WWW.ECUACIENTIFICA.COM

Ecuacientífica
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA

ISSN: 3091 -1796

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
ECUACIENTÍFICA

Volumen 4
Número 11

DOI: https://doi.org/10.56519/3j8wsr06

CC BY NC

ISTOG

Frecuencia especial
09 - 11 - 2026

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA

ECUACIENTÍFICA

Publicación
Noviembre 2026

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

Código Postal 060102

Contacto +593 97 911 9620

publicaciones@ecuacientifica.com

Tipo de publicación: periódica

Edición bianual

Entidad editora: Instituto Superior Tecnológico José Ortega y Gasset

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 4 N°11

09 de noviembre de 2026

EDITORA EN JEFE

PhD. María Belén Bravo Ávalos
Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica
mayo – octubre | noviembre - abril
Ediciones especiales
Código Postal 060102
✆ Contacto: +593 979 119 620
✉Correo electrónico:
publicaciones@ecuacientifica.com
Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico José Ortega y Gasset

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica es una publicación de acceso abierto que tiene como objetivo principal la difusión de investigaciones originales y revisiones en diversas áreas del conocimiento. Entre las temáticas que aborda se encuentran Servicios, Agricultura, silvicultura pesca y veterinaria, Ciencias Naturales, Matemáticas, y Estadística, Tecnologías de la información y comunicación. Educación, Ingeniería.

Esta revista garantiza la calidad académica de los trabajos publicados mediante un riguroso proceso de revisión que incluye una evaluación inicial por parte del comité editorial y una revisión por pares expertos. Los artículos son presentados en un formato atractivo que facilita la comprensión y el interés de los lectores.

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica tiene un enfoque bianual, con ediciones publicadas de mayo a octubre y de noviembre a abril, además de ediciones especiales destinadas a temas específicos de relevancia. Su misión es ser un espacio de intercambio académico y científico, promoviendo el avance del conocimiento en las disciplinas mencionadas.

La revista está dirigida a investigadores, docentes, estudiantes y profesionales, así como a cualquier lector interesado en la generación y difusión del conocimiento. Además, extiende su alcance a universidades, instituciones educativas y organizaciones tanto nacionales como internacionales, incluyendo sectores públicos y privados que valoran la multidisciplinariedad en la producción científica.

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

1. ECONOMÍA POPULAR Y SOLIDARIA: IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE 1-11

2. IMPACTO DE LA EXPERIMENTACIÓN VIRTUAL EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN ESTUDIANTES DE PRIMERO DE BACHILLERATO DE LA UNIDAD EDUCATIVA "BATALLA DE TIOCAJAS" 12-25

3. HOMA-IR Y RELACIÓN (TyG) COMO EVALUADORES DE SÍNDROME METABÓLICO EN ADULTOS 26-43

4. ÍNDICE TRIGLICÉRIDOS/GLUCOSA COMO MARCADOR DE LA SALUD METABÓLICA EN EL ADULTO 44-60

ÍNDICE

Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

5.	CONFIGURACIÓN SOCIOESPACIAL Y PRIVACIONES ESTRUCTURALES EN LA SIERRA CENTRAL: MEDICIÓN MULTIDIMENSIONAL DE LA POBREZA EN ILAPO	61-70
6.	FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS PARA UN MODELO DE GESTIÓN DE LA ADOPCIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN 4.0	71-93
7.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL Y TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE CARTERA DEL SECTOR FINANCIERO	94-111
8.	GAMIFICACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS ECUACIONES LINEALES EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA	112-134

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

ECONOMÍA POPULAR Y SOLIDARIA: IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE

POPULAR AND SOLIDARITY ECONOMY: SOCIOECONOMIC IMPACTS AND ITS CONTRIBUTION TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Edwin Danilo Basantes Valverde[1], María Belén Bravo Avalos[2]

{edwin.basantes@espoch.edu.ec[1], maría.bravo@espoch.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 22/06/2026 / Fecha de aceptación: 19/10/2025 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: La economía popular y solidaria (EPS) se ha consolidado como un enfoque que articula la producción, el intercambio, el financiamiento y el consumo sobre principios de cooperación, reciprocidad y primacía del trabajo sobre el capital. Este artículo tiene como objetivo analizar, a partir de la literatura científica y de documentos institucionales, los impactos socioeconómicos de la EPS y su contribución al desarrollo sostenible en el marco de la Agenda 2030. Se desarrolló una revisión documental de carácter narrativo y cualitativo que integró estudios académicos, informes de organismos internacionales y normativa ecuatoriana, organizados mediante análisis temático en cuatro dimensiones: inclusión financiera, empleo, equidad de género y sostenibilidad ambiental. Los hallazgos indican que la EPS facilita el acceso a servicios financieros de poblaciones poco atendidas por la banca convencional, genera empleo y resiliencia en contextos de crisis, amplía los espacios de participación de las mujeres y puede favorecer prácticas de economía circular y de gestión comunitaria de recursos. Sin embargo, la evidencia disponible es heterogénea, depende de los contextos institucionales y presenta vacíos en indicadores ambientales estandarizados. Se concluye que la EPS constituye un componente estratégico para avanzar hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible 1, 5, 8 y 12, siempre que cuente con marcos normativos, financiamiento y capacidades de gestión adecuados.

Palabras clave: economía popular y solidaria, desarrollo sostenible, impacto socioeconómico, cooperativismo, inclusión financiera, Agenda 2030

ABSTRACT: The popular and solidarity economy (PSE) has become an approach that connects production, exchange, financing and consumption through principles of cooperation, reciprocity and the primacy of labor over capital. This article aims to analyze, based on scientific literature and institutional documents, the socioeconomic impacts of the PSE and its contribution to sustainable development within the framework of the 2030 Agenda. A narrative and qualitative documentary review was

[1]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), https://orcid.org/0009-0004-8795-1921.
[2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Administración de Empresas, https://orcid.org/0000-0002-5999-4690

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

carried out, integrating academic studies, reports from international organizations and Ecuadorian legislation, organized through thematic analysis into four dimensions: financial inclusion, employment, gender equity and environmental sustainability. The findings indicate that the PSE facilitates access to financial services for populations poorly served by conventional banking, generates employment and resilience in times of crisis, broadens women's participation, and can foster circular economy practices and community-based resource management. However, the available evidence is heterogeneous, depends on institutional contexts, and shows gaps in standardized environmental indicators. It is concluded that the PSE is a strategic component for advancing toward Sustainable Development Goals 1, 5, 8 and 12, provided that it has adequate regulatory frameworks, financing and management capacities.

Keywords: popular and solidarity economy, sustainable development, socioeconomic impact, cooperativism, financial inclusion, 2030 Agenda

INTRODUCCIÓN

El modelo de crecimiento predominante ha producido avances materiales innegables, pero también profundas asimetrías en la distribución del ingreso, persistencia de la pobreza y una presión creciente sobre los sistemas naturales (1, 2). La Agenda 2030 reconoce que el desarrollo sostenible exige integrar de manera equilibrada las dimensiones económica, social y ambiental, y propone para ello 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas (3, 4). Desde la propia disciplina económica se ha cuestionado que el producto interno bruto sea por sí solo un indicador suficiente de bienestar (2), y se han propuesto marcos que combinan un piso social mínimo con un techo ecológico que no debe sobrepasarse (1).

En este contexto cobra relevancia la economía popular y solidaria (EPS), que agrupa a cooperativas, asociaciones, organizaciones comunitarias, unidades económicas populares y entidades financieras locales cuya lógica prioriza el trabajo y a las personas sobre la acumulación de capital. Sus raíces intelectuales se remontan a la crítica de Polanyi a la economía de mercado autorregulada y a su reconocimiento de la reciprocidad y la redistribución como formas de integración económica (5); en América Latina se ha desarrollado con fuerza a través de la economía solidaria (6, 7) y de las propuestas de economías diversas y de producción no capitalista (8, 9). Los debates internacionales emplean además las denominaciones de economía social y solidaria y de empresa social, con matices conceptuales entre sí (10-12).

En Ecuador, la Constitución de 2008 define el sistema económico como social y solidario y reconoce al ser humano como sujeto y fin de la actividad económica (13), mientras que la Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria y del Sector Financiero Popular y Solidario, de 2011, regula los sectores comunitario, asociativo y cooperativista, las unidades económicas populares y el sector financiero popular y solidario (14). A escala internacional, la Conferencia Internacional del Trabajo adoptó en 2022 una resolución sobre el trabajo decente y la economía social y solidaria (15), y la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó en 2023 una resolución específica para promover este tipo de economía como vía hacia el desarrollo sostenible (16).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

A pesar de este reconocimiento normativo, la evidencia sobre los efectos de la EPS se encuentra dispersa entre disciplinas, regiones y tipos de organización, y con frecuencia se examina una sola dimensión, como el microcrédito (17, 18) o el empleo cooperativo (19). Por ello, la pregunta que orienta esta investigación es: ¿qué impactos socioeconómicos documenta la literatura sobre la Economía Popular y Solidaria (EPS) y cómo contribuyen estos al avance hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?

El objetivo del presente artículo es analizar y sintetizar, mediante una revisión documental narrativa, los efectos sociales, económicos y ambientales atribuidos a la EPS, y discutir sus implicaciones para las políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible. Los resultados buscan aportar a los responsables de política y a las propias organizaciones una visión integrada de sus potencialidades y limitaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es una investigación documental con enfoque cualitativo y diseño de revisión narrativa de la literatura, adecuada cuando el propósito es integrar y discutir críticamente conocimiento disperso, y no estimar un efecto cuantitativo agregado (20). Para dar transparencia al proceso se adoptaron, de forma orientativa, los principios de claridad y trazabilidad de la declaración PRISMA 2020 (21), sin que ello implique que se trate de una revisión sistemática ni de un metaanálisis.

Las fuentes se agruparon en cuatro tipos: a) artículos científicos y libros académicos sobre economía solidaria, economía social, cooperativismo y finanzas populares; b) informes de organismos internacionales (Naciones Unidas, Organización Internacional del Trabajo, Banco Mundial y CICOPA); c) normativa ecuatoriana en materia de economía popular y solidaria; y d) estudios sobre sostenibilidad ambiental y economía circular que permiten interpretar la dimensión ecológica de la EPS.

La selección de las fuentes fue intencional, y se privilegiaron obras de referencia reconocidas, publicaciones con revisión por pares y documentos oficiales de acceso público. Las fuentes se identificaron mediante la consulta de bases bibliográficas, repositorios institucionales y sitios oficiales, con términos de búsqueda combinados mediante operadores booleanos, según la siguiente expresión:

[«economía popular y solidaria» O «economía solidaria» O «economía social y solidaria» O «cooperativas»] Y [«impacto socioeconómico» O «desarrollo sostenible» O «ODS» O «inclusión financiera»]

No se fijó una ventana temporal estricta, con el fin de incluir tanto los aportes conceptuales clásicos como los informes y normas más recientes, hasta el año 2023.

Criterios de selección y organización de las fuentes

La selección de los documentos se realizó con los siguientes criterios:

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

- Los criterios de inclusión (CI) fueron: documentos que abordan de forma explícita la economía popular y solidaria, la economía social y solidaria, el cooperativismo o las finanzas populares; que aportan evidencia conceptual, empírica o normativa sobre sus efectos económicos, sociales o ambientales; y que corresponden a artículos revisados por pares, libros académicos, informes de organismos internacionales o instrumentos jurídicos oficiales, escritos en español, inglés o portugués.

- Los criterios de exclusión (CE) fueron: textos de opinión sin sustento documental, documentos sin autoría o fuente institucional identificable y publicaciones que mencionan el término sin analizarlo.

Proceso de selección y flujo del análisis

El proceso se organizó en cuatro fases secuenciales (Figura 1): delimitación del problema y de las categorías de análisis; identificación y selección de fuentes según los criterios anteriores; lectura crítica y codificación de los textos; y síntesis temática. En cada fase se registraron las decisiones adoptadas para facilitar su replicabilidad.

Extracción y análisis de datos

De cada fuente se extrajeron, en una matriz de análisis elaborada en hoja de cálculo, los siguientes campos: a) autoría y año; b) tipo de documento; c) tipo de organización o enfoque (cooperativas, finanzas populares, asociaciones o economía solidaria en general); d) dimensión de impacto abordada (inclusión financiera, empleo, equidad de género o sostenibilidad ambiental); y e) Objetivo de Desarrollo Sostenible vinculado.

El análisis se efectuó mediante análisis temático, siguiendo las fases de familiarización con los textos, codificación, agrupación de códigos en temas y revisión de estos (22); luego se contrastaron los hallazgos entre fuentes para identificar convergencias, matices y vacíos. Dado el carácter narrativo del estudio, no se calcularon medidas estadísticas de frecuencia ni de tamaño del efecto; las cifras que se citan provienen de las fuentes originales y se atribuyen a ellas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

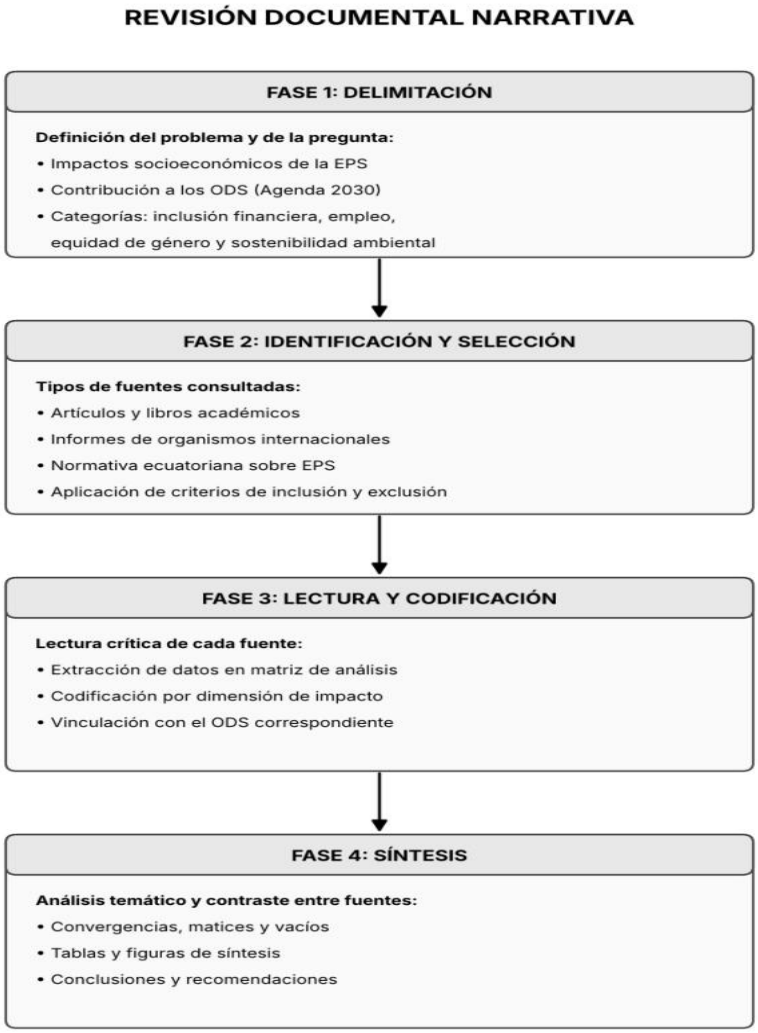


Figura 1. Flujo del proceso de revisión documental narrativa.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Metodología de la revisión documental narrativa.

Fase de la revisión	Actividades detalladas	Resultado	Instrumentos y herramientas
Delimitación	Definición del problema, de la pregunta de investigación y de las categorías de análisis (inclusión financiera, empleo, equidad de género y sostenibilidad ambiental).	Matriz de categorías de análisis.	Marco conceptual de la Agenda 2030 y de la EPS.
Identificación y selección	Búsqueda de literatura académica, informes y normativa con términos clave; aplicación de los criterios de inclusión y exclusión.	Conjunto de fuentes seleccionadas.	Bases bibliográficas, repositorios institucionales y gestor de referencias.
Lectura y codificación	Lectura crítica de cada fuente y extracción de datos en la matriz de análisis.	Matriz de extracción completada.	Hoja de cálculo. Análisis temático (22).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

Síntesis	Agrupación de temas, contraste entre fuentes y formulación de conclusiones.	Síntesis narrativa y tabular.	Tablas y figuras de síntesis.

Este procedimiento da transparencia al estudio, pero sus resultados deben interpretarse con cautela: al tratarse de una selección intencional de fuentes, no pretenden ser exhaustivos ni estadísticamente representativos de toda la producción sobre la EPS (20).

RESULTADOS

El conjunto de fuentes analizadas permite identificar tres tradiciones de pensamiento que alimentan el estudio de la EPS: la tradición europea de economía social y empresa social (12, 23), la corriente latinoamericana de economía solidaria y economía popular (6, 7) y los marcos de los organismos internacionales que vinculan estas formas de organización con el trabajo decente y los ODS (15, 16). En términos de impacto, la literatura se concentra en cuatro dimensiones: inclusión financiera, empleo, equidad de género y sostenibilidad ambiental, que se resumen a continuación.

Generación de impacto socioeconómico y equidad

Los estudios e informes revisados coinciden en que la EPS genera un valor social que no se limita a los excedentes económicos, pues incluye acceso a servicios, estabilidad en el empleo y participación en las decisiones. La Tabla 2 sintetiza los principales hallazgos por dimensión, junto con las fuentes que los sustentan y el ODS con el que se vinculan.

Conviene precisar que esta síntesis es cualitativa: las cifras que se mencionan en el texto corresponden a los estudios e informes originales y no a una agregación propia.

Tabla 2. Síntesis de los impactos socioeconómicos y ambientales de la EPS documentados en la literatura.

