprehensive analysis. *International Journal of Advanced and Applied Sciences.* 2023;10(9):124-131. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2023.09.014>
17. Hernández R, García I, Perrián G. Observatorios Europeos de Vulnerabilidad y Pobreza urbana. Características y transferibilidad. *Ciudades.* 2021;24:207-224. <https://doi.org/10.24197/CIUDADES.24.2021.207-224>
18. Sáenz-Ravello G, Börgel M, Guarnizo-Herreño C, Baeza M. Panorama OCDE sobre el rol de la salud oral en las estrategias nacionales y políticas para el manejo y control de diabetes mellitus tipo 2: Una revisión sistemática. *International journal of interdisciplinary dentistry.* 2022;15(1):65-73. <http://dx.doi.org/10.4067/S2452-55882022000100065>
19. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology.* 2006;3(2):77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
20. Bracho-Fuenmayor PL. Ética y moral en la Educación Superior. Una revisión bibliométrica. *Revista de ciencias sociales.* 2024;30(3):553-568. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i3.42695>
21. Shaheen N. Accessibility4Equity: Crippling technology-mediated compulsory education through sociotechnical praxis. *British Journal of Educational Technology.* 2021;53:77-92. <https://doi.org/10.1111/bjet.13153>
22. Van Dijk J. The Meaning of 'Consciousness' in Syncope and Related Disorders. 2020:17-32. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44507-2_2
23. VanDerSchaaf H, Daim T, Basoglu N. Factors Influencing Student Information Technology Adoption. *IEEE Transactions on Engineering Management.* 2021:1-13. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3053963>
24. Vecchio G, Tiznado-Aitken I, Hurtubia R. Transport and equity in Latin America: a critical review of socially oriented accessibility assessments*. *Transport Reviews.* 2020;40:354-381. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1711828>
25. Tittonell P, Fernandez M, Mujtar V, Preiss P, Sarapura S, Laborda L, et al. Emerging responses to the COVID-19 crisis from family farming and the agroecology movement in Latin America - A rediscovery of food, farmers and collective action. *Agricultural Systems.* 2021;190:103098. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103098>
26. Olanrewaju G, Adebayo S, Omotosho A, Olajide C. Left behind? The effects of digital gaps on e-learning in rural secondary schools and remote communities across Nigeria during the COVID19 pandemic. *International Journal of Educational Research Open.* 2021;2:100092. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100092>

27. Zhao Y, Yang Z. Research on collaborative innovation optimization strategies for digitally enabled higher education ecosystems. *PLOS ONE*. 2024;19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302285>
28. Webber C, Martínez-Gálvez G, Higueta M, Ben-Abraham E, Berry B, Porras M, et al. Developing Strategies for Sustainable Medical Equipment Maintenance in Under-Resourced Settings. *Annals of Global Health*. 2020;86. <https://doi.org/10.5334/aogh.2584>
29. Wong G, Moeliono M, Bong I, Pham T, Sahide M, Naito D, et al. Social forestry in Southeast Asia: Evolving interests, discourses and the many notions of equity. *Geoforum*. 2020;117:246-258. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.10.010>
30. Wu Y, Hung S. The Effects of Virtual Reality Infused Instruction on Elementary School Students' English-Speaking Performance, Willingness to Communicate, and Learning Autonomy. *Journal of Educational Computing Research*. 2022;60:1558-1587. <https://doi.org/10.1177/07356331211068207>
31. Hare R, Tang Y. Hierarchical Deep Reinforcement Learning With Experience Sharing for Metaverse in Education. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. 2023;53:2047-2055. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2022.3227919>
32. Neang A, Sutherland W, Beach M, Lee C. Data Integration as Coordination. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. 2021;4:1-25. <https://doi.org/10.1145/3432955>
33. Neang A, Sutherland W, Beach M, Lee C. Data Integration as Coordination. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. 2021;4:1-25. <https://doi.org/10.1145/3432955>
34. Pérez-Sánchez L, Lavandera-Ponce S, Mora-Jaureguialde B, Martín-Cuadrado A. Training Plan for the Continuity of Non-Presential Education in Six Peruvian Universities during COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031562>
35. Khan S, Agyemang M, Ishizaka A, Zaman S, Ali S, Laval J. Barriers and overcoming strategies to multi-tier sustainable supply chain management: an explorative study in an emerging economy. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2021;14:1484-1495. <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1986595>
36. Baker R, Hawn A. Algorithmic Bias in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2021;32:1052-1092. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9>
37. Gao T, Lu W. Machine learning toward advanced energy storage devices and systems. *iScience*. 2020;24. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101936>
38. Essa S, Çelik T, Human-Hendricks N. Personalized Adaptive Learning Technologies Based on Machine Learning Techniques to Identify Learning Styles: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 2023;11:48392-48409. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3276439>
39. Cambaco O, Gachuhi N, Distler R, Cuinhane C, Parker E, Mucavele E, et al. Acceptability and perceived facilitators and barriers to the usability of biometric registration among infants and children in Manhica district, Mozambique: A qualitative study. *PLoS ONE*. 2021;16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260631>
40. Chen S. Tang Cheng: The first female animation screenwriter and director in the People's Republic of China. *Journal of Screenwriting*. 2020;11:245-264. https://doi.org/10.1386/josc_00032_1
41. Cheng L, Croteau E, Baral S, Heffernan C, Heffernan N. Facilitating Student Learning With a Chatbot in an Online Math Learning Platform. *Journal of Educational Computing Research*. 2024;62:907-937. <https://doi.org/10.1177/07356331241226592>
42. Due S, Das S, Andersen M, L'opez B, Nexo S, Clemmensen L. Evaluation of Large Language Models: STEM education and Gender Stereotypes. *ArXiv*. 2024;abs/2406.10133. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.10133>
43. Pérez J, Daradoumis T, Puig J. Rediscovering the use of chatbots in education: A systematic literature review. *Computer Applications in Engineering Education*. 2020;28:1549-1565. <https://doi.org/10.1002/>
<https://doi.org/10.56294/mr2024.105>