Dimensión de impacto	Hallazgo principal en la literatura	Fuentes	ODS principal asociado
Inclusión financiera	Las cooperativas de ahorro y crédito y otras entidades financieras locales amplían el acceso a servicios financieros de poblaciones poco atendidas por la banca; los efectos del microcrédito sobre la pobreza son positivos pero modestos.	94.1%(17, 18, 24, 25)	ODS 1 (Fin de la pobreza)
Empleo y resiliencia	Las cooperativas aportan trabajo a una proporción importante de la población ocupada mundial y las cooperativas financieras	88.2%(19, 25)	ODS 8 (Trabajo decente)

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11
DOI: https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

Dimensión de impacto	Hallazgo principal en la literatura	Fuentes	ODS principal asociado
	mostraron estabilidad durante la crisis de 2008.		
Equidad de género y empoderamiento	El empoderamiento se entiende como la ampliación de recursos, agencia y logros; la participación en organizaciones solidarias puede favorecerlo, pero depende del contexto y de la gobernanza interna.	70.6%(26, 27)	ODS 5 (Igualdad de género)
Sostenibilidad ambiental	La gestión comunitaria de recursos y el arraigo local favorecen prácticas de economía circular y consumo responsable, aunque no están garantizadas y faltan indicadores ambientales estandarizados.	67.6%(1, 28, 29)	ODS 12 (Producción y consumo responsables)

Nota: $N = 34$***Elaboración propia a partir de las fuentes citadas. La síntesis es cualitativa y no representa frecuencias de estudios.***

En cuanto a la inclusión financiera, el Global Findex 2021 estima que el 76 % de los adultos del mundo tenía una cuenta en una institución financiera o con un proveedor de dinero móvil, y que alrededor de 1 400 millones de adultos seguían sin acceso a una cuenta (24). Este dato muestra la magnitud del desafío al que responden las cooperativas de ahorro y crédito y las finanzas populares, orientadas a poblaciones que la banca comercial atiende de forma limitada. No obstante, la evidencia experimental sobre el microcrédito muestra efectos positivos pero modestos, y no transformadores, sobre los ingresos y el consumo de los hogares (17), y algunos autores advierten que los enfoques centrados en el crédito pueden reproducir lógicas de mercado que debilitan los objetivos solidarios (18).

En relación con el empleo, el segundo informe global sobre cooperativas y empleo estimó que estas organizaciones proporcionan trabajo a al menos 279 millones de personas, cerca del 10 % de la población ocupada mundial (19). Además, el estudio de la Organización Internacional del Trabajo sobre la resiliencia del modelo cooperativo sostiene que las cooperativas, en particular las financieras, afrontaron la crisis de 2008 con estabilidad, lo que sus autores relacionan con la propiedad por parte de los socios y su orientación de largo plazo (25). Estos resultados respaldan la idea de que la EPS contribuye al ODS 8, aunque las estadísticas varían según los criterios nacionales de registro y dificultan la comparación.

Respecto a la equidad de género, el empoderamiento suele entenderse como el proceso por el cual las personas amplían su capacidad de elegir mediante el acceso a recursos,

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

el ejercicio de la agencia y la obtención de logros (26), en coherencia con una visión del desarrollo como expansión de libertades reales (27). Las organizaciones solidarias, al basarse en la participación y en el voto por persona, ofrecen espacios en los que las mujeres pueden acceder a recursos y a la toma de decisiones; sin embargo, los efectos dependen del contexto y de las reglas internas de cada organización, por lo que no deben darse por supuestos.

Contribución a la sostenibilidad y los ODS

La participación de la EPS no se limita a las dimensiones social y económica: su arraigo territorial y su gobernanza participativa la vinculan también con el ámbito ambiental, lo que se ilustra en la Figura 2.

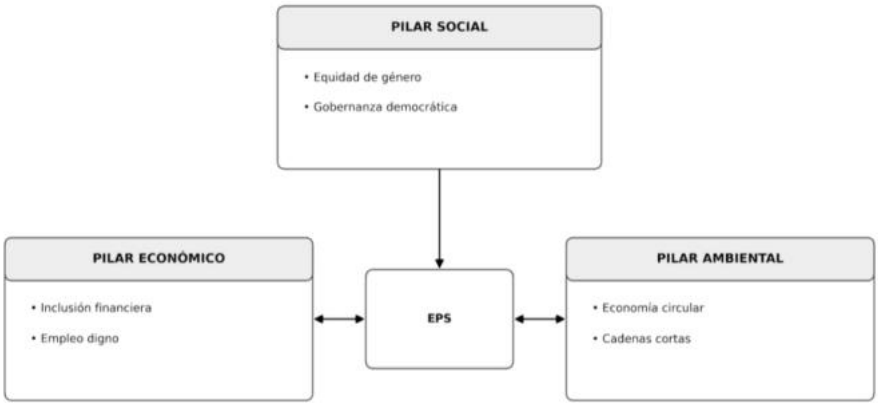


Figura 2. Intersección de la Economía Popular y Solidaria en los pilares del desarrollo sostenible.

Como se aprecia en la Figura 2, la dimensión ambiental se relaciona con prácticas como la economía circular y las cadenas cortas de valor. Ostrom mostró que las comunidades pueden gestionar de forma sostenible recursos de uso común cuando cuentan con reglas claras, mecanismos de monitoreo y participación en la definición de las normas (28), lo que ofrece un fundamento para la gestión comunitaria de recursos que caracteriza a muchas organizaciones de la EPS. A su vez, la literatura sobre economía circular advierte que su vínculo con la sostenibilidad no es automático y depende de cómo se implemente (29), por lo que no puede asumirse que toda organización solidaria sea ambientalmente sostenible.

Esta vinculación se relaciona con la meta del ODS 12 sobre patrones de producción y consumo sostenibles (3). Las organizaciones con raíces locales y miembros que viven las consecuencias de sus decisiones tienen incentivos para cuidar los recursos de su territorio, aunque este argumento requiere verificación empírica con indicadores ambientales comparables.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 1-11

DOI:
https://doi.org/10.56519/ca8w4v77
Noviembre 2026

DISCUSIÓN

Los resultados ratifican que la EPS no es un fenómeno homogéneo, sino un campo con tradiciones conceptuales diversas (6, 10, 11) que comparten la primacía del trabajo y de las personas sobre el capital. Esta coincidencia respalda la caracterización recogida en la legislación ecuatoriana (14) y en el marco internacional reciente (15, 16), y sugiere que su reconocimiento normativo es una condición necesaria, aunque no suficiente, para su contribución al desarrollo sostenible.

En la dimensión financiera, los datos del Global Findex (24) y los estudios sobre microcrédito (17) muestran que ampliar el acceso es relevante, pero no equivale a superar la pobreza. Esto coincide con la advertencia de que la inclusión financiera, por sí sola, puede reproducir lógicas de mercado (18); frente a ello, la EPS aporta una propiedad y una gobernanza colectivas que pueden orientar los servicios financieros hacia el beneficio de los socios y de la comunidad (25).

En materia de empleo, las cifras de CICOPA (19) indican un peso considerable de las cooperativas, pero los criterios de medición varían entre países y buena parte de la EPS, especialmente las unidades económicas populares, opera en la informalidad y queda fuera de las estadísticas oficiales. Ello limita la capacidad de valorar con precisión su aporte al ODS 8 y justifica la necesidad de sistemas de información específicos.

En cuanto a la equidad de género, el enfoque de Kabeer (26) invita a evaluar no solo la presencia de mujeres en las organizaciones, sino también si estas acceden a recursos, ejercen agencia y alcanzan logros efectivos. Este enfoque es compatible con una visión del desarrollo como expansión de capacidades (27) y plantea la necesidad de que las evaluaciones de la EPS incorporen indicadores desagregados por sexo.

Los riesgos también deben reconocerse. Utting (10) advierte sobre la fragmentación del campo, la dependencia de apoyos estatales y la posible cooptación de la economía solidaria por lógicas de mercado, mientras que Polanyi (5) recuerda que la economía está incrustada en relaciones sociales e instituciones, lo que implica que su éxito depende del entorno político y normativo en el que se desarrolla.

En la dimensión ambiental, la principal limitación es la ausencia de indicadores ambientales estandarizados para el sector, de modo que gran parte de los argumentos sobre su aporte a la economía circular y al consumo responsable sigue siendo conceptual (28, 29). Las investigaciones futuras deberían desarrollar métricas comparables, por ejemplo mediante balances sociales y ambientales adaptados a las organizaciones solidarias, y contrastarlas con las de empresas convencionales. Asimismo, se recomienda complementar este estudio con revisiones sistemáticas formales, conforme a la declaración PRISMA 2020 (21), que permitan cuantificar la frecuencia y la magnitud de los efectos.

En síntesis, la discusión indica que la EPS ofrece un modelo que integra, desde su diseño, objetivos sociales, económicos y ambientales, pero cuyo aporte efectivo depende de la

calidad de su gobernanza, del acceso a financiamiento y de la existencia de políticas públicas coherentes y de sistemas de medición adecuados (3, 15, 16).

CONCLUSIONES

La revisión documental permite concluir que la economía popular y solidaria constituye una vía relevante para avanzar hacia la Agenda 2030, al contribuir al acceso a servicios financieros, al empleo y la resiliencia económica, a la participación de las mujeres y a prácticas de gestión comunitaria de recursos. Su aporte se vincula principalmente con los ODS 1, 5, 8 y 12. No obstante, la evidencia es heterogénea y depende del contexto institucional, por lo que sus efectos no deben considerarse automáticos.

Se recomienda que los gobiernos y los organismos de fomento fortalezcan los marcos normativos y financieros de la EPS, desarrollen sistemas de información que permitan medir su impacto —incluidos indicadores ambientales y desagregados por sexo— y promuevan la formación en gestión y gobernanza de sus organizaciones. Como líneas futuras, se sugiere realizar revisiones sistemáticas y estudios empíricos comparados que cuantifiquen los efectos de la EPS en distintos contextos, entre ellos el ecuatoriano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Raworth K. Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. London: Random House Business; 2017.
2. Stiglitz JE, Sen A, Fitoussi JP. Mismeasuring our lives: why GDP doesn't add up. New York: The New Press; 2010.
3. Naciones Unidas. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución A/RES/70/1. Nueva York: Asamblea General de las Naciones Unidas; 2015.
4. Sachs JD. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals. Lancet. 2012;379(9832):2206-11.
5. Polanyi K. The great transformation: the political and economic origins of our time. New York: Farrar & Rinehart; 1944.
6. Singer P. Introdução à economia solidária. São Paulo: Fundação Perseu Abramo; 2002.
7. Cattani AD, Coraggio JL, Laville JL, editores. Diccionario de la otra economía. Buenos Aires: Altamira; 2009.
8. Gibson-Graham JK. A postcapitalist politics. Minneapolis: University of Minnesota Press; 2006.
9. Santos BS, editor. Another production is possible: beyond the capitalist canon. London: Verso; 2006.
10. Utting P, editor. Social and solidarity economy: beyond the fringe. London: Zed Books; 2015.
11. Dacheux E, Goujon D. The solidarity economy: an alternative development strategy? Int Soc Sci J. 2011;62(203-204):205-15.

12. Defourny J, Nyssens M. Conceptions of social enterprise and social entrepreneurship in Europe and the United States: convergences and divergences. J Soc Entrep. 2010;1(1):32-53.
13. Asamblea Constituyente del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Quito: Registro Oficial 449; 20 de octubre de 2008.
14. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria y del Sector Financiero Popular y Solidario. Quito: Registro Oficial Suplemento 444; 10 de mayo de 2011.
15. Organización Internacional del Trabajo. Resolución relativa al trabajo decente y la economía social y solidaria. Ginebra: Conferencia Internacional del Trabajo, 110.ª reunión; 2022.
16. Naciones Unidas. Promoción de la economía social y solidaria para el desarrollo sostenible. Resolución A/RES/77/281. Nueva York: Asamblea General de las Naciones Unidas; 2023.
17. Banerjee A, Karlan D, Zinman J. Six randomized evaluations of microcredit: introduction and further steps. Am Econ J Appl Econ. 2015;7(1):1-21.
18. Bateman M. Why doesn't microfinance work? The destructive rise of local neoliberalism. London: Zed Books; 2010.
19. Eum H. Cooperatives and employment: second global report. Bruselas: Organización Internacional de Cooperativas Industriales y de Servicios (CICOPA); 2017.
20. Green BN, Johnson CD, Adams A. Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. J Chiropr Med. 2006;5(3):101-17.
21. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
22. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qual Res Psychol. 2006;3(2):77-101.
23. Borzaga C, Defourny J, editores. The emergence of social enterprise. London: Routledge; 2001.
24. Demirgüç-Kunt A, Klapper L, Singer D, Ansar S. The Global Findex Database 2021: financial inclusion, digital payments, and resilience in the age of COVID-19. Washington, DC: World Bank; 2022.
25. Birchall J, Ketilson LH. Resilience of the cooperative business model in times of crisis. Geneva: International Labour Office; 2009.
26. Kabeer N. Resources, agency, achievements: reflections on the measurement of women's empowerment. Dev Change. 1999;30(3):435-64.
27. Sen A. Development as freedom. New York: Alfred A. Knopf; 1999.
28. Ostrom E. Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
29. Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP, Hultink EJ. The circular economy: a new sustainability paradigm? J Clean Prod. 2017;143:757-68.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25

DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

IMPACTO DE LA EXPERIMENTACIÓN VIRTUAL EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN ESTUDIANTES DE PRIMERO DE BACHILLERATO DE LA UNIDAD EDUCATIVA "BATALLA DE TIOCAJAS"

THE IMPACT OF VIRTUAL EXPERIMENTATION ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC SKILLS IN BIOLOGY INSTRUCTION AMONG FIRST-YEAR HIGH SCHOOL STUDENTS AT THE "BATALLA DE TIOCAJAS" SCHOOL

María Rosa Alcoser Villalobos[1], Luis Alberto Mera Cabezas[2]

{rocyalcoser@gmail.com[1], lmera@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 12/10/2026 / Fecha de aceptación: 01/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: La enseñanza de la Biología en contextos rurales enfrenta limitaciones estructurales por la escasez de laboratorios físicos y materiales experimentales, lo que restringe el desarrollo de competencias científicas. El presente estudio analizó los cambios asociados a la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa "Batalla de Tiocajas" (Chimborazo, Ecuador). Se empleó un enfoque mixto con diseño preexperimental de un grupo con pretest-postest. Se implementó una intervención de ocho semanas basada en laboratorios virtuales y simuladores digitales sobre estructura celular, genética, ecología y microbiología. Participaron 35 estudiantes de 15 a 17 años y el docente de Biología. Los instrumentos incluyeron una prueba objetiva de competencias científicas, una encuesta tipo Likert, una entrevista semiestructurada y una guía de observación. Los resultados cuantitativos evidenciaron un aumento en la puntuación global de competencias científicas, de una media de 37,3 % (DE = 7,6) en el pretest a 77,5 % (DE = 5,8) en el postest (diferencia = 40,2 puntos porcentuales). Todas las dimensiones evaluadas (observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de resultados, argumentación científica y resolución de problemas) mostraron mejoras. La percepción estudiantil fue favorable: más del 85 % valoró positivamente la facilidad de aprendizaje, la motivación y la utilidad de los laboratorios virtuales. Se concluye que la experimentación virtual se asocia con mejoras en las competencias científicas en un contexto educativo con limitaciones de infraestructura experimental.

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4041-7037
[2]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7419-4846

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Palabras clave: Laboratorios virtuales, experimentación virtual, competencias científicas, enseñanza de la biología, estrategias didácticas

ABSTRACT: Biology teaching in rural contexts faces structural limitations due to the scarcity of physical laboratories and experimental materials, which restricts the development of scientific competencies. This study analyzed the changes associated with virtual experimentation in the development of scientific competencies among first-year high school students at the "Batalla de Tiocajas" Educational Unit (Chimborazo, Ecuador). A mixed-methods approach with a one-group pretest-posttest pre-experimental design was employed. An eight-week intervention based on virtual laboratories and digital simulators covering cell structure, genetics, ecology, and microbiology was implemented. Thirty-five students aged 15 to 17 and the Biology teacher participated. Instruments included an objective scientific competencies test, a Likert-scale survey, a semi-structured interview, and an observation guide. Quantitative results showed an increase in the global scientific competencies score, from a mean of 37.3% (SD = 7.6) in the pretest to 77.5% (SD = 5.8) in the posttest (difference = 40.2 percentage points). All evaluated dimensions (scientific observation, hypothesis formulation, experimentation, results interpretation, scientific argumentation, and problem-solving) exhibited improvements. Student perception was favorable, with more than 85% of participants positively rating the ease of learning, motivation, and usefulness of virtual laboratories. It is concluded that virtual experimentation is associated with improvements in scientific competencies in an educational context with limited experimental infrastructure.

Keywords: virtual laboratories, virtual experimentation, scientific competencies, biology teaching, didactic strategies

INTRODUCCIÓN

En la última década, la enseñanza de las ciencias experimentales ha incorporado de forma creciente las tecnologías digitales como recurso para fortalecer el aprendizaje. En el caso de la Biología, el desarrollo de competencias científicas observación, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de datos, argumentación y resolución de problemas constituye un eje central de la formación, puesto que permite a los estudiantes comprender, analizar e interpretar fenómenos naturales a través de experiencias de aprendizaje significativas (1).

Sin embargo, numerosos sistemas educativos continúan enfrentando limitaciones relacionadas con la disponibilidad de laboratorios físicos, equipamiento, materiales biológicos y recursos económicos suficientes para sostener prácticas experimentales tradicionales. Estas restricciones repercuten de manera negativa en el desarrollo de competencias científicas, especialmente en centros educativos situados en contextos rurales o con infraestructura tecnológica y científica limitada (2).

Como respuesta a esta situación, los laboratorios virtuales y las herramientas de experimentación digital han surgido como alternativas didácticas para reforzar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza. Estos recursos

permiten reproducir fenómenos biológicos mediante simulaciones interactivas, de modo que la experimentación se desarrolla en entornos seguros, accesibles y controlados, al tiempo que se favorece la participación activa y autónoma de los estudiantes (3).

La evidencia científica reciente ha puesto de manifiesto que la experimentación virtual contribuye a la mejora del aprendizaje conceptual y procedimental. Navarro et al. demostraron que las simulaciones virtuales en biología celular favorecen la comprensión de conceptos complejos, incrementan la motivación y facilitan la adquisición de habilidades investigadoras (4). En la misma línea, otros estudios han confirmado que los entornos de laboratorio virtual permiten desarrollar competencias prácticas similares a las alcanzadas mediante experiencias presenciales, particularmente en áreas experimentales vinculadas a las ciencias biológicas (5,6).

Asimismo, se ha señalado que las tecnologías inmersivas y los laboratorios virtuales favorecen el desarrollo de competencias científicas básicas, como la observación sistemática, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el tratamiento de datos y la formulación de hipótesis (5). Revisiones sistemáticas internacionales sobre realidad virtual aplicada a la educación biológica han reportado aumentos en el rendimiento académico y en el desarrollo de competencias científicas en distintos niveles educativos (6).

Las opiniones de los docentes sobre el uso de laboratorios virtuales son, en general, positivas. Estudios con futuros docentes de ciencias indican que la experimentación virtual mejora la comprensión de fenómenos biológicos complejos y dinamiza el proceso de enseñanza (6,7). De igual manera, se ha documentado que la inclusión de laboratorios virtuales en educación secundaria promueve el desarrollo de habilidades experimentales y el aprendizaje científico significativo (8).

En América Latina se observa un interés creciente por la incorporación de tecnologías educativas en la enseñanza de las ciencias; no obstante, persisten brechas asociadas al acceso a recursos tecnológicos, a la preparación docente y a la evidencia empírica sobre el efecto real de estas herramientas en la constitución de competencias científicas. En Ecuador, y de manera particular en instituciones educativas rurales, la evidencia que sustenta la experimentación virtual como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Biología es aún escasa (9).

La Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas” refleja esta realidad, al presentar limitaciones que impiden realizar prácticas experimentales presenciales con la frecuencia deseable. De ahí surge la necesidad de analizar los cambios asociados al uso de laboratorios virtuales en las competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato, específicamente en observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación de resultados, argumentación y resolución de problemas.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios asociados a la implementación de la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas en la enseñanza de la Biología en estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”. Se adoptó un enfoque mixto con diseño

preexperimental de un grupo con pretest-postest, orientado a evaluar el nivel de competencias científicas antes y después de la aplicación de estrategias didácticas basadas en laboratorios virtuales.

La hipótesis de trabajo que orienta la investigación es que la implementación de la experimentación virtual como estrategia didáctica se asocia con un incremento en el nivel de competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato. Los resultados obtenidos contribuyen a fortalecer la evidencia científica sobre el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las ciencias y a generar información útil para el diseño de estrategias educativas en contextos similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

La investigación se realizó bajo un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) con el fin de obtener una comprensión más completa de los cambios asociados a la experimentación virtual en el desarrollo de competencias científicas.

Desde el componente cuantitativo se adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo con pretest-postest. Este diseño permite describir las variaciones observadas en el nivel de competencias científicas antes y después de la intervención; sin embargo, al no contar con grupo control, no es posible atribuir de manera exclusiva y causal los cambios a la intervención.

Desde el componente cualitativo se empleó un enfoque descriptivo-interpretativo orientado a comprender las percepciones del docente y de los estudiantes sobre el uso de laboratorios virtuales como estrategia de enseñanza-aprendizaje en Biología.

La revisión de BMC (20) y Suryanti et al. (21) refuerzan la eficacia de los laboratorios virtuales en competencias científicas y literacidad científica.

Tipo de investigación y alcance

La investigación fue de tipo aplicada, orientada a dar respuesta a una problemática educativa relacionada con la enseñanza experimental de la Biología mediante herramientas tecnológicas. Tuvo un alcance descriptivo, al caracterizar el nivel de competencias científicas antes y después de la intervención. Por su contexto de aplicación se trató de una investigación de campo, desarrollada en la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas” durante el periodo académico 2025-2026.

Participantes

El estudio se realizó en la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, ubicada en la provincia de Chimborazo, Ecuador. La población accesible estuvo constituida por la totalidad de los estudiantes de primero de bachillerato del periodo académico 2025-2026 (n = 35), con edades entre 15 y 17 años, más el docente responsable de la asignatura de Biología.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Se trabajó con la totalidad de la población accesible; por tanto, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo.

Variables objeto de estudio

Variable independiente: Experimentación virtual, definida como el conjunto de actividades didácticas desarrolladas mediante laboratorios virtuales y simulaciones digitales orientadas a la enseñanza de conceptos de Biología (14).

Variable dependiente: Competencias científicas, entendidas como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten a los estudiantes observar, formular hipótesis, experimentar, interpretar resultados, argumentar y resolver problemas científicos.

Dimensiones evaluadas: observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación y análisis de resultados, argumentación científica y resolución de problemas.

Estrategia de la intervención educativa

La intervención didáctica consistió en un conjunto de actividades de experimentación virtual basadas en laboratorios y simuladores digitales, implementadas durante ocho semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales. Las actividades se diseñaron bajo principios del constructivismo y del aprendizaje activo, privilegiando la participación, la experimentación, la reflexión y el trabajo colaborativo.

Las herramientas tecnológicas empleadas fueron simuladores interactivos orientados al estudio de: estructura y función celular, división celular, genética y herencia, ecología, procesos metabólicos y microbiología básica.

La intervención didáctica consistió en un conjunto de actividades de experimentación virtual basadas en laboratorios y simuladores digitales, implementadas durante ocho semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales. Las actividades se diseñaron bajo principios del constructivismo y del aprendizaje activo. Se utilizaron recursos de acceso libre de amplio uso en la enseñanza de Biología a nivel secundario: PhET Interactive Simulations (University of Colorado), BioMan Biology y HHMI BioInteractive (Tabla 1).

Tabla 1. Plan de la intervención educativa con laboratorios virtuales.

Semana	Tema	Recurso / simulador	Actividad principal	Competencia prioritaria	Producto
1-2	Estructura y función celular	PhET – "Cell Structure" y "Membrane Channels"	Exploración interactiva de organelos, membrana y transporte celular	Observación científica; interpretación	Guía de observación e informe breve
3-4	División celular y genética	BioMan Biology – "Cell Division" y "Genetics" +	Simulación de mitosis/meiosis y cruces genéticos;	Formulación de hipótesis; experimentación	Registro de resultados y conclusiones

		PhET "Gene Machine"	manipulación de variables		
5-6	Ecología y procesos metabólicos	PhET – "Natural Selection" y "Photosynthesis" + HHMI BioInteractive	Manipulación de variables ecológicas y metabólicas; análisis de datos	Interpretación; resolución de problemas	Informe de análisis de datos
7-8	Microbiología básica	BioMan Biology – "Bacteria" y "Virus Explorer" (HHMI)	Experimentación virtual con microorganismos y ciclos virales	Experimentación; argumentación científica	Presentación de resultados y discusión grupal

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Prueba objetiva de competencias científicas (pretest y postest).

Se aplicó una prueba de opción múltiple y ejercicios prácticos orientada a evaluar las seis dimensiones de competencias científicas. El instrumento fue sometido a juicio de expertos en didáctica de las ciencias y metodología de investigación para valorar la validez de contenido y la pertinencia pedagógica.

La prueba objetiva de competencias científicas fue sometida a juicio de cinco expertos en didáctica de las ciencias y metodología de investigación educativa. Se calculó el coeficiente V de Aiken, obteniendo un valor promedio de 0,89, lo que indica una validez de contenido adecuada. La confiabilidad de la prueba objetiva se estimó mediante el coeficiente KR-20, alcanzando un valor de 0,81. Para la encuesta tipo Likert se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,87, lo que indica una consistencia interna aceptable.

Encuesta estudiantil

Se utilizó un cuestionario estructurado tipo Likert de cinco niveles para indagar la percepción de los estudiantes sobre facilidad de aprendizaje, motivación, desarrollo de competencias, utilidad percibida y disposición a recomendar los laboratorios virtuales.

Entrevista semiestructurada

Se realizó una entrevista al docente de Biología con el fin de recoger información cualitativa sobre la implementación, beneficios y limitaciones de la experimentación virtual. Se reconoce que se trata de una fuente cualitativa individual.

Guía de observación

Se empleó una guía estructurada para registrar participación, interacción, autonomía y ejecución de habilidades científicas durante las sesiones virtuales (16).

Método de investigación

El método de investigación realizó cinco fases:

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Fase 1. Diagnóstico inicial: la aplicación de una prueba tipo pretest para comprobar la situación inicial de las competencias científicas.

Fase 2. Diseño de la intervención: la selección y el diseño de las actividades experimentales virtuales adaptadas al currículo de Biología de primero de bachillerato.

Fase 3. Realización: la ejecución de las actividades experimentales virtuales en un periodo de ocho semanas.

Fase 4. Evaluación: la aplicación del postest y el levantamiento de información mediante encuestas, observaciones y entrevistas.

Fase 5. Análisis y la interpretación: el procesamiento de análisis estadístico y análisis cualitativo de la información recogida.

Análisis de la información

Los datos cuantitativos se procesaron con estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar, frecuencias y porcentajes) mediante Microsoft Excel. Se calcularon las diferencias pretest-postest por dimensión y de forma global. Dado que no se contó con los datos individuales para la presente versión del manuscrito, no se reportan pruebas de significancia estadística ni intervalos de confianza; se presenta el tamaño del efecto aproximado (Cohen's d) como indicador de la magnitud del cambio observado.

La información cualitativa (entrevista y observaciones) se analizó mediante análisis de contenido, categorización temática y triangulación con los resultados cuantitativos, con el fin de fortalecer la validez de las interpretaciones.

Consideraciones éticas

La investigación se realizó con respeto a los principios éticos de la investigación en los estudios educativos, y además se recabó el consentimiento informado de los participantes y de la autoridad institucional con la finalidad de garantizar la confidencialidad, el anonimato y el uso exclusivo de la información recogida para fines académicos; así como el respeto con los principios de no maleficencia, beneficencia y justicia a lo largo de la investigación.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos mediante los instrumentos de tipo cuantitativo y cualitativo, organizados de acuerdo con las variables objeto de estudio y las dimensiones de las competencias científicas evaluadas.

El nivel inicial de competencias científicas (Pretest)

La aplicación del pretest permitió conocer el nivel basal de competencias científicas de los 35 estudiantes antes de la intervención. La media global fue de 37,3 % (DE = 7,6),

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

valor inferior al umbral de suficiencia considerado (50 %), lo que evidencia un nivel inicial bajo en habilidades científicas.

Al segmentar por dimensiones (Tabla 1), la resolución de problemas científicos obtuvo la puntuación más baja (33,0 %), seguida de experimentación (35,0 %) y argumentación científica (36,0 %). La observación científica alcanzó el valor relativamente más alto (42,0 %), aunque también insuficiente

Tabla 2. Puntuaciones promedio por dimensión de competencias científicas en el pretest (n = 35)

Dimensión	Media (%)	Desv. Est.	Nivel
Observación científica	42,0	8,2	Bajo
Formulación de hipótesis	38,0	9,1	Bajo
Experimentación	35,0	7,8	Bajo
Interpretación y análisis	40,0	8,5	Bajo
Argumentación científica	36,0	9,4	Bajo
Resolución de problemas	33,0	8,9	Bajo
Global	**37,3**	**7,6**	**Bajo**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del pretest.

Nivel de competencias científicas después de la intervención (Postest)

Tras la intervención de ocho semanas, el postest mostró un aumento en todas las dimensiones. La media global alcanzó 77,5 % (DE = 5,8), lo que representa una diferencia de 40,2 puntos porcentuales respecto al pretest. Este valor se sitúa por encima del umbral de suficiencia.

La dimensión de experimentación registró el mayor incremento absoluto (+47,0 puntos), seguida de resolución de problemas (+44,0) y formulación de hipótesis (+37,0). La reducción de la desviación estándar (de 7,6 a 5,8) sugiere una mayor homogeneidad del grupo tras la intervención (Tabla 2).

Tabla 3. Puntuaciones promedio por dimensión de competencias científicas en el postest (n = 35)

Dimensión	Media (%)	Desv. Est.	Nivel
Observación científica	78,0	6,4	Alto
Formulación de hipótesis	75,0	7,1	Alto
Experimentación	82,0	5,9	Alto
Interpretación y análisis	79,0	6,8	Alto
Argumentación científica	74,0	7,5	Alto
Resolución de problemas	77,0	6,2	Alto
Global	**77,5**	**5,8**	**Alto**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del postest.

Comparación pretest-postest y ganancia de aprendizaje

La comparación pretest-postest (Tabla 3) muestra ganancias absolutas entre 36,0 y 47,0 puntos porcentuales según la dimensión. La ganancia global fue de 40,2 puntos.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI: https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

Como indicador de la magnitud del cambio se estimó el tamaño del efecto de Cohen para muestras dependientes de forma aproximada, a partir de las medias y desviaciones estándar reportadas:

$$d \approx (77{,}5 - 37{,}3) / \sqrt{[(7{,}6^2 + 5{,}8^2)/2]} \approx 6{,}0$$

Este valor corresponde a un efecto de magnitud grande según los criterios de Cohen ($d \geq 0{,}80$). Se advierte que se trata de una estimación aproximada, al no disponerse de la desviación estándar de las diferencias individuales.

Tabla 4. Comparación pretest-postest y ganancia de aprendizaje por dimensión

Dimensión	Pretest	Postest	Ganancia	% Mejora
Observación científica	42,0	78,0	+36,0	85,7 %
Formulación de hipótesis	38,0	75,0	+37,0	97,4 %
Experimentación	35,0	82,0	+47,0	134,3 %
Interpretación y análisis	40,0	79,0	+39,0	97,5 %
Argumentación científica	36,0	74,0	+38,0	105,6 %
Resolución de problemas	33,0	77,0	+44,0	133,3 %
Global	**37,3**	**77,5**	**+40,2**	**107,8 %**

Fuente: elaboración propia.

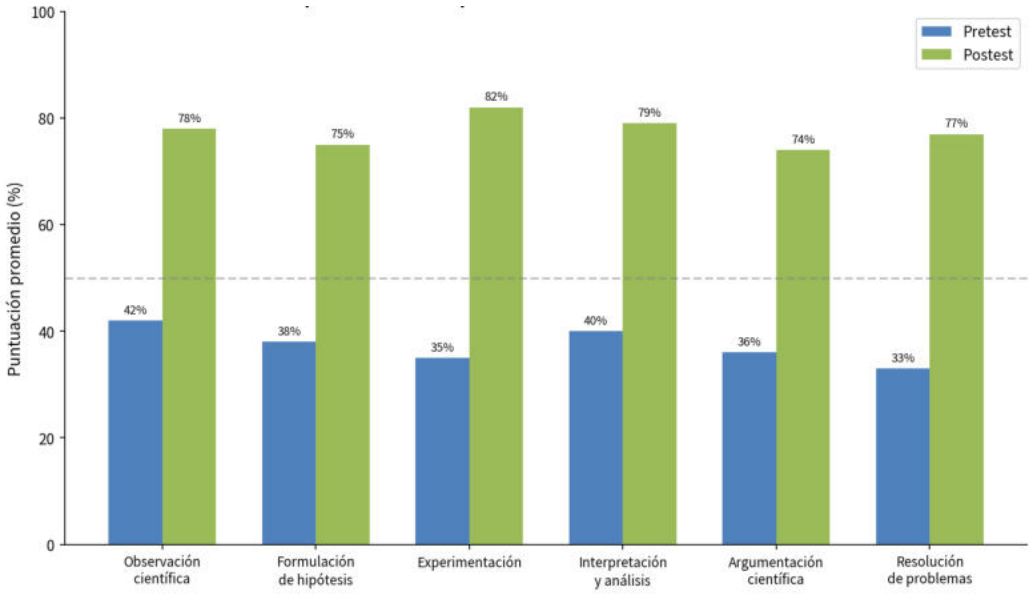


Figura 1. Comparación de puntuaciones promedio por dimensión: pretest vs postest

Fuente: Elaboración propia.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

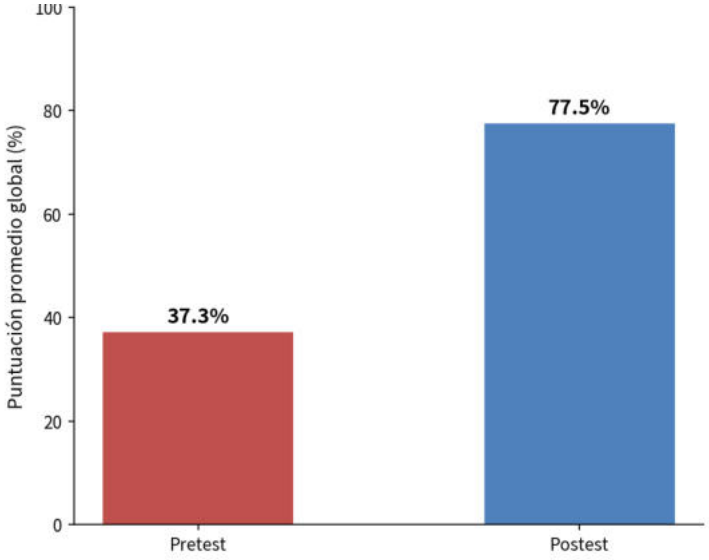


Figura 2. Puntuación global de competencias científicas: pretest vs postest

Fuente: Elaboración propia.

Percepción del alumnado sobre la experimentación virtual

La encuesta tipo Likert realizada a los 35 alumnos al finalizar la intervención nos permitió entender su percepción en relación a las 5 dimensiones evaluadas: facilidad de aprendizaje, motivación, desarrollo de competencias, utilidad percibida y disposición para recomendar el uso de laboratorios virtuales. Los resultados (Tabla 4 y Figura 3) nos muestran una valoración positivamente alta.

Tabla 5. Percepción estudiantil sobre la experimentación virtual (n = 35)

Dimensión	De acuerdo / Muy de acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Media Likert
Facilidad de aprendizaje	85 %	10 %	5 %	4,3
Motivación	91 %	6 %	3 %	4,5
Desarrollo de competencias	88 %	8 %	4 %	4,4
Utilidad percibida	82 %	12 %	6 %	4,2
Recomendación	94 %	4 %	2 %	4,6

Fuente: Elaboración propia. Escala Likert de 1 a 5.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 12-25
DOI:
https://doi.org/10.56519/nhd87r35
Noviembre 2026

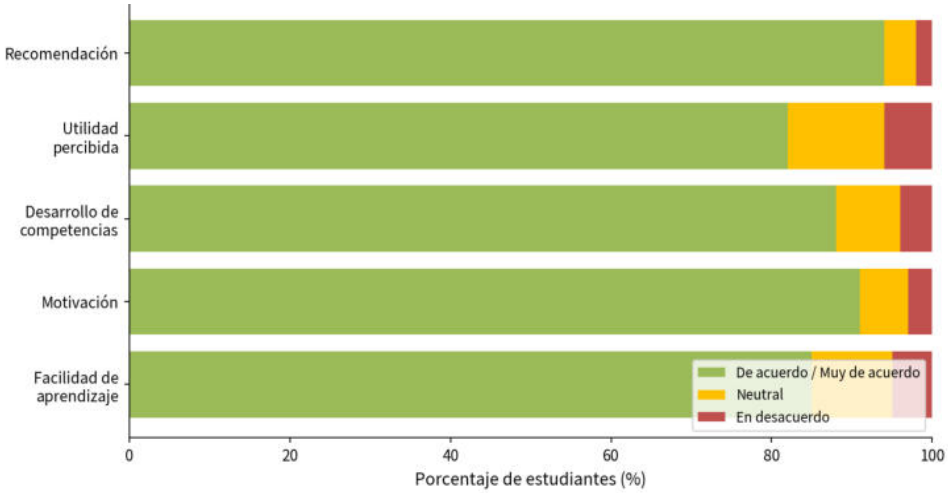


Figura 3. Percepción estudiantil sobre la experimentación virtual

Fuente: Elaboración propia.