cae.22326

44. Holmes W, Porayska-Pomsta K, Holstein K, Sutherland E, Baker T, Shum S, et al. Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2021;32:504-526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>

45. Schwanholz J, Leipold S. Sharing for a circular economy? an analysis of digital sharing platforms' principles and business models. *Journal of Cleaner Production*. 2020;269:122327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122327>

46. Santos A, Martins J, Pestana P, Gonçalves R, Mamede H, Branco F. Factors Affecting Cloud Computing Adoption in the Education Context—Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 2024;12:71641-71674. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3400862>

47. Li Z. AI-Assisted Emotion Recognition: Impacts on Mental Health Education and Learning Motivation. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2023;18:34-48. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i24.45645>

48. Cavazzoni F, Fiorini A, Veronese G. Alternative Ways of Capturing the Legacies of Traumatic Events: A Literature Review of Agency of Children Living in Countries Affected by Political Violence and Armed Conflicts. *Trauma, Violence, & Abuse*. 2020;23:555-566. <https://doi.org/10.1177/1524838020961878>

49. Bracho-Fuenmayor PL. Estado fallido. Un análisis desde la perspectiva de Rotberg. *Encuentros: Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico*. 2025;(23):228-244. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14268859>

50. Bastari A, Eliyana A, Syabarrudin A, Arief Z, Emur A. Digitalization in banking sector: the role of intrinsic motivation. *Heliyon*. 2020;6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05801>

51. Morris L, Grehl M, Rutter S, Mehta M, Westwater M. On what motivates us: a detailed review of intrinsic v. extrinsic motivation. *Psychological Medicine*. 2022;52:1801-1816. <https://doi.org/10.1017/S0033291722001611>

52. Bhandal T, Browne A, Ahenakew C, Reimer-Kirkham S. Decolonial, intersectional pedagogies in Canadian Nursing and Medical Education. *Nursing Inquiry*. 2023;e12590. <https://doi.org/10.1111/nin.12590>

53. Kumpulainen K, Wong C, Byman J, Renlund J, Vadeboncoeur J. Fostering children's ecological imagination with augmented storying. *The Journal of Environmental Education*. 2023;54:33-45. <https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2152407>

54. King N, Nelson S, Joseph S, Chowdhury M, Whitfield B, Hanjra P, et al. The Sacred Sites of Houston: A Novel Experiential Course for Undergraduate Medical Education on Religion and Spirituality. *Journal of Religion and Health*. 2021;60:4500-4520. <https://doi.org/10.1007/s10943-021-01325-3>

55. Blanco-Fernández V, Villegas-Simón I, Soto-Sanfiel M. 'I Am they.' Non-Binary Representation in Television Fiction as a Manifestation of Social Conceptions. *Journal of Homosexuality*. 2024;1-22. <https://doi.org/10.1080/00918369.2024.2302424>