Hallazgos cualitativos: entrevista al docente y observaciones de aula

La entrevista al docente de Biología y los registros de la guía de observación permitieron triangular los resultados cuantitativos. El docente señaló que los laboratorios virtuales facilitaron la visualización de procesos microscópicos y moleculares difíciles de observar en un laboratorio físico convencional, especialmente en división celular y herencia genética. Asimismo, destacó una mayor participación activa y una mayor capacidad de los estudiantes para formular preguntas.

Entre las limitaciones identificadas se mencionaron la necesidad de una conexión a internet estable y la curva de aprendizaje inicial asociada al uso de las plataformas digitales. Hacia el final de la intervención se observó un trabajo más autónomo y colaborativo por parte del alumnado.

Los registros de observación evidenciaron con frecuencia comportamientos asociados a la autonomía, la discusión de resultados en pareja y la reformulación de hipótesis a partir de los datos generados por las simulaciones.

En conjunto, los hallazgos cuantitativos y cualitativos convergen en señalar una mejora asociada a la experimentación virtual en las competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran un incremento notable en el nivel de competencias científicas de los estudiantes tras la intervención de ocho semanas basada en experimentación virtual. La media global pasó de 37,3 % (DE = 7,6) a 77,5 % (DE = 5,8), con una diferencia de 40,2 puntos porcentuales y un tamaño del efecto aproximado grande (d ≈ 6,0). Todas las dimensiones evaluadas presentaron mejoras, siendo especialmente marcadas las de experimentación y resolución de problemas.

Estos hallazgos se alinean con evidencia internacional reciente sobre el potencial de los laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias biológicas. Estudios previos han reportado mejoras en el rendimiento académico y en las actitudes hacia el aprendizaje de la Biología cuando se incorporan entornos virtuales (17,18). De manera similar, investigaciones sobre simulaciones en biología celular y microbiología han documentado avances en la comprensión conceptual y en habilidades procedimentales (4,5).

En el presente trabajo, el hecho de que las mayores ganancias se observaran en experimentación y resolución de problemas puede interpretarse como un efecto de la posibilidad de manipular variables y contrastar hipótesis de forma reiterada en un entorno controlado, algo que resulta especialmente valioso cuando el acceso a laboratorios físicos es limitado, como ocurre en muchos contextos rurales.

La percepción favorable de los estudiantes (más del 85 % de acuerdo o muy de acuerdo en todas las dimensiones de la encuesta) es coherente con lo reportado por otros autores sobre opiniones positivas hacia los laboratorios virtuales tanto en docentes en formación como en estudiantes de secundaria (7,8). En el caso de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, esta valoración adquiere relevancia particular, pues sugiere que estudiantes de contextos rurales pueden apropiarse de recursos tecnológicos cuando se introducen de forma planificada y orientada a objetivos de aprendizaje claros. Estudios realizados en contextos con recursos limitados también respaldan la accesibilidad de estos recursos (19).

Desde la perspectiva del docente, las evidencias cualitativas refuerzan la idea de que las herramientas digitales pueden favorecer el rendimiento académico y el desarrollo de competencias científicas en distintos niveles educativos (6). La mayor autonomía e interacción observadas durante las sesiones virtuales son consistentes con un enfoque de aprendizaje activo y constructivista, bases sobre las que se diseñó la intervención. Revisiones sistemáticas recientes sobre laboratorios virtuales y blended laboratories también apoyan estos hallazgos (20,21).

No obstante, es necesario reconocer las limitaciones del estudio. El diseño preexperimental de un solo grupo no permite afirmar de manera exclusiva y causal que los cambios observados se deban únicamente a la intervención; factores como la maduración, la familiarización con el instrumento, el efecto del docente o la historia pueden haber influido. Además, el tamaño de la muestra es reducido y el contexto es específico de una institución rural, lo que limita la generalización. La entrevista se realizó a un solo docente, por lo que sus percepciones no pueden extrapolarse al conjunto del profesorado. Finalmente, no se realizó un seguimiento longitudinal que permita evaluar el mantenimiento de las competencias adquiridas.

En el contexto latinoamericano, donde persisten brechas de acceso a infraestructura experimental (9), los resultados aportan evidencia empírica sobre la pertinencia de los laboratorios virtuales como estrategia para favorecer la equidad educativa. La experimentación virtual no sustituye la experiencia del laboratorio físico, pero constituye una opción pedagógica de alto valor cuando los recursos materiales son

escasos, permitiendo a los estudiantes avanzar en el desarrollo de competencias científicas básicas con independencia de las condiciones de su entorno escolar.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados se pueden formular las siguientes conclusiones:

La implementación de la experimentación virtual durante ocho semanas se asoció con un incremento en el nivel de competencias científicas de los estudiantes de primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Batalla de Tiocajas”, pasando de una media global de 37,3 % en el pretest a 77,5 % en el postest. Se observaron mejoras en todas las dimensiones evaluadas (observación científica, formulación de hipótesis, experimentación, interpretación y análisis de resultados, argumentación científica y resolución de problemas), con ganancias absolutas entre 36 y 47 puntos porcentuales.

La percepción de los estudiantes sobre el uso de laboratorios virtuales fue favorable. Más del 85 % valoró positivamente la facilidad de aprendizaje, la motivación, el desarrollo de competencias y la utilidad de la estrategia, y el 94 % recomendó su uso. Estos datos sugieren que la experimentación virtual puede incidir no solo en el plano cognitivo, sino también en el afectivo-motivacional.

La triangulación de los resultados cuantitativos con la entrevista al docente y las observaciones de aula respalda la pertinencia de los laboratorios virtuales como estrategia didáctica viable para favorecer el desarrollo de competencias científicas en un contexto educativo rural con limitada infraestructura experimental. Se recomienda su incorporación progresiva en la programación de Biología de bachillerato, acompañada de procesos de formación docente y de condiciones tecnológicas mínimas que garanticen su aprovechamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hodson D. Going beyond cultural pluralism: science education for sociopolitical action. Sci Educ. 2020;104(5):813-836.
2. Mera GC, Benarroch AB. Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. Enseñanza de las Ciencias. 2024;42(2):109-129. doi:10.5565/rev/ensciencias.6040.
3. de Jong T, Linn MC, Zacharia ZC. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science. 2021;340(6130):305-308.
4. Navarro C, Arias-Calderón M, Henríquez CA, Riquelme P. Assessment of student and teacher perceptions on the use of virtual simulation in cell biology laboratory education. Education Sciences. 2024;14(3):243. doi:10.3390/educsci14030243.
5. Chitra E, Mubin SA, Nadarajah VD, et al. A 3-D interactive microbiology laboratory via virtual reality for enhancing practical skills. Sci Rep. 2024;14:12809. doi:10.1038/s41598-024-63601-y.
6. Rakhmawati I, Kapelari S, Weinberg L. A systematic review and network visualization of virtual reality research in biology education. Cogent Educ. 2025;12(1):2523141. doi:10.1080/2331186X.2025.2523141.

7. Koca AB, Kizilay E. Pre-service science teacher's opinions on virtual labs and their use in biology. Res Educ Media. 2024;16(1):57-63. doi:10.2478/rem-2024-0008.
8. Cruz JP, Lejano MV, Martin J, et al. Virtual laboratories in enhancing experimental skills and scientific understanding among high school learners. Am J Educ Res. 2025;13(6):338-343. doi:10.12691/education-13-6-6.
9. Ortiz LV. Desafíos de la implementación de las TIC en el aula de biología: aportación sistemática en clave de innovación, equidad y educación. Rev Latinoam Calidad Educ. 2025;2(1):436-444. doi:10.70625/rlce/143.
10. Creswell JW, Plano Clark VL. Designing and conducting mixed methods research. 3rd ed. Thousand Oaks: SAGE; 2018.
11. Torres G, Ayuso E. Competencias científicas de los docentes de ciencias del nivel secundario de la República Dominicana. RECIE. 2024;8(2):67-86. doi:10.32541/recie.v8i2.742.
12. OECD. PISA 2025 Science Framework. Paris: OECD Publishing; 2023.
13. Bybee RW. The BSCS 5E instructional model: creating teachable moments. Arlington: NSTA Press; 2015.
14. Harlen W. Working with big ideas of science education. Trieste: IAP; 2015.
15. Ministerio de Educación del Ecuador. Currículo de los Niveles de Educación Obligatoria. Quito: MinEduc; 2016.
16. Escobar-Pérez J, Cuervo-Martínez Á. Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Avances en Medición. 2008;6:27-36.
17. Byukusenge C, Nsanganwimana F, Tarmo AP. Investigating the effect of virtual laboratories on students' academic performance and attitudes towards learning biology. Educ Inf Technol. 2024;29:1147-1171. doi:10.1007/s10639-023-12351-x.
18. Cole Moura C, André M, Cruz M. Laboratórios virtuais no ensino de ciências no secundário: uma revisão sistemática de literatura entre 2021 e 2023. Indagatio Didactica. 2025;17(2):141-160. doi:10.34624/id.v17i2.39132.
19. Sipii V, Kurtiak F, Mykhaliuk I, Hryhorchuk I, Zasiekina T. Virtual laboratories as a means of increasing accessibility of biological education in Ukraine. J Educ Sci Environ Health. 2024;10(2):627-640.
20. Virtual or blended laboratories for healthcare students education: a systematized review. BMC Med Educ. 2025;25:1352. doi:10.1186/s12909-025-07937-7.
21. Suryanti S, et al. Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. Educ Inf Technol. 2023;28:11487-11512. doi:10.1007/s10639-023-11857-8.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43

DOI:
https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

HOMA-IR Y RELACIÓN (TyG) COMO EVALUADORES DE SÍNDROME METABÓLICO EN ADULTOS

HOMA-IR AND TyG INDEX AS EVALUATORS OF METABOLIC SYNDROME IN ADULTS

Alex Adolfo Andrade Calva[1], María Eugenia Lucena de Ustariz[2]

{spanish_aaa_gt@yahoo.es[1], mlucena@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 10/10/2026 / Fecha de aceptación: 01/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: El síndrome metabólico se caracteriza por un conjunto de alteraciones metabólicas que aumentan el riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2, enfermedad cardiovascular y otras complicaciones cardiometabólicas. El principal mecanismo fisiopatológico está directamente relacionado con la resistencia a la insulina. Por lo tanto, la valoración puede realizarse mediante diferentes procedimientos clínicos; sin embargo, varios de sus métodos conocidos a nivel de laboratorio clínico presentan limitaciones técnicas y económicas para su aplicación en la rutina diaria. En este marco, HOMA-IR y el índice (TyG) permiten evaluar indirectamente trastornos relacionados con la resistencia a la insulina y otras alteraciones metabólicas similares. El objetivo de esta revisión narrativa fue analizar la evidencia científica reciente acerca del comportamiento y utilidad de ambos índices en la evaluación del síndrome metabólico en adultos. Se efectuó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases científicas como PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, considerando principalmente publicaciones correspondientes al periodo 2021–2026. La literatura seleccionada mostró que HOMA-IR y TyG se asocian con resistencia a la insulina, síndrome metabólico y diferentes indicadores de riesgo cardiometabólico. El índice TyG dispone de ventajas clínicas relacionadas con el uso de pruebas bioquímicas habitualmente disponibles sin la necesidad u obligación de realizar una determinación de insulina, mientras que HOMA-IR mantiene una alta relevancia al incorporar directamente la concentración de insulina basal en su determinación. En conclusión, ambos marcadores pueden ser considerados aplicativos indirectos con una amplia utilidad clínica al ser interpretados de forma correcta según la población estudiada, el desenlace determinado y las condiciones metodológicas aplicadas en cada investigación.

Palabras clave: HOMA-IR; índice TyG; riesgo cardiovascular; síndrome metabólico.

ABSTRACT: Metabolic syndrome is characterized by a cluster of metabolic disturbances that increase the risk of developing type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease, and other cardiometabolic complications. The primary

[1]Maestría en Diagnóstico de Laboratorio Clínico y Molecular con mención en Bioquímica Clínica, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-2075-5122; +5930992855488.
[2]Docente de Maestría en Diagnóstico de Laboratorio Clínico y Molecular con mención en Bioquímica Clínica, Universidad Nacional de Chimborazo- Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9120-345X, +5930999839775

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

pathophysiological mechanism is directly linked to insulin resistance. Consequently, assessment can be performed using various clinical procedures; however, many established laboratory-based methods present technical and economic limitations for routine daily use. In this context, the HOMA-IR index and the TyG index allow for the indirect assessment of disorders related to insulin resistance and similar metabolic disturbances. The objective of this narrative review was to analyze recent scientific evidence regarding the performance and utility of both indices in the assessment of metabolic syndrome in adults. A literature search was conducted across scientific databases including PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar focusing primarily on publications from the 2021–2026 period. The selected literature indicates that both HOMA-IR and the TyG index are associated with insulin resistance, metabolic syndrome, and various indicators of cardiometabolic risk. The TyG index offers clinical advantages by utilizing routinely available biochemical tests, eliminating the need for a direct insulin measurement; meanwhile, HOMA-IR remains highly relevant by incorporating basal insulin concentration directly into its calculation. In conclusion, both markers serve as indirect tools with significant clinical utility, provided they are interpreted correctly in light of the specific population studied, the outcomes being assessed, and the methodological conditions applied in each investigation.

Keywords: Insulin resistance; Metabolic syndrome; HOMA-IR index; Triglyceride-glucose index; Cardiovascular risk

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico comprende un conjunto de alteraciones metabólicas y cardiovasculares que aumentan la probabilidad de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 y enfermedad cardiovascular. Entre los procesos implicados en su desarrollo se encuentra la resistencia a la insulina, fenómeno caracterizado por una respuesta disminuida de los tejidos periféricos a la acción de esta hormona y acompañado de alteraciones en el metabolismo de la glucosa y los lípidos. Como consecuencia, pueden presentarse mecanismos compensatorios, entre ellos un incremento de la secreción de insulina por acción propiamente dicha del páncreas, lo cual contribuye a mantener inicialmente la homeostasis glucémica (1,2).

El estudio de la resistencia a la insulina puede realizarse mediante el empleo de diversos métodos directos de alta confiabilidad y precisión, aunque su determinación común está basada en los lineamientos técnicos, el tiempo de ejecución y la disponibilidad de recursos esenciales. Entre ellas se encuentran HOMA-IR y el índice (TyG), que utilizan diferentes combinaciones de marcadores metabólicos para aproximarse al comportamiento de la resistencia a la insulina (2).

El HOMA-IR utiliza las concentraciones de glucosa e insulina en ayunas, mientras que el índice (TyG) se obtiene a partir de las concentraciones de triglicéridos y glucosa en ayunas. Ambos han sido estudiados como marcadores indirectos de resistencia a la insulina y como posibles herramientas relacionadas con la identificación del síndrome metabólico y del riesgo cardiometabólico (2–4).

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Considerando que estos dos marcadores tienen un amplio campo investigativo y en diferentes contextos clínicos, la evidencia científica actual ha palpado que existen diferencias en cuanto a su rendimiento diagnóstico real, utilidad clínica y comportamiento según la población objeto de estudio, el diseño metodológico, los puntos de corte empleados y el desenlace analizado (3). De igual manera, la producción científica publicada durante los últimos años ha aumentado considerablemente, generando resultados que requieren una integración crítica para determinar cuáles son las principales fortalezas y limitaciones de cada indicador.

En este marco, poseer una serie de registros y documentos actualizados de la evidencia resulta relevante para el laboratorio clínico y para la atención temprana y oportuna de individuos con riesgo de desarrollar problemas metabólicos, principalmente en sectores y lugares donde la disponibilidad de exámenes especializados puede ser un problema de acceso multifactorial. La comparación de HOMA-IR y TyG puede ayudar a comprender sus ventajas, aplicaciones, limitaciones y condiciones en las que cada indicador puede establecer información complementaria (2,4,5).

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica narrativa fue analizar la evidencia científica disponible sobre la utilidad diagnóstica de los índices HOMA-IR y TyG como evaluadores del síndrome metabólico en adultos.

Tabla 1. Correlación fisiopatológica, analítica y clínica entre HOMA-IR e índice (TyG) para estudio de la resistencia a la insulina

Característica	HOMA-IR	Índice TyG
Fundamento fisiopatológico	Evalúa indirectamente la resistencia a la insulina mediante la interacción entre glucosa e insulina en ayunas.	Demuestra la alteración metabólica derivada de la combinación de hiperglucemia e hipertrigliceridemia, estrechamente relacionada con la resistencia a la insulina.
Variables requeridas	Glucosa + insulina en ayunas.	Glucosa en ayunas + triglicéridos en ayunas.
Tipo de marcador	Metabólico hormonal	Metabólico Bioquímico
Método de cálculo	Glucosa x insulina / 405.	Ln [Triglicéridos x Glucosa /2].
Disponibilidad clínica	Requiere determinación de insulina, no disponible en todos los laboratorios.	Utiliza pruebas bioquímicas de rutina ampliamente disponibles.
Complejidad analítica	Moderada.	Baja
Costo	Mayor costo por determinación de insulina.	Bajo costo
Aplicación clínica	Investigación clínica, endocrinología y hospitales de mayor complejidad.	Atención primaria, tamizaje poblacional y programas preventivos.
Principales ventajas	Actúa ampliamente como marcador indirecto de resistencia a la insulina.	Cálculo fácil, bajo costo, alta disponibilidad y demanda con buena capacidad diagnóstica.
Limitaciones	Depende de la medición de insulina y de la estandarización analítica.	Los puntos de corte pueden variar entre poblaciones y grupos étnicos.
Utilidad en síndrome metabólico	Elevada.	Elevada, con rendimiento comparable o superior en diversos estudios.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Fuente: Elaboración propia con base en James et al. (1), Tahapary et al. (2), Wang et al. (5), Son et al. (3) y Haidar et al. (6).

Nota: HOMA-IR = *Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance* (Modelo de Evaluación de la Homeostasis para la Resistencia a la Insulina); TyG = *Triglyceride-Glucose Index* (Índice Triglicéridos-Glucosa).

La Tabla 1 compara las principales características clínicas, analíticas y fisiopatológicas de ambos índices utilizados para la evaluación indirecta de la resistencia a la insulina. Se observa que los dos marcadores presentan utilidad clínica para la identificación de alteraciones metabólicas; sin embargo, difieren en los parámetros requeridos para su cálculo y en su aplicabilidad. Para el cálculo del HOMA-IR se utiliza la concentración de insulina en condiciones basales, lo que ayuda a estimar una aproximación fisiopatológica complementaria a la evaluación de la resistencia a la insulina, mientras que el índice TyG se caracteriza por utilizar solo glucosa y triglicéridos en ayunas.

Estas singularidades permiten al índice TyG ser considerado una alternativa práctica, de fácil accesibilidad y también efectiva para tamizaje y detección temprana y oportuna del síndrome metabólico, especialmente en poblaciones con dificultad de acceso a recursos limitados.

FUNDAMENTO Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES HOMA-IR Y TyG

El índice HOMA-IR constituye un indicador indirecto de resistencia a la insulina basado en la relación entre las concentraciones de glucosa e insulina en ayunas. Su cálculo permite aproximarse al grado de resistencia a la insulina a partir de parámetros bioquímicos obtenidos en condiciones basales. Para valores de glucosa expresados en mg/dL y valores de insulina en µU/mL, se utilizan las siguientes fórmulas matemáticas:

HOMA-IR = [Glucosa en ayunas (mg/dL) × Insulina en ayunas (µU/mL)] / 405

Por otro lado, el índice TyG utiliza las concentraciones de triglicéridos y glucosa en ayunas, ambas expresadas en mg/dL. Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

TyG = ln [Triglicéridos (mg/dL) × Glucosa (mg/dL) / 2]

La interpretación debe realizarse considerando que no existe un único punto de corte universal aplicable a todas las poblaciones. Los valores de referencia y el rendimiento diagnóstico pueden variar según las características de la población, el método analítico, el diseño del estudio y el criterio utilizado para definir resistencia a la insulina o síndrome metabólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aunque la presente investigación corresponde a una revisión bibliográfica narrativa, se adoptaron algunos elementos metodológicos de la declaración PRISMA 2020 con el propósito de mejorar la transparencia del proceso de búsqueda, selección y organización de la literatura científica revisada.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Diseño del estudio

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa orientada al análisis de la evidencia científica disponible sobre la utilidad diagnóstica y las aplicaciones clínicas de HOMA-IR y TyG como evaluadores del síndrome metabólico en adultos. El trabajo se basó en la recopilación, organización y análisis crítico de diferentes publicaciones científicas relacionadas con la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico.

Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda se realizó en PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar entre enero y agosto de 2026. Se priorizaron trabajos publicados entre 2021 y 2026 donde se establecieron términos relacionados con resistencia a la insulina, HOMA-IR, índice TyG y síndrome metabólico mediante operadores booleanos AND y OR. Entre los principales términos se incluyeron: “Insulin Resistance”, “HOMA-IR”, “Homeostatic Model Assessment”, “Triglyceride-Glucose Index”, “TyG Index”, “Metabolic Syndrome”, “Cardiometabolic Risk” y “Diagnostic Biomarkers”.

Se reconocieron 128 registros: PubMed (41), Scopus (10), Web of Science (28), ScienceDirect (25) y Google Scholar (24). Estas cifras corresponden a los registros recuperados por cada fuente antes de la eliminación de duplicados. Se suprimieron 18 registros duplicados, quedando 110 registros para la valoración de títulos y resúmenes. A continuación, 72 registros fueron excluidos por no cumplir los criterios establecidos, por no presentar relación directa con el objetivo de la revisión. Se evaluaron 38 artículos a texto completo y, después de aplicar los criterios de selección, 18 fueron excluidos. Finalmente, se incorporaron 20 artículos científicos para el resumen narrativo. El proceso se representó mediante un diagrama adaptado de PRISMA 2020 **(Figura 1)**.

Criterios de inclusión

Se incluyeron:

- Revistas científicas indexadas con estudios originales.
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis pertinentes al objetivo de la investigación.
- Estudios que evalúen HOMA-IR, TyG o ambos índices en relación con resistencia a la insulina, síndrome metabólico.
- Publicaciones correspondientes a 2021–2026.
- Artículos con texto completo.

Criterios de exclusión

Se excluyeron:

• Publicaciones duplicadas.

• Artículos sin acceso a contenido completo

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

•Estudios no relacionados con resistencia a la insulina o síndrome metabólico.

• Resúmenes de congresos con publicaciones incompletas.

• Investigaciones pediátricas.

• Documentos de opinión o literatura gris sin revisión por pares.

Selección y análisis de la información

Se desarrolló de manera secuencial depurando registros duplicados. Posteriormente, se realizó la valoración inicial de títulos y resúmenes, seguida de la revisión de los artículos disponibles con contenido completo. De las investigaciones seleccionadas se registraron las características de la población, año y lugar de publicación, diseño metodológico, tamaño de muestra, índice metabólico estudiado, desenlaces analizados, hallazgos principales, medidas de desempeño diagnóstico y aplicabilidad clínica.

Tabla 2. Parámetros para la extracción de información

Parámetro	Descripción
Autor	Autor principal del estudio.
Año	Año de publicación del estudio
País	País de procedencia de la población estudiada.
Diseño	Diseño metodológico declarado por los autores.
Tamaño muestral	Total de participantes incluidos en el análisis.
Índice evaluado	HOMA-IR, TyG .
Desenlace estudiado	Síndrome metabólico, resistencia a la insulina, enfermedad cardiovascular, alteraciones metabólicas u otros desenlaces relacionados.
Principales Hallazgos	Asociaciones fundamentales, diferencias o resultados obtenidos para el índice evaluado.
Medidas de desempeño	AUC, sensibilidad, especificidad, punto de corte u otras medidas diagnósticas o predictivas reportadas.
Aplicabilidad Clínica	Utilidad clínica del índice señalada por los autores para la evaluación del riesgo cardiometabólico.

Categorías de análisis

1. **Fundamento fisiopatológico de los índices HOMA-IR y TyG:** se consideran los mecanismos relacionados con la resistencia a la insulina.

2. **Utilidad diagnóstica en el síndrome metabólico:** Estudios que ayudaron a identificar o discriminar la presencia de síndrome metabólico y sus principales componentes.

3. **Aplicaciones clínicas en la evaluación del riesgo cardiometabólico:** Investigaciones que relacionan estos índices con riesgos y trastornos metabólicos.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

4. **Comparación del desempeño diagnóstico entre ambos marcadores:** medidas de desempeño diagnóstico o predictivo, incluyendo área bajo la curva (AUC), sensibilidad, especificidad y puntos de corte.

Síntesis de la evidencia

Los resultados se organizaron mediante una síntesis narrativa y una comparación descriptiva de los estudios seleccionados. Debido a la heterogeneidad en poblaciones, diseños, definiciones de síndrome metabólico, métodos analíticos y puntos de corte, no se llevó a cabo un metaanálisis.

Limitaciones de la revisión

La selección y síntesis de la literatura fueron realizadas por un único investigador. Esta característica puede introducir riesgo de selección e interpretación. Adicionalmente, la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos limita la comparación directa de sus resultados y la posibilidad de establecer un punto de corte universal.

Tabla 3. Registros identificados

BASE DE DATOS	NÚMERO DE REGISTROS
PubMed	41
Scopus	10
Google Scholar	24
Science Direct	25
Web of Science	28
TOTAL	128

IDENTIFICACIÓN
(n = 128)
|
▼
Registros duplicados eliminados
(n = 18)
|
▼
Registros para evaluación
por título y resumen
(n = 110)
|
Registros excluidos
(n = 72)
|
▼
Artículos evaluados
a texto completo
(n = 38)
|
|
Artículos excluidos por:
• No cumplir criterios de inclusión

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

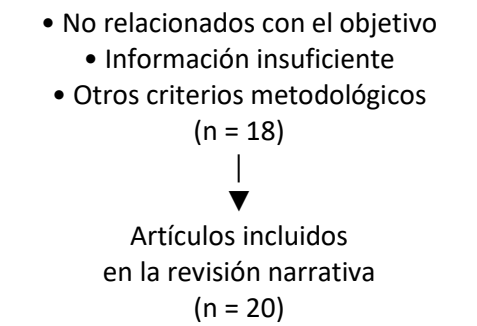


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios (adaptado de PRISMA 2020).

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

La búsqueda bibliográfica permitió identificar 128 registros en las bases de datos consultadas. Después de eliminar 18 duplicados, se evaluaron 110 registros mediante título y resumen. De estos, 72 fueron excluidos y 38 artículos fueron revisados a texto completo. Finalmente, 20 publicaciones cumplieron los criterios establecidos y fueron incluidas en la síntesis narrativa.

Los estudios incluidos fueron publicados entre 2021 y 2026 y presentaron diversidad en cuanto a diseño metodológico, tamaño muestral, características poblacionales e índice metabólico evaluado. La evidencia procedió de diferentes regiones geográficas, con predominio de investigaciones desarrolladas en Asia, además de estudios realizados en América, Europa y Medio Oriente.

Los estudios analizaron HOMA-IR, índice (TyG) o ambos indicadores en relación con síndrome metabólico, resistencia a la insulina, enfermedad cardiovascular, alteraciones metabólicas y otros trastornos cardiometabólicos.

Debido a la heterogeneidad de las poblaciones y de los desenlaces evaluados, los resultados no fueron considerados directamente equivalentes entre sí y se sintetizaron de forma descriptiva. En determinados estudios, TyG mostró una mayor capacidad discriminativa que HOMA-IR para identificar síndrome metabólico.

HETEROGENEIDAD DE LOS DISEÑOS DE ESTUDIO

Los estudios incluidos no fueron homogéneos en cuanto a su diseño metodológico; hubo variabilidad según el país y el lugar donde fueron realizados, es decir, cómo se llevaron a cabo, incluyendo estudios transversales, estudios de cohorte prospectivos y revisiones sistemáticas con metaanálisis. Debido a esta diversidad, los resultados fueron organizados según las diferencias geográficas, metodológicas y sociodemográficas empleadas en las poblaciones analizadas. En consecuencia, los diferentes diseños metodológicos se evaluaron de manera independiente y sus hallazgos se interpretaron dependiendo de sus características y limitaciones.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Tabla 3. Estudios narrativos de la revisión de la literatura científica

Autor	Año	País	Diseño	Tipo de evidencia	N	Índice	Hallazgo principal	AUC / Desempeño
Wang A, Tian X, Zuo Y, et al. (5)	2021	China	Cohorte	Alta	62 443	TyG	Los cambios longitudinales del índice TyG se asociaron con el riesgo posterior de enfermedad cardiovascular en población general.	NO REPORTADO
Son et al. (3)	2022	Corea del Sur	Cohorte	Alta	9 730	AMBOS	TyG mostró mayor capacidad discriminativa que HOMA-IR para la presencia de síndrome metabólico; también fue evaluado para la incidencia durante el seguimiento.	TyG AUC 0.837; HOMA-IR AUC 0.680
Jiang et al. (4)	2022	China	Transversal	Moderada	298 652	TyG	TyG se asoció con síndrome metabólico y mostró capacidad discriminativa para su identificación en una población sometida a chequeos de salud.	**AUC = 0.89**, superior a glucosa y triglicéridos por separado
Zeng et al (7)	2022	Estados Unidos	Cohorte	Alta	4 992	AMBOS	Ambos índices predijeron insuficiencia cardíaca; TyG mostró rendimiento comparable a HOMA-IR.	AUC: TyG: 0.670; HOMA-IR: 0.675
Chen et al. (8)	2023	Estados Unidos	Cohorte	Alta	16 613	TyG	TyG se asocia de forma independiente con eventos cardiovasculares adversos a largo plazo en adultos jóvenes y de mediana edad	NO REPORTADO
Wan et al. (9)	2023	China	Cohorte	Alta	42 651	TyG	Un mayor índice TyG se asoció con un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular en la población estudiada.	NO REPORTADO
Moon et al. (10)	2023	Corea del Sur	Cohorte	Alta	8 511	TyG	Un TyG elevado se asoció con mayor riesgo futuro de enfermedad cardiovascular	NO REPORTADO

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

							aterosclerótica durante 16 años de seguimiento.	
Yang. et al.(11)	2023	China	Revisión sistemática y metaanálisis	Muy alta	592 635	TyG	Un TyG elevado se asoció con mayor riesgo de accidente cerebrovascular isquémico, recurrencia y mortalidad.	NO REPORTADO
Lelis et al. (12)	2024	Brasil	Transversal	Moderada	11 314	AMBOS	TyG presentó mejor capacidad predictiva para el síndrome metabólico que HOMA-IR y ambos identificaron perfiles cardiometabólicos diferentes.	TyG: 0.836 (hombres) / 0.826 (mujeres); HOMA-IR: 0.775 / 0.787.
Haidar et al. (6)	2024	Líbano	Transversal	Moderada	221	AMBOS	TyG presentó un desempeño elevado para la identificación del síndrome metabólico en adultos libaneses y mostró mejor desempeño que HOMA-IR en el análisis comparativo.	**c-statistic:** 0,77–0,94; TyG presentó el mejor desempeño predictivo.
Adams-Huet et al. (13)	2024	Estados Unidos	Transversal	Moderada	5 380	Ambos	Ambos índices se asociaron con los componentes del síndrome metabólico; TyG presentó mayor capacidad discriminativa que HOMA-IR	TyG: 0,87 (IC95% 0,85–0,88); HOMA-IR: 0,82 (IC95% 0,81–0,83)
Adams-Huet & Jialal (14)	2024	Estados Unidos	Estudio Observacional	Moderada	102	TyG	El incremento de TyG se asoció con inflamación sistémica y estrés oxidativo.	NO REPORTADO
Zhuang et al. (15)	2024	Estados Unidos (NHANES)	Transversal	Moderada	14 545	TyG	TyG y parámetros relacionados se asociaron con riesgo cardiovascular en adultos estadounidenses, con diferencias según el estado metabólico de la glucosa.	NO REPORTADO
Li et al.(16)	2024	Estados Unidos/China	Transversal	Moderada	17 690	TyG	TyG se asoció con rigidez arterial; parte de esta asociación estuvo relacionada con mecanismos lipídicos e inflamatorios.	NO REPORTADO

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Thakur R. et al. (17)	2024	India	Transversal	Moderada	70	TyG	Los pacientes con hipotiroidismo subclínico presentaron valores de TyG superiores a los controles eutiroideos, sugiriendo una asociación entre hipotiroidismo subclínico y resistencia a la insulina estimada mediante TyG.	NO REPORTADO
Wan et al. (18)	2024	Estados Unidos (NHANES)	Transversal	Moderada	31304	AMBOS	TyG mostró capacidad discriminativa para el síndrome metabólico y un desempeño ligeramente superior al HOMA-IR en la población adulta analizada.	TyG AUC 0.827 vs HOMA-IR 0.784; Sensibilidad 71.9 % vs Especificidad 80.5 %
Bazyar H. et al. (19)	2024	Irán	Transversal	Moderada	400	AMBOS	Ambos índices mostraron capacidad para predecir el riesgo de síndrome metabólico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.	El índice TyG-Circunferencia de Cintura (TyG-CC) presentó las mayores AUC tanto en hombres (0,91) como en mujeres (0,93), mientras que el índice TyG-Índice de Masa Corporal (TyG-IMC) mostró las menores AUC (0,77 en hombres y 0,74 en mujeres).
Naja K. et al. (20)	2025	Qatar	Transversal	Moderada	1255	TyG	TyG permitió identificar perfiles metabólicos asociados a resistencia a la insulina.	NO REPORTADO
Sergi et al. (21)	2025	Italia	Estudio observacional	Moderada	438	AMBOS	Ambos índices se relacionaron con variables antropométricas e inflamatorias; TyG mostró asociación con el riesgo cardiovascular a 10 años, mientras que HOMA-IR presentó	NO REPORTADO

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

							relaciones diferentes con variables dietéticas y metabólicas.	
Chauhan et al. (22)	2026	India	Transversal	Moderada	312	AMBOS	TyG mostró mejor desempeño diagnóstico y mayor utilidad práctica que HOMA-IR.	TyG: 0.85; HOMA-IR: 0.81

Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura científica revisada (3 – 22)

Nota: AUC = área bajo la curva ROC; TyG = índice triglicéridos-glucosa; HOMA-IR = Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance; IMC = índice de masa corporal; NHANES = National Health and Nutrition Examination Survey; CVD = enfermedad cardiovascular. La clasificación del tipo de evidencia se realizó de manera orientativa según el diseño metodológico de los estudios incluidos. Esta clasificación no sustituye una evaluación formal de la calidad metodológica, el riesgo de sesgo o la certeza de la evidencia.

La Tabla 3 nos indica que la utilidad de HOMA-IR y TyG varía según el desenlace estudiado y las características de la población. Cuando ambos índices fueron evaluados dentro de una misma investigación, se observaron resultados heterogéneos. Son et al. encontró una mayor discriminación con TyG (AUC 0,837) frente a HOMA-IR (AUC 0,680), mientras que Zeng et al. observó valores prácticamente equivalentes (0,670 y 0,675, respectivamente). En otras poblaciones, como las estudiadas por Lelis et al. y Chauhan et al., TyG también mostró valores de desempeño superiores. Estos resultados sugieren una ventaja potencial del índice TyG en determinados escenarios, pero no respaldan la consideración de este marcador como superior de manera generalizada.

COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DIAGNÓSTICO ENTRE HOMA-IR Y TYG

En varios de los estudios que compararon directamente ambos índices, TyG presentó valores de AUC superiores a HOMA-IR; sin embargo, esta tendencia no fue uniforme. **Son et al.** reportaron una AUC de 0,837 para TyG frente a 0,680 para HOMA-IR, mientras que **Zeng et al.** observaron valores muy similares (0,670 frente a 0,675, respectivamente). **Lelis et al. y Chauhan et al.** también reportaron un mayor desempeño de TyG en sus respectivas poblaciones.

DISCUSIÓN

Los estudios analizados permiten establecer que HOMA-IR y TyG mantienen una relación consistente con el riesgo metabólico en adultos y la resistencia a la insulina. Sin embargo, el desempeño de cada marcador es diferente según la población, el diseño metodológico y desenlaces evaluados (3,6,12,18,22).

Al hablar del desempeño, TyG obtuvo valores de discriminación superiores a HOMA-IR en varios estudios, mientras que en otros las diferencias fueron pequeñas o incluso se observaron resultados favorables a HOMA-IR. Por ejemplo, autores como Son et al. Establecieron un AUC de 0,680 para HOMA-IR y de 0,837 para TyG, asimismo, Zeng et al. establecieron valores de 0,670 y 0,675, respectivamente (3,4,6,12,18,22). Jiang et al., quienes identificaron una elevada capacidad diagnóstica del índice TyG para la detección de síndrome metabólico, alcanzando un área bajo la curva de 0,89. Estos hallazgos

respaldan la utilidad del índice TyG como una alternativa sencilla y accesible para una valoración temprana (3,4,12). Sin embargo, HOMA-IR continúa siendo el índice indirecto más utilizado para la valoración de la resistencia a la insulina y su utilidad permanece vigente por su fundamentación fisiopatológica científica. Su principal limitación operativa es la necesidad de disponer de una medición de insulina. TyG, por el contrario, puede calcularse a partir de dos determinaciones bioquímicas habituales (Glucosa y Triglicéridos). Por ello, las diferencias deben interpretarse como ventajas complementarias para una detección oportuna de la enfermedad. (2,21,23). Al analizar las aplicaciones clínicas, se puede apreciar que su utilidad depende del contexto asistencial en el que puedan ser empleados. Mientras que el HOMA-IR mantiene ventajas en investigación clínica y en contextos hospitalarios especializados, el índice TyG ofrece beneficios importantes para programas de tamizaje poblacional, atención primaria y vigilancia epidemiológica. Varios estudios establecieron asociaciones importantes entre TyG y enfermedad cardiovascular, insuficiencia cardíaca, inflamación metabólica, problemas arteriales y riesgo cardiometabólico (5,7–11,14–16). Desde el punto de vista del laboratorio clínico, se destaca el potencial del índice TyG como una herramienta de gran utilidad debido a su amplia disponibilidad analítica.