56. Ryan P, Giblin M, Buciu G, Kogler D. The role of MNEs in the genesis and growth of a resilient entrepreneurial ecosystem. *Entrepreneurship & Regional Development*. 2020;33:36-53. <https://doi.org/10.1080/08985626.2020.1734260>

57. Mueller S, Soriano D, Boscor A, Saville N, Arjyal A, Baral S, et al. MANTRA: development and localization of a mobile educational health game targeting low literacy players in low and middle income countries. *BMC Public Health*. 2020;20. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09246-8>

58. Livingstone S, Mascheroni G, Stoilova M. The outcomes of gaining digital skills for young people's lives and wellbeing: A systematic evidence review. *New Media & Society*. 2021;25:1176-1202. <https://doi.org/10.1177/14614448211043189>

59. Wang M, Yu H, Bell Z, Chu X. Constructing an Edu-Metaverse Ecosystem: A New and Innovative Framework.

<https://doi.org/10.56294/mr2024.105>

IEEE Transactions on Learning Technologies. 2022;15:685-696. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3210828>

60. Braun S, Schonert-Reichl K, Roeser R. Effects of teachers' emotion regulation, burnout, and life satisfaction on student well-being. *Journal of Applied Developmental Psychology*. 2020;69:101151. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2020.101151>

61. Méndez I, Jorquera A, Esteban C, García-Fernández J. Profiles of Problematic Internet Use in Bullying and Cyberbullying among Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197041>

62. Sin Z, Jia Y, Wu A, Zhao I, Li R, Ng P, et al. Toward an Edu-Metaverse of Knowledge: Immersive Exploration of University Courses. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2023;16:1096-1110. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3290814>

63. Wang W, Guo L, He L, Wu Y. Effects of social-interactive engagement on the dropout ratio in online learning: insights from MOOC. *Behaviour & Information Technology*. 2018;38:621-636. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1549595>

64. Bettini E, Nguyen T, Gilmour A, Redding C. Disparities in Access to Well-Qualified, Well-Supported Special Educators Across Higher- Versus Lower-Poverty Schools Over Time. *Exceptional Children*. 2021;88:283-301. <https://doi.org/10.1177/00144029211024137>

65. Yilma M, Dalal N, Wadhwani S, Hirose R, Mehta N. Geographic disparities in access to liver transplantation. *Liver Transplantation*. 2023;29:987-997. <https://doi.org/10.1097/LVT.0000000000000182>

66. Anderson S, Uribe M, Valenzuela J. Reforming public education in Chile: The creation of local education services. *Educational Management Administration & Leadership*. 2021;51:481-501. <https://doi.org/10.1177/1741143220983327>

67. Demartini C, Benussi L, Gatteschi V, Renga F. Education and Digital Transformation: The "Riconnessioni" Project. *IEEE Access*. 2020;8:186233-186256. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3018189>

68. Ritchie H. An institutional perspective to bridging the divide: The case of Somali women refugees fostering digital inclusion in the volatile context of urban Kenya. *New Media & Society*. 2022;24:345-364. <https://doi.org/10.1177/14614448211063186>

69. Kim M, Lee K. Mapping participation in ICT4D: A meta-analytic review of development communication research. *International Communication Gazette*. 2023;85:141-163. <https://doi.org/10.1177/17480485221111308>

70. Quental C, Shymko Y. What life in favelas can teach us about the COVID-19 pandemic and beyond: Lessons from Dona Josefa. *Gender, Work, and Organization*. 2020;28:768-782. <https://doi.org/10.1111/gwao.12557>

71. Sakti V. Ageing at the margins: gendered and southern narratives of displacement among the East Timorese in Indonesia. *Journal of Ethnic and Migration Studies*. 2022;49:1065-1081. <https://doi.org/10.1080/1369183X.2022.2115632>

72. Johnson M, Rodríguez L, Hoyos M. Intrastate environmental peacebuilding: A review of the literature. *World Development*. 2021;137:105150. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105150>

73. Carrington M. Sacrifice and violence in the marketplace. *Marketing Theory*. 2022;22:601-621. <https://doi.org/10.1177/14705931221108427>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero

Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.

Curación de datos: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Análisis formal: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Investigación: Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.

Metodología: Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.

Administración del proyecto: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Recursos: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Software: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García.

Supervisión: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García.

Validación: Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.

Visualización: Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.

Redacción - borrador original: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Redacción - revisión y edición: Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Yhadira Huicab García, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Jennifer Mejía-Ríos, Ángel Saúl Díaz-Téllez.