Esta característica favorece su incorporación en programas de prevención y detección temprana del síndrome metabólico, particularmente en sistemas de salud con limitaciones presupuestarias o cobertura diagnóstica restringida (2,3,6,18,22). Los hallazgos encontrados deben interpretarse con inteligencia debido a que los estudios seleccionados han podido demostrar una gran variabilidad en sus enfoques metodológicos, en tal virtud, varios autores han destacado la importancia de definir valores de referencia acordes con las características étnicas, geográficas y clínicas de los sujetos evaluados (6,19,20,22).

La escasez de evidencia en Latinoamérica se ha convertido en una limitante, particularmente en Ecuador, existiendo una menor comparación con investigaciones de otras regiones. Esta situación es una restricción para poder generar nuevos estudios, enfocados en valorar el desempeño de HOMA-IR y TyG observados en otras poblaciones. Factores relacionados con características genéticas, composición corporal, alimentación, condiciones socioeconómicas y acceso a servicios sanitarios podrían modificar el comportamiento de los indicadores metabólicos. En términos generales, es importante incentivar nuevas investigaciones regionales que permitan valorar el rendimiento de HOMA-IR y TyG y poseer nuevas estadísticas y referencias específicas para los grupos poblacionales latinoamericanos. (6,19,20).

Por último, se pone de manifiesto que este trabajo ayudó a promover evidencia reciente acerca del desempeño y utilidad clínica de los índices HOMA-IR y TyG en la evaluación de la resistencia a la insulina y del síndrome metabólico. En general, dichas investigaciones dan a conocer y sugieren que estos dos marcadores son de carácter complementario para una adecuada valoración metabólica de esta enfermedad cuando se la aplica oportunamente tomando en cuenta los objetivos clínicos, la disponibilidad de materiales y recursos diagnósticos, así como las características de la población evaluada (3,4,6,12,18,22).

Tabla 4. Aplicaciones y utilidad diagnóstica de los índices HOMA-IR y TyG.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

Contexto clínico	Índice	Fundamentación científica	Características prácticas
Tamizaje poblacional	TyG	Buena capacidad para identificar individuos con riesgo cardiometabólico utilizando parámetros bioquímicos de rutina.	Bajo costo y amplia disponibilidad analítica.
tención primaria	TyG	Puede facilitar la identificación de personas con mayor probabilidad de presentar alteraciones relacionadas con resistencia a la insulina o síndrome metabólico.	No necesita determinación de insulina.
Síndrome metabólico	TyG	Diferentes estudios indican un mejor análisis diagnóstico en relación con HOMA-IR.	Puede ser un recurso importante complementario en programas de valoración poblacional.
Diabetes mellitus tipo 2	Ambos	Sus valores elevados se asocian con mayor riesgo de alteraciones glucometabólicas.	Permiten identificar individuos de riesgo antes del desarrollo de la enfermedad.
Riesgo Cardiovascular	TyG	Se asocia con eventos cardiovasculares, enfermedad aterosclerótica e insuficiencia cardíaca.	Aplicación sencilla en estudios epidemiológicos y práctica clínica.
Investigación clínica	HOMA-IR	Posee un sólido fundamento fisiopatológico	Amplia validación científica y uso frecuente en investigación.
Consulta especializada de endocrinología	HOMA-IR	Permite una valoración más específica de la insulinorresistencia.	Mejor correlación con mecanismos fisiopatológicos.
Laboratorio clínico rutinario	TyG	Puede incorporarse a los perfiles bioquímicos habituales sin pruebas adicionales.	Bajo requerimiento adicional de recursos analíticos.
Hospitales Básicos y alta complejidad	Ambos	Favorece enormemente la evaluación metabólica.	Ayuda para una valoración más compleja de patologías cardiometabólicas.

Fuente: Elaboración propia con base en Tahapary et al. (2), Wang et al. (5), Son et al. (3), Haidar et al. (6), Jiang et al. (4), Zeng et al. (7) y Sergi et al (21).

Nota: HOMA-IR = *Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance*; TyG = *Triglyceride-Glucose Index*.

La Tabla 4 incorpora las aplicaciones descritas en las fuentes de bases científicas encontradas y las distribuye según diferentes escenarios complementarios. Esta clasificación debe interpretarse como una síntesis de la evidencia encontrada y no como un diagnóstico definitivo.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI:
https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

CONCLUSIONES

El análisis de los documentos seleccionados permite considerar que HOMA-IR y TyG son indicadores indirectos útiles para evaluar la resistencia a la insulina y su relación con el síndrome metabólico en la población adulta. Ambos han estado relacionados directamente con trastornos metabólicos y diferentes problemas de riesgo cardiometabólico, aunque su desempeño depende de las características de la población y de las necesidades a ser evaluadas.

Los criterios investigativos que compararon de manera directa el HOMA-IR y TyG demuestran que TyG puede llegar a un mejor rendimiento diagnóstico que el HOMA-IR en ciertos contextos, principalmente para la identificación de síndrome metabólico temprano. En definitiva, estos resultados no permiten establecer una superioridad de desempeño universal de un marcador sobre el otro, debido a que no existieron diseños homogéneos de poblaciones, criterios diagnósticos y puntos de corte empleados.

HOMA-IR mantiene utilidad clínica con base científica cuando se dispone de la determinación de insulina en ayunas, mientras que TyG presenta la ventaja operativa de utilizar únicamente glucosa y triglicéridos en condiciones basales, pruebas bioquímicas habitualmente disponibles en el laboratorio clínico de rutina. Por tal motivo, TyG puede considerarse un aplicativo con gran interés en situaciones donde se necesite una determinación indirecta relacionada con el riesgo metabólico.Desde el punto crítico del laboratorio clínico, ambos índices deben considerarse herramientas complementarias y no sustitutos universales de los métodos de referencia para evaluar resistencia a la insulina. Su interpretación clínica debe contemplarse según las características epidemiológicas de cada sector, lugar, población, los métodos analíticos empleados y los puntos de corte validados según la necesidad científica que se requiera.

Finalmente, la escasez de información de investigaciones en poblaciones latinoamericanas sugiere la urgencia de implementar estudios regionales y multicéntricos que permitan valorar puntos de corte y determinar el desempeño diagnóstico de HOMA-IR y TyG en esta región.

AGRADECIMIENTOS

El autor demuestra su infinito agradecimiento a los establecimientos académicos, bases de datos y fuentes de carácter científico, publicaciones y demás revistas investigativas que promovieron el fácil acceso a la literatura científica utilizada para el desarrollo del presente trabajo de revisión bibliográfica. Finalmente, agradece a la Universidad Nacional de Chimborazo por contribuir al fortalecimiento de la formación académica y científica.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 26-43
DOI: https://doi.org/10.56519/qyz42w58
Noviembre 2026

DECLARACIÓN DE INTERÉS

El autor declara que no existen conflictos de interés financieros, laborales, académicos o personales que puedan haber influido en el desarrollo, análisis o publicación de la presente investigación.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Alex Adolfo Andrade Calva participó en la conceptualización de la investigación, diseño metodológico, búsqueda bibliográfica, análisis de la información, interpretación de los resultados y redacción del manuscrito.

María Eugenia Lucena de Ustariz participó en la supervisión académica, validación metodológica, revisión crítica del contenido científico y aprobación de la versión final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. James DE, Stöckli J, Birnbaum MJ. The aetiology and molecular landscape of insulin resistance. Nature Reviews Molecular Cell Biology 2021 22:11. 2021 Jul 20;22(11):751–71. doi:10.1038/s41580-021-00390-6 PubMed PMID: 34285405.
2. Tahapary DL, Pratisthita LB, Fitri NA, Marcella C, Wafa S, Kurniawan F, et al. Challenges in the diagnosis of insulin resistance: Focusing on the role of HOMA-IR and Triglyceride/glucose index. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2022 Aug 1;16(8):102581. doi:10.1016/J.DSX.2022.102581 PubMed PMID: 35939943.
3. Wang A, Tian X, Zuo Y, Chen S, Meng X, Wu S, et al. Change in triglyceride-glucose index predicts the risk of cardiovascular disease in the general population: a prospective cohort study. Cardiovasc Diabetol. 2021 Dec 1;20(1):113. doi:10.1186/s12933-021-01305-7 PubMed PMID: 34039351.
4. Son DH, Lee HS, Lee YJ, Lee JH, Han JH. Comparison of triglyceride-glucose index and HOMA-IR for predicting prevalence and incidence of metabolic syndrome. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 2022 Mar 1;32(3):596–604. doi:10.1016/j.numecd.2021.11.017 PubMed PMID: 35090800.
5. Haidar S, Mahboub N, Papandreou D, Abboud M, Rizk R. Triglyceride and Glucose Index as an Optimal Predictor of Metabolic Syndrome in Lebanese Adults. Nutrients 2024, Vol 16. 2024 Oct 29;16(21). doi:10.3390/nu16213718 PubMed PMID: 39519551.
6. Jiang M, Li X, Wu H, Su F, Cao L, Ren X, et al. Triglyceride-Glucose Index for the Diagnosis of Metabolic Syndrome: A Cross-Sectional Study of 298,652 Individuals Receiving a Health Check-Up in China. Int J Endocrinol. 2022;2022. doi:10.1155/2022/3583603 PubMed PMID: 35814916.
7. Zeng X, Han D, Zhou H, Xue Y, Wang X, Zhan Q, et al. Triglyceride-Glucose Index and Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance in Young Adulthood and Risk of Incident Congestive Heart Failure in Midlife: The Coronary Artery Risk

Development in Young Adults Study. Front Cardiovasc Med. 2022 Jun 30;9:944258. doi:10.3389/FCVM.2022.944258/TEXT

8. Chen W, Ding S, Tu J, Xiao G, Chen K, Zhang Y, et al. Association between the insulin resistance marker TyG index and subsequent adverse long-term cardiovascular events in young and middle-aged US adults based on obesity status. Lipids Health Dis. 2023 Dec 1;22(1):65. doi:10.1186/s12944-023-01834-y PubMed PMID: 37202751.
9. Wan Y, Zhang Z, Ling Y, Cui H, Tao Z, Pei J, et al. Association of triglyceride-glucose index with cardiovascular disease among a general population: a prospective cohort study. Diabetol Metab Syndr. 2023 Dec 1;15(1). doi:10.1186/S13098-023-01181-Z PubMed PMID: 37845738.
10. Moon JH, Kim Y, Oh TJ, Moon JH, Kwak SH, Park KS, et al. Triglyceride-glucose index predicts future atherosclerotic cardiovascular diseases: a 16-year follow-up in a prospective, community-dwelling cohort study. Endocrinol Metab (Seoul). 2023;38(4):406–17. doi:10.3803/EnM.2023.1703. PubMed PMID: 37533176.
11. Yang Y, Huang X, Wang Y, Leng L, Xu J, Feng L, et al. The impact of triglyceride-glucose index on ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis. Cardiovasc Diabetol. 2023 Dec 1;22(1):2. doi:10.1186/s12933-022-01732-0 PubMed PMID: 36609319.
12. Lelis DF, Baldo T de OF, Andrade JMO, Griep RH, Bensenor I, Lotufo PA, et al. High triglyceride-glucose index and HOMA-IR are associated with different cardiometabolic profiles in adults from the ELSA-Brasil study. Clin Biochem. 2024 Oct 1;131–132:110793. doi:10.1016/J.CLINBIOCHEM.2024.110793 PubMed PMID: 38996957.
13. Adams-Huet B, Zubirán R, Remaley AT, Jialal I. The triglyceride-glucose index is superior to homeostasis model assessment of insulin resistance in predicting metabolic syndrome in an adult population in the United States. J Clin Lipidol. 2024 Jul 1;18(4):e518–24. doi:10.1016/j.jacl.2024.04.130. PubMed PMID: 38834412.
14. Zhuang Y, Qiu L, Han D, Qiao Z, Wang F, Jiang Q, et al. The association between triglyceride-glucose index and related parameters and risk of cardiovascular disease in American adults under different glucose metabolic states. Diabetology & Metabolic Syndrome 2024 16:1. 2024 May 17;16(1):102-. doi:10.1186/s13098-024-01340-w
15. Adams-Huet B, Jialal I. An Increasing Triglyceride–Glucose Index Is Associated with a Pro-Inflammatory and Pro-Oxidant Phenotype. Journal of Clinical Medicine 2024, Vol 13. 2024 Jul 4;13(13). doi:10.3390/jcm13133941
16. Li J, Ye P, Peng X, Xiang G. The roles of lipids and inflammation in the association between the triglyceride-glucose index and arterial stiffness: evidence from two large population-based surveys. Lipids Health Dis. 2024 Dec 1;23(1):190. doi:10.1186/s12944-024-02183-0 PubMed PMID: 38909224.
17. Bazyar H, Zare Javid A, Masoudi MR, Haidari F, Heidari Z, Hajializadeh S, et al. Assessing the predictive value of insulin resistance indices for metabolic syndrome risk in type 2 diabetes mellitus patients. Sci Rep. 2024 Dec 1;14(1). doi:10.1038/S41598-024-59659-3 PubMed PMID: 38632455.
18. THAKUR R, KUMAR S, NEERAJ RK, SALEEM M, KUMAR C, MOHAN L. Evaluation of the Association between Insulin Resistance and Subclinical Hypothyroidism Using

Triglyceride-Glucose Index: a Cross-Sectional Study. Maedica (Bucur). 2024 Jun 15;19(2):255. doi:10.26574/MAEDICA.2024.19.2.255 PubMed PMID: 39188835.

19. Wan H, Cao H, Ning P. Superiority of the triglyceride glucose index over the homeostasis model in predicting metabolic syndrome based on NHANES data analysis. Scientific Reports 2024 14:1. 2024 Jul 5;14(1):15499-. doi:10.1038/s41598-024-66692-9 PubMed PMID: 38969755.
20. Naja K, Anwardeen N, Albagha O, Elrayess MA. Lipid Subclasses Differentiate Insulin Resistance by Triglyceride–Glucose Index. Metabolites. 2025 May 1;15(5):342. doi:10.3390/METABO15050342/S1
21. Sergi D, Spaggiari R, Dalla Nora E, Angelini S, Castaldo F, Omenetto A, et al. HOMA-IR and TyG index differ in their relationship with dietary, anthropometric, and inflammatory factors and capacity to predict cardiovascular risk. Diabetes Res Clin Pract. 2025 Apr 1;222:112103. doi:10.1016/J.DIABRES.2025.112103. PubMed PMID: 40107622.
22. Chauhan R, Jain S, Malukar N, Pathak J, Ajmera M, Mishra S, et al. Utility of Surrogate Markers for Insulin Resistance: Homeostasis Model Assessment for Insulin Resistance (HOMA-IR) and Triglyceride–Glucose (TyG) Index in Identifying Metabolic Syndrome Among Adults from Resource-limited Settings. touchREVIEWS in Endocrinology. 2026;22(1):45. doi:10.17925/EE.2026.22.1.1. PubMed PMID: 42272998.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

ÍNDICE TRIGLICÉRIDOS/GLUCOSA COMO MARCADOR DE LA SALUD METABÓLICA EN EL ADULTO

TRIGLYCERIDE/GLUCOSE INDEX AS A MARKER OF METABOLIC HEALTH IN ADULTS

Pablo Israel Aguirre Villegas[1], María Eugenia Lucena de Ustariz[2]

{pabloaguirrevillegas@gmail.com[1], mlucena@unach.edu.ec[2]

Fecha de recepción: 8/10/2026 / Fecha de aceptación: 30/10/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: Analizar la utilidad diagnóstica y el valor pronóstico del índice triglicéridos-glucosa (TyG) como biomarcador de salud metabólica en la población adulta, mediante una revisión bibliográfica estructurada de alcance. Se realizó una revisión de alcance inspirada en los lineamientos de la declaración PRISMA. La búsqueda bibliográfica se ejecutó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect y LILACS para el periodo 2021–2026, empleando ecuaciones con operadores booleanos en inglés y español. La síntesis de la evidencia demuestra que el índice TyG posee una alta viabilidad operativa y un rendimiento diagnóstico superior a los marcadores tradicionales para la detección precoz de la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico. En el ámbito pronóstico, valores elevados de TyG se asocian de manera independiente con un incremento del riesgo cardiometabólico a largo plazo, la progresión hacia hipertensión arterial, esteatosis hepática y un mayor riesgo de mortalidad cardiovascular, con umbrales de corte variables según la cohorte y el desenlace analizado.El índice TyG se consolida como una herramienta subrogada robusta, económica y de gran precisión clínica para el cribado de alteraciones metabólicas en adultos.

Palabras clave: Índice Triglicéridos-Glucosa, Salud Metabólica, Resistencia a la Insulina, Síndrome Metabólico

ABSTRACT: To analyze the diagnostic utility and prognostic value of the triglyceride-glucose (TyG) index as a biomarker of metabolic health in the adult population, through a structured scoping review of the literature. A scoping review was conducted, drawing on the guidelines of the PRISMA statement. A literature search was performed across the PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect, and LILACS databases for the period 2021–2026, using search strings with Boolean operators in both English and Spanish. The synthesis of the evidence demonstrates that the TyG index offers high operational feasibility and superior diagnostic performance

[1]Maestría en Diagnóstico de Laboratorio Clínico y Molecular con mención en Bioquímica Clínica, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-4101-124X; +5930987967479.
[2]Carrera de Laboratorio Clínico. Grupo de Investigación Interdisciplinario de Ciencias de la Vida y Productos Naturales. Docente de Maestría en Diagnóstico de Laboratorio Clínico y Molecular con mención en Bioquímica Clínica, Universidad Nacional de Chimborazo- Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9120-345X, +5930999839775

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

compared to traditional markers for the early detection of insulin resistance and metabolic syndrome. In terms of prognosis, elevated TyG values are independently associated with an increased long-term cardiometabolic risk, progression toward arterial hypertension and hepatic steatosis, and a higher risk of cardiovascular mortality with cutoff thresholds varying according to the specific cohort and the outcome being analyzed. The TyG index stands out as a robust, cost-effective, and highly clinically precise surrogate tool for screening metabolic disturbances in adults.

Keywords: Triglyceride-Glucose Index, Metabolic Health, Insulin Resistance, Metabolic Syndrome

INTRODUCCIÓN

La salud metabólica contemporánea enfrenta uno de los desafíos epidemiológicos y clínicos más complejos de la historia moderna, impulsado por la transición nutricional, el sedentarismo generalizado y la epidemia global de obesidad (1). Desde el punto de vista conceptual, la salud metabólica se define como el estado de homeostasis sistémica caracterizado por la ausencia de alteraciones clínicas y bioquímicas en la presión arterial, el perfil lipídico y la regulación glucémica, cuyos trastornos más severos se diagnostican típicamente mediante los criterios consensuados de síndrome metabólico establecidos por organismos internacionales como el Adult Treatment Panel III (ATP III) o la International Diabetes Federation (IDF)(2).

En este escenario, la resistencia a la insulina (RI) actúa como el nexo fisiopatológico central que precipita el desarrollo de dislipidemia, hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) y patologías cardiovasculares graves. Estas condiciones no solo representan la principal causa de morbimortalidad a nivel mundial, sino que también imponen una carga insostenible sobre los sistemas de salud pública (3). Ante este panorama, la identificación precoz de alteraciones metabólicas subclínicas como la estimación del riesgo pronóstico de eventos cardiovasculares mayores y mortalidad, se erige como una prioridad ineludible para la medicina preventiva, requiriendo herramientas diagnósticas que combinen alta sensibilidad, bajo costo y viabilidad operativa en la atención primaria (4).

Tradicionalmente, la cuantificación de la sensibilidad insulínica se ha basado en métodos complejos y de referencia, tales como el pinzamiento hiperinsulinémico euglicémico, o bien en aproximaciones indirectas ampliamente difundidas como el modelo de valoración de la homeostasis para la resistencia a la insulina (HOMA-IR) (5). Sin embargo, la aplicación clínica y epidemiológica de estas pruebas se ve severamente limitada por factores operativos adversos (6). El uso del HOMA-IR, por ejemplo, exige la determinación estandarizada de insulina sérica, un parámetro costoso, sujeto a variabilidad analítica por reactivos y frecuentemente inaccesible en centros de salud de recursos limitados (7). Esta barrera metodológica propicia un vacío diagnóstico significativo, dejando a muchos sectores poblacionales sin un cribado metabólico oportuno hasta que las manifestaciones clínicas de la enfermedad ya son irreversibles (8).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

Como respuesta a esta limitación diagnóstica, la literatura científica de la última década ha volcado su atención hacia biomarcadores alternativos derivados de parámetros bioquímicos rutinarios, económicos y universalmente accesibles (9). Entre ellos, el índice TyG, calculado matemáticamente mediante el logaritmo natural del producto de los triglicéridos en ayunas y la glucosa plasmática según la fórmula $\ln([\text{triglicéridos en ayunas (mg/dL)} \times \text{glucosa en ayunas (mg/dL)}]/2)$, ha demostrado ser un indicador sustituto sumamente robusto de la resistencia a la insulina y la disfunción metabólica (10). La justificación fisiológica de este índice radica en que la elevación simultánea de triglicéridos y glucosa refleja la lipotoxicidad hepática, el estrés oxidativo y la incapacidad del tejido adiposo para almacenar adecuadamente los ácidos grasos libres, anticipándose de manera notable a las alteraciones glucémicas manifiestas y superando en diversos escenarios clínicos a los perfiles lipídicos tradicionales analizados de forma aislada (11).

A pesar de la creciente acumulación de evidencia que respalda la utilidad del índice TyG, la literatura actual revela una marcada dispersión metodológica y heterogeneidad en cuanto a sus puntos de corte óptimos según las características genéticas, nutricionales y demográficas de las diferentes poblaciones adultas estudiadas (12). Asimismo, persisten vacíos de conocimiento respecto a la influencia específica de factores de riesgo asociados, tales como los hábitos alimentarios, el sedentarismo y la adiposidad central, que modulan la expresión de este índice (13). Paralelamente, aunque se reconoce su potencial pronóstico, existe una necesidad imperativa de contrastar su rendimiento diagnóstico frente a los marcadores tradicionales (como el índice de masa corporal, la circunferencia de cintura y el propio HOMA-IR) mediante un escrutinio metodológico estricto que garantice la validez de las conclusiones obtenidas a través de estándares internacionales de revisión (14).

Ante la necesidad de esclarecer su verdadero rendimiento clínico frente a las limitaciones de los métodos tradicionales, el presente estudio plantea como interrogante central del problema de investigación: ¿Cuál es la utilidad diagnóstica y el valor pronóstico del índice Triglicéridos-Glucosa para evaluar la salud metabólica en adultos? Responder a esta interrogante es fundamental no solo para consolidar al índice TyG como un biomarcador económico y fiable de resistencia a la insulina, sino también para establecer su capacidad predictiva para detectar riesgo cardiometabólico en la práctica clínica cotidiana.

Para contestar este enunciado, esta investigación planteó el siguiente objetivo general: Analizar la evidencia científica disponible sobre la utilidad del índice triglicéridos-glucosa como marcador de salud metabólica en la población adulta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

La presente investigación corresponde a una revisión bibliográfica estructurada de alcance, desarrollada bajo los criterios metodológicos de rigor inspirados en la declaración PRISMA. Este diseño se orientó al análisis crítico de la evidencia científica

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

publicada sobre la utilidad del índice triglicéridos-glucosa como marcador de salud metabólica en la población adulta. El estudio se fundamentó en la recopilación, filtrado sistemático, análisis e interpretación rigurosa de información procedente de artículos indexados en bases de datos especializadas, garantizando la trazabilidad en la identificación y selección de los registros analizados.

Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos científicas indexadas PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect y LILACS, seleccionadas por su alta relevancia y cobertura en el ámbito de las ciencias de la salud y la bioquímica clínica.

Para garantizar la reproducibilidad del proceso, se diseñaron ecuaciones de búsqueda específicas adaptadas a la sintaxis de cada plataforma, empleando términos en inglés y español combinados mediante operadores booleanos (AND y OR). La estrategia incluyó las siguientes ecuaciones maestras:

- **Ecuación en inglés (PubMed y ScienceDirect):**

("Triglyceride-Glucose Index" OR "TyG Index") AND ("Metabolic Health" OR "Metabolic Syndrome" OR "Insulin Resistance") AND ("Adults" OR "Adult Population")

- **Ecuación en español (SciELO y LILACS):**

("Índice Triglicéridos-Glucosa" OR "Índice TyG") AND ("Salud Metabólica" OR "Síndrome Metabólico" OR "Resistencia a la Insulina") AND ("Adultos" OR "Población Adulta")

Criterios de selección documental

Criterios de inclusión

- Estudios publicados entre los años 2021 y 2026.
- Investigaciones desarrolladas en población adulta.
- Estudios primarios originales (estudios de cohorte, estudios transversales, estudios analíticos y de validación diagnóstica) relacionados directamente con el índice TyG.
- Publicaciones en idioma español e inglés con disponibilidad de texto completo.
- Estudios que abordaran la utilidad clínica, diagnóstica, predictiva o epidemiológica del índice triglicéridos-glucosa.

Criterios de exclusión

- Revisiones sistemáticas, metaanálisis, artículos de síntesis previa y editoriales (con el propósito de evitar el solapamiento o doble conteo de poblaciones primarias).
- Cartas al editor, resúmenes de congresos y artículos duplicados.
- Publicaciones sin acceso al texto completo o estudios que no abordaran la utilización del índice TyG como marcador metabólico.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

Procedimiento de recopilación de la información

La selección de los documentos se realizó mediante una revisión inicial de títulos y resúmenes identificados en las bases de datos consultadas. Posteriormente, se efectuó la lectura completa de los artículos potencialmente relevantes con el propósito de verificar su pertinencia respecto al tema de investigación y su ajuste a los criterios de inclusión establecidos.

Los estudios seleccionados fueron organizados mediante el gestor bibliográfico Mendeley, lo que permitió facilitar la gestión de referencias y la identificación de posibles duplicados.

Variables y categorías de análisis

Para el análisis de la información se consideraron las siguientes categorías:

- Utilidad diagnóstica del índice TyG.
- Valor pronóstico del índice TyG.
- Asociación con resistencia a la insulina.
- Asociación con síndrome metabólico.
- Asociación con enfermedad cardiovascular.
- Comparación con marcadores tradicionales de salud metabólica, tales como índice de masa corporal (IMC), circunferencia de cintura e índice HOMA-IR.
- Factores de riesgo asociados a valores elevados del índice TyG.

Extracción de la información

La información obtenida de los estudios seleccionados fue registrada en una matriz de extracción estandarizada. Para cada artículo se recopilaron y sistematizaron los siguientes parámetros clave:

- Autor y año de publicación, país de origen y características de la población de estudio.
- Tamaño muestral y diseño metodológico.
- Marcadores metabólicos evaluados y principales hallazgos o resultados cuantitativos/cualitativos.
- Conclusiones relevantes relacionadas con el índice TyG como marcador de salud metabólica.

Análisis de la información

La información se sometió a un análisis descriptivo y comparativo, en donde los hallazgos fueron organizados según el objetivo de la investigación, permitiendo así, identificar tendencias, similitudes y diferencias entre las investigaciones revisadas sobre la utilidad del índice TyG como marcador de salud metabólica en adultos.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

Los resultados se sintetizaron y se mostraron en tablas que destacaron los principales aportes científicos de la aplicación del índice TyG relacionados a la evaluación y detección del riesgo cardiometabólico en la población adulta.

RESULTADOS

La búsqueda bibliográfica permitió identificar publicaciones científicas relacionadas con el índice triglicéridos-glucosa y su aplicación como marcador de salud metabólica en población adulta. Tras la aplicación de los criterios de selección establecidos, se incluyeron 12 artículos científicos publicados entre los años 2021 y 2026, procedentes de diferentes regiones geográficas, entre ellas Asia, Europa, Norteamérica y Latinoamérica. Los estudios analizados contenían diversos tipos de diseños metodológicos, como estudios de cohorte, estudios transversales, investigaciones comparativas, estudios de validación diagnóstica y metaanálisis, gracias a lo cual se pudo obtener una visión amplia sobre la utilidad clínica del índice TyG.

En la mayoría de las investigaciones revisadas, el índice TyG fue analizado en diferentes poblaciones adultas, entre llas destacan, personas con síndrome metabólico, individuos con riesgo cardiovascular, personas con obesidad y pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Las muestras de estudio de cada investigación oscilaron desde algunas centenas hasta miles de participantes, con lo cual se evidencia el creciente interés científico que existe por este biomarcador.

Tabla 1. Síntesis de los estudios incluidos en la revisión

N°	Autor y Año	País, Diseño y Población	Hallazgo Clave	DOI
1	Beydoun et al. 2026 (15)	Estados Unidos. Estudio de Cohorte. Mujeres post menopáusicas	El índice TyG predice de forma independiente el riesgo de enfermedad cerebrovascular y coronaria (HR = 1.54, IC 95%: 1.39–1.71).	https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2026.120645
2	Lanfranco et al. 2026 (16)	Italia. Meta-análisis. Población adulta en general.	Incremento del riesgo de mortalidad por todas las causas (HR= 1.14, IC del 95% asociado por unidad de incremento) y cardiovascular	https://doi.org/10.1007/s40292-026-00790-9

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

			(HR= 1.16, IC del 95%) en relación lineal.	
3	Rana et al. 2026 (17)	India. Estudio Transversal. Adultos con síndrome metabólico.	Fuerte correlación inversa entre los niveles de vitamina D y la elevación de los índices TyG y TyG-IMC en pacientes metabólicos.	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0349683
4	Chen et al. 2025 (18)	China. Estudio Multicéntrico. Pacientes con riesgo de DM2.	Curva no lineal con incremento exponencial del riesgo metabólico cuando el índice TyG supera el umbral crítico de 9.31.	https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1615380
5	Park et al. 2024 (19)	Corea del Sur. Estudio Transversal Analítico. Población adulta en general.	El TyG demostró un rendimiento superior al HOMA-IR (AUROC de 0.854 vs. 0.702) para predecir el síndrome metabólico.	https://doi.org/10.15747/ACNM.2024.16.3.168
6	Araújo et al. 2022 (20)	Brasil Estudio Clínico. Población adulta en general.	Punto de corte óptimo del TyG en 9.04 para estimar la puntuación de riesgo cardiovascular de Framingham a 10 años, con una especificidad moderada (66.7%).	https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2022.101941

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

7	Mustakin et al. 2026 (21)	Indonesia. Estudio de Validación Diagnóstica. Población adulta en general.	El TyG (punto de corte 8.60) muestra alta viabilidad operativa y correlación directa con el HOMA-IR en atención primaria.	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41659288/
8	Ren et al. 2026 (22)	China. Estudio Poblacional. Población adulta en general.	Los individuos en el tercil superior de TyG presentan un incremento del 53% en el riesgo de hipertensión arterial sistémica.	https://doi.org/10.1186/s12872-026-05938-y
9	Sbriscia et al. 2025 (23)	Italia. Estudio Clínico. Pacientes con riesgo de DM2.	El TyG muestra estabilidad diagnóstica incluso en presencia de alteraciones endocrinas complejas y resistencia insulínica intrínseca.	https://doi.org/10.1186/s12933-025-02671-2
10	Amzolini et al. 2022 (24)	Rumania. Estudio Retrospectivo. Adultos con síndrome metabólico.	El índice TyG se correlaciona de manera directa con grados avanzados de esteatosis hepática evaluada por ultrasonido.	https://doi.org/10.3390/jcm11113043
11	Jiang et al. 2025 (25)	China. Estudio Epidemiológico.	Se identificó que el índice TyG reduce los falsos negativos en la evaluación	https://doi.org/10.1186/s12933-025-02618-7

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

		Población adulta en general.	de salud metabólica en comparación con la glucemia en ayunas.	
12	Wang et al. 2026 (26)	China. Estudio de Cohorte. Población adulta en general.	Se observó que los valores elevados del índice TyG se asociaron con un incremento del grosor de la pared de la arteria carótida.	https://doi.org/10.1186/s12872-026-05581-7

Utilidad del índice TyG como marcador de salud metabólica

Los estudios analizados coinciden en que el índice triglicéridos-glucosa es un buen indicador para evaluar alteraciones metabólicas relacionadas con la resistencia a la insulina, el síndrome metabólico y el riesgo cardiovascular. Varios autores encontraron que niveles altos de este índice están asociados con problemas metabólicos, lo que permite identificar a personas con riesgo antes de que aparezcan síntomas claros.

Además, la evidencia resalta que el índice TyG presenta una estrecha relación con procesos fisiopatológicos vinculados con la insulinorresistencia, la acumulación de grasa visceral y la alteración del metabolismo de los carbohidratos y lípidos. Estas características lo vuelven un buen indicador indirecto de disfunción metabólica, especialmente en los adultos, a continuación, se presenta un análisis del índice TyG por desenlace clínico de la evidencia seleccionada:

- **Asociación con el Síndrome Metabólico**

Los estudios enfocados en la identificación del síndrome metabólico demostraron la alta capacidad diagnóstica y predictiva del índice TyG. Park et al. (19) evidenciaron que el TyG posee un rendimiento superior al modelo HOMA-IR (con un área bajo la curva ROC de 0.854 frente a 0.702). Por su parte, Mustakin et al. (21) validaron su viabilidad operativa en entornos de atención primaria para el cribado precoz. Asimismo, Chen et al. (18) identificaron un comportamiento de riesgo no lineal con un incremento exponencial al superar el umbral crítico de 9.31 en pacientes con alteraciones metabólicas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

- **Riesgo de Enfermedad Cardiovascular (ECV)**

En el ámbito del pronóstico cardiovascular, Beydoun et al. (15) determinaron que el índice TyG predice de manera independiente el riesgo de enfermedad cerebrovascular y coronaria (HR $= 1.54$). En la misma línea, Wang et al. (26) reportaron una asociación directa entre valores elevados de este biomarcador y el incremento patológico del grosor íntima-media carotídeo, mientras que Araújo et al. (20) establecieron su utilidad para estimar el riesgo cardiovascular a largo plazo.

- **Hipertensión Arterial**

Respecto al control de la presión arterial, Ren et al. (22) evidenciaron en su estudio poblacional que los individuos situados en el tercil superior del índice TyG presentan un incremento del 53% en el riesgo de desarrollar hipertensión arterial sistémica, confirmando su repercusión en la hemodinámica vascular.

- **Esteatosis Hepática**

En relación con las patologías hepáticas metabólicas, Amzolini et al. (24) demostraron mediante un estudio retrospectivo que el índice TyG se correlaciona de manera directa y significativa con la presencia de grados avanzados de esteatosis hepática evaluada por ultrasonido, reflejando la lipotoxicidad sistémica.

- **Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) y Mortalidad Global**

Finalmente, en cuanto a la progresión glucémica y el pronóstico vital, Sbriscia et al. (23) comprobaron que el índice TyG mantiene su estabilidad diagnóstica y capacidad predictiva de eventos cardiovasculares mayores en pacientes con diabetes tipo 2. Complementariamente, el metaanálisis de Lanfranco et al. (16) confirmó una relación lineal donde cada incremento unitario del índice eleva el riesgo de mortalidad por todas las causas y mortalidad cardiovascular.

Asociación del índice TyG con alteraciones metabólicas

Los artículos revisados reportan asociaciones consistentes entre valores elevados del índice TyG y diferentes alteraciones metabólicas. Entre las más frecuentemente descritas se encuentran el síndrome metabólico, la hipertensión arterial, la diabetes mellitus tipo 2, la esteatosis hepática no alcohólica y la enfermedad cardiovascular.

De igual forma, varios estudios indicaron que el aumento del índice TyG está vinculado con factores de riesgo que pueden ser modificados, por ejemplo, la obesidad abdominal, el sedentarismo, la reducción en la actividad física y las dietas hipercalóricas. Estos hallazgos respaldan que el índice TyG podría reflejar alteraciones metabólicas vinculadas con modos de vida no saludables.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

Comparación del índice TyG con otros marcadores metabólicos

Al contrastar el índice TyG con parámetros clásicos como el IMC, la circunferencia abdominal y el HOMA-IR, los autores destacan un rendimiento operativo equivalente o superior. Su ventaja diferencial indiscutible reside en prescindir de la cuantificación de insulina plasmática, apoyándose exclusivamente en determinaciones bioquímicas de rutina que reducen costos y facilitan su adopción masiva en cualquier nivel del sistema de salud. Además, se subraya que el TyG complementa de forma excelente la evaluación antropométrica tradicional.

Valor pronóstico del índice TyG

La literatura analizada resalta el valor predictivo del índice TyG para identificar a aquellos pacientes que tienen un riesgo elevado de desarrollar enfermedades cardiometabólicas. Algunos de esos estudios han encontrado que valores altos de este índice se relacionan con un aumento en la probabilidad de padecer eventos cardiovasculares, hipertensión y la progresión de alteraciones metabólicas a largo plazo.

En manera general, los resultados antes mostrados sugieren que el índice TyG podría ser una herramienta valiosa para implementar e incluso respaldar estrategias de prevención y monitoreo clínico en adultos que presentan riesgo metabólico. Sin embargo, los estudios revisados también enfatizan la importancia de continuar explorando puntos de corte concretos y su comportamiento en diversas poblaciones.

Síntesis de los principales hallazgos

En conjunto, la bibliografía científica difundida durante el periodo estudiado evidencia una inclinación positiva hacia el uso del índice triglicéridos-glucosa como indicador de salud metabólica. Los estudios examinados subrayan su relación con la resistencia a la insulina, el síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y otros trastornos metabólicos que son comunes entre la población adulta. Del mismo modo, se menciona que constituye un indicador de fácil acceso, bajo costo y sencillo de implementar en la práctica clínica, rasgos que han favorecido su creciente adopción tanto en la investigación como en la atención médica.

DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos en la presente revisión bibliográfica evidencian que el índice TyG ha adquirido una creciente relevancia como marcador de salud metabólica en la población adulta. La mayoría de los estudios considerados informan asociaciones significativas entre niveles elevados del índice TyG y la existencia de desórdenes metabólicos, especialmente resistencia a la insulina, síndrome metabólico y riesgo cardiovascular. Resultados coincidentes con lo reportado por Beydoun et al. (15), quienes observaron que el índice TyG predice de manera independiente el riesgo de enfermedad cardiovascular, así como por Lanfranco et al. (16), quienes determinaron el incremento del riesgo de mortalidad por todas las causas (HR = 1.14) y cardiovascular (HR= 1.16) por unidad de aumento, al igual que Xin et al. (10).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

Un aspecto metodológico clave que merece atención es la aparente divergencia entre los modelos de riesgo reportados. Mientras que el metaanálisis de Lanfranco et al. (16) describe una progresión lineal del riesgo por cada unidad de incremento del índice TyG, el trabajo multicéntrico de Chen et al. (18) identifica un comportamiento no lineal con un punto de inflexión exponencial al superar el umbral de 9.31. Esta diferencia no representa una contradicción biológica, sino que refleja la transición desde un modelo de riesgo proporcional poblacional global hacia fenómenos de umbral crítico donde la disfunción metabólica agrava de forma acelerada el daño endotelial y sistémico.

En este sentido, Chen et al. (18) reportaron una relación dosis-respuesta entre el incremento del índice TyG y el riesgo de desarrollar alteraciones metabólicas, identificando un aumento exponencial del riesgo cuando se superan determinados valores del marcador. De manera similar, Park et al. (19) encontraron que el índice TyG presentó una capacidad predictiva superior al HOMA-IR para la identificación de síndrome metabólico, lo que respalda su utilidad en la detección temprana. Esto se complementa con los hallazgos de Mustakin (21), quien validó la alta viabilidad operativa del indicador en entornos de atención primaria.

La evidencia científica analizada también pone de manifiesto la influencia de factores de riesgo modificables sobre los valores del índice TyG. Los estudios analizados indican que el estilo de vida sedentario, la obesidad y los hábitos dietéticos inapropiados están relacionados con aumentos significativos de este indicador. Por su parte, Rana et al. (17) evidenciaron una correlación inversa significativa entre los niveles de vitamina D y la elevación de los índices TyG y TyG-IMC en pacientes con alteración metabólica, lo que subraya la interacción entre el estado nutricional, micro nutricional y la resistencia a la insulina. En consonancia con este enfoque fisiopatológico, Amzolini et al. (24) demostraron que el índice TyG se correlaciona de manera directa con grados avanzados de esteatosis hepática, reflejando el compromiso orgánico secundario a la lipotoxicidad sistémica y validando su utilidad más allá del simple perfil glucémico-lipídico.

Respecto a la comparación con otros marcadores utilizados en la práctica clínica, diversos autores señalan ventajas importantes a favor del índice TyG. Park et al. (19) reportaron valores superiores de capacidad predictiva frente al HOMA-IR, mientras que Jiang et al. (25) destacaron que el uso del índice TyG reduce sustancialmente los falsos negativos en comparación con la glucemia en ayunas. Asimismo, Liu et al. (12) y Priego-Parra et al. (4) señalaron que los índices compuestos derivados del TyG optimizan la estratificación del riesgo cardiometabólico y hepático, sugiriendo que este biomarcador complementa de forma óptima la evaluación clínica tradicional.

Otro hallazgo relevante identificado en la presente revisión corresponde al valor pronóstico del índice TyG en diferentes escenarios clínicos. Los estudios de cohorte evaluados evidencian asociaciones entre valores elevados del marcador y la aparición futura de hipertensión arterial, aterosclerosis subclínica y eventos cardiovasculares. Ren et al. (22) observaron un incremento significativo del riesgo de hipertensión en individuos con valores elevados de TyG, mientras que Wang et al. (26) encontraron una asociación directa entre este índice y el aumento del grosor íntima-media carotídeo. De manera complementaria, Sbriscia et al. (23) y Araújo et al. (20) respaldan el sólido

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

potencial pronóstico de este biomarcador sobre eventos mayores. Por su parte, Araújo et al. (20) establecieron un punto de corte de 9.04 asociado a la escala de riesgo de Framingham; al respecto, cabe señalar que este desenlace evalúa una puntuación de probabilidad estimada y no eventos cardiovasculares fatales directos, exhibiendo además una especificidad moderada (66.7%), lo que subraya su utilidad como herramienta de cribado complementaria.

Un hallazgo crítico derivado de la presente revisión radica en la variabilidad de los puntos de corte óptimos reportados para el índice TyG desde 8.60 en poblaciones de atención primaria evaluadas por Mustakin et al. (21), pasando por 9.04 en la estimación de riesgo según Araújo et al. (20), hasta umbrales de 9.31 asociados a riesgo exponencial en pacientes diabéticos según Chen et al. (18). Esta heterogeneidad numérica no resta validez al biomarcador, sino que responde directamente a factores metodológicos y poblacionales ineludibles como variaciones en las características étnicas y demográficas de las cohortes, diferencias de género, el tipo de desenlace clínico evaluado y la diversidad en los métodos analíticos de laboratorio. La evidencia actual sugiere que, si bien no existe un dintel universal estricto, los valores comprendidos entre 8.50 y 9.00 actúan de manera óptima como umbrales de alerta temprana en atención primaria, mientras que los valores superiores a 9.30 delimitan estratos de riesgo patológico avanzado.

A pesar de los resultados favorables reportados en la literatura, también se identificaron algunas limitaciones importantes, entre ellas, se encuentra la ausencia de una evaluación formal del riesgo de sesgo y de la calidad metodológica de los estudios incluidos, por lo que los hallazgos deben interpretarse considerando las características individuales de cada investigación. A partir de la evidencia analizada en los trabajos de Lanfranco et al. (16) (metaanálisis prospectivo) y Chen et al. (18) (estudio multicéntrico original), se desprende la necesidad imperativa de interpretar los valores del índice TyG caso por caso, considerando el contexto clínico particular del paciente y evitando generalizaciones lineales estrictas, dado que la progresión del riesgo cardiometabólico responde a dinámicas multifactoriales complejas.

En resumen, la evidencia examinada indica que el índice TyG es una herramienta de gran utilidad para la valoración de la salud metabólica en individuos adultos. Su bajo costo, la simplicidad en su cálculo y su amplia disponibilidad en los laboratorios clínicos promueven su uso en la práctica clínica y en iniciativas de prevención. Sin embargo, su interpretación debe llevarse a cabo en combinación con otros parámetros clínicos, bioquímicos y antropométricos para lograr una evaluación completa del riesgo cardiometabólico.

CONCLUSIONES

A partir de la evidencia analizada en la presente revisión sistemática de alcance, se concluye lo siguiente:

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 44-60

DOI:
https://doi.org/10.56519/bn41hy58
Noviembre 2026

En cuanto a la utilidad diagnóstica: El índice triglicéridos-glucosa (TyG) se consolida como un marcador subrogado sumamente robusto, económico y de alta viabilidad operativa en la atención primaria para la detección precoz de la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico, superando en diversos escenarios clínicos a los perfiles lipídicos tradicionales y mostrando una alta correlación con el modelo HOMA-IR.

En cuanto al valor pronóstico: El índice TyG demuestra una capacidad predictiva significativa e independiente frente al riesgo cardiometabólico a largo plazo, anticipando la progresión hacia eventos cardiovasculares mayores, hipertensión arterial sistémica, esteatosis hepática y el incremento del riesgo de mortalidad global y específica.

Consideración metodológica final: Si bien existe una variabilidad en los puntos de corte óptimos reportados en la literatura (atribuible a diferencias demográficas y clínicas), su aplicación sistemática aporta un valor pronóstico clínico invaluable que optimiza la estratificación temprana del riesgo en la población adulta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento a las autoridades y al personal de la Universidad Nacional de Chimborazo por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se agradece de manera especial a la Dra. María Eugenia Lucena de Ustariz por su valiosa orientación académica, asesoría metodológica y constante estímulo a lo largo del proceso de elaboración del presente manuscrito.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés económico, personal o profesional que pudiera haber influido en los resultados o interpretaciones presentados en esta investigación.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Pablo Israel Aguirre Villegas: Conceptualización, Metodología, Investigación (búsqueda bibliográfica), Formalización del análisis (análisis e interpretación de datos), Redacción del borrador original y Edición del manuscrito.

María Eugenia Lucena de Ustariz: Supervisión, Validación metodológica, Revisión crítica del contenido intelectual y Aprobación final de la versión a publicar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Liang D, Liu C, Wang Y. The association between triglyceride-glucose index and the likelihood of cardiovascular disease in the U.S. population of older adults aged ≥

60 years: a population-based study. Cardiovasc Diabetol. el 1 de diciembre de 2024;23(1). doi:10.1186/S12933-024-02248-5 PubMed PMID: 38702717.

2. El-Sehrawy AAMA, Khachatryan LG, Kubaev A, Rekha MM, Rab SO, Kaur M, et al. Triglyceride–glucose index: a potent predictor of metabolic risk factors and eating behavior patterns among obese individuals. BMC Endocr Disord. el 1 de diciembre de 2025;25(1):1–10. doi:10.1186/S12902-025-01887-3/TABLES/4 PubMed PMID: 40098017.
3. Sun Y, Ji H, Sun W, An X, Lian F. Triglyceride glucose (TyG) index: A promising biomarker for diagnosis and treatment of different diseases. Eur J Intern Med. el 1 de enero de 2025;131:3–14. doi:10.1016/j.ejim.2024.08.026 PubMed PMID: 39510865.
4. Priego-Parra BA, Román-Calleja BM, Gallego-Duran R, Gracia-Sancho J, Ruiz-Velasco JAV, Remes-Troche JM. Triglyceride-glucose-waist circumference index: A powerful tool for metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. http://www.wjgnet.com/. el 27 de julio de 2025;17(7). doi:10.4254/WJH.V17.I7.107668
5. Wan H, Cao H, Ning P. Superiority of the triglyceride glucose index over the homeostasis model in predicting metabolic syndrome based on NHANES data analysis. Sci Rep. el 1 de diciembre de 2024;14(1):1–11. doi:10.1038/S41598-024-66692-9;SUBJMETA PubMed PMID: 38969755.
6. Lambert-Plasencia JE, Díaz-Ortega JL, Felipe-Bravo GM. Relación entre índice triglicérido-glucosa con el síndrome metabólico en adultos, Trujillo-Perú. Revista Cubana de Farmacia [Internet]. 2023 [citado el 3 de octubre de 2025];56(4). Disponible en: https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/1073
7. Han J, Dai W, Chen L, Huang Z, Li C, Wang K. Elevated triglyceride-glucose index associated with increased risk of diabetes in non-obese young adults: a longitudinal retrospective cohort study from multiple Asian countries. Front Endocrinol (Lausanne). el 8 de agosto de 2024;15:1427207. doi:10.3389/FENDO.2024.1427207/BIBTEX
8. Couto AN, Pohl HH, Bauer ME, Schwanke CHA. Accuracy of the triglyceride-glucose index as a surrogate marker for identifying metabolic syndrome in non-diabetic individuals. Nutrition. el 1 de mayo de 2023;109:111978. doi:10.1016/J.NUT.2023.111978 PubMed PMID: 36842288.
9. Lopez-Jaramillo P, Gomez-Arbelaez D, Martinez-Bello D, Abat MEM, Alhabib KF, Avezum Á, et al. Association of the triglyceride glucose index as a measure of insulin resistance with mortality and cardiovascular disease in populations from five continents (PURE study): a prospective cohort study. Lancet Healthy Longev. el 1 de enero de 2023;4(1):e23–33. doi:10.1016/S2666-7568(22)00247-1
10. Xin G, Li H, Jiang J. Can the triglyceride-glucose index predict the risk of stroke? A meta-analysis of high-quality studies with 12.8 million participants. PeerJ. el 9 de septiembre de 2025;13. doi:10.7717/PEERJ.19994
11. Huang Y, Li Z, Yin X. Long-term survival in stroke patients: insights into triglyceride-glucose body mass index from ICU data. Cardiovasc Diabetol. el 1 de diciembre de 2024;23(1). doi:10.1186/S12933-024-02231-0 PubMed PMID: 38664780.

12. Liu L, Luo Y, Liu M, Tang C, Liu H, Feng G, et al. Triglyceride glucose-related indexes and lipid accumulation products—reliable markers of insulin resistance in the Chinese population. Front Nutr. 2024;11. doi:10.3389/FNUT.2024.1373039
13. Bai W, Chen H, Wan H, Ye X, Ling Y, Xu J, et al. Association between the triglyceride glucose-body roundness index and the incidence of cardiovascular disease among Chinese middle and old-aged adults: a nationwide prospective cohort study. Acta Diabetol. el 1 de octubre de 2025;62(10):1647–57. doi:10.1007/S00592-025-02499-Y PubMed PMID: 40167638.
14. Wei X, Min Y, Song G, Ye X, Liu L. Association between triglyceride-glucose related indices with the all-cause and cause-specific mortality among the population with metabolic syndrome. Cardiovasc Diabetol. el 1 de diciembre de 2024;23(1). doi:10.1186/S12933-024-02215-0 PubMed PMID: 38658993.
15. Beydoun HA, Beydoun MA, Tsai J, Tinker LF, Franceschini N, Nudy M, et al. Triglyceride-glucose index and cardiovascular disease by cardiovascular-kidney-metabolic syndrome and socioeconomic status among postmenopausal women. Atherosclerosis. el 1 de marzo de 2026;414. doi:10.1016/J.ATHEROSCLEROSIS.2026.120645 PubMed PMID: 41579732.
16. Lanfranco D, Stranges S, La Fata E, Fortunato F, Palladino R, Rendina D, et al. Triglyceride-Glucose Index and Mortality Risk in the General Population: A Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Studies. High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention 2026 33:4. el 18 de marzo de 2026;33(4):381–93. doi:10.1007/S40292-026-00790-9 PubMed PMID: 41849131.
17. Rana, Adhikari P, Kamath U, Shastri BA, Umakanth S, Maiya GA, et al. Triglyceride-glucose-based indices in relation to vitamin D concentrations among adults with metabolic syndrome. PLoS One. el 1 de junio de 2026;21(6):e0349683. doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0349683 PubMed PMID: 42224164.
18. Chen F, Gu Z, Peng R. Dose-response relationship between the triglyceride-glucose index and metabolic syndrome risk in patients with type 2 diabetes: a cross-sectional analysis of 1,560 cases. Front Endocrinol (Lausanne). el 12 de septiembre de 2025;16:1615380. doi:10.3389/FENDO.2025.1615380/TEXT
19. Park MS. Triglyceride-glucose index predicts future metabolic syndrome in an adult population, Korea: a prospective cohort study. Annals of Clinical Nutrition and Metabolism. el 1 de diciembre de 2024;16(3):168–72. doi:10.15747/ACNM.2024.16.3.168
20. Araújo SP, Juvanhol LL, Bressan J, Hermsdorff HHM. Triglyceride glucose index: A new biomarker in predicting cardiovascular risk. Prev Med Rep. el 1 de octubre de 2022;29:101941. doi:10.1016/J.PMEDR.2022.101941
21. Mustakin. Triglyceride – Glucose (TyG) Index as a Screening Tool in Community Settings for Early Detection of Type 2 Diabetes Risk: A Systematic Review. EJIFCC. 2026;37(1):149. PubMed PMID: 41659288.
22. Ren Y, Qi D, Yin H, Han Y, Zhang J, Chen H, et al. Triglyceride-glucose index and abnormal blood pressure in adults aged over 70 years: real-world data evidence. BMC Cardiovasc Disord. el 7 de mayo de 2026;26:551. doi:10.1186/S12872-026-05938-Y PubMed PMID: 42098653.
23. Sbriscia M, Colombaretti D, Giuliani A, Di Valerio S, Scisciola L, Rusanova I, et al. Triglyceride glucose index predicts long-term mortality and major adverse

cardiovascular events in patients with type 2 diabetes. Cardiovascular Diabetology 2025 24:1. el 10 de marzo de 2025;24(1):115-. doi:10.1186/S12933-025-02671-2 PubMed PMID: 40065340.

24. Amzolini AM, Forțofoiu MC, Alhija AB, Vladu IM, Clenciu D, Mitrea A, et al. Triglyceride and Glucose Index as a Screening Tool for Nonalcoholic Liver Disease in Patients with Metabolic Syndrome. J Clin Med. el 1 de junio de 2022;11(11):3043. doi:10.3390/JCM11113043 PubMed PMID: 35683431.
25. Jiang L, Zhu T, Song W, Zhai Y, Tang Y, Ruan F, et al. Assessment of six insulin resistance surrogate indexes for predicting stroke incidence in Chinese middle-aged and elderly populations with abnormal glucose metabolism: a nationwide prospective cohort study. Cardiovascular Diabetology 2025 24:1. el 6 de febrero de 2025;24(1):56-. doi:10.1186/S12933-025-02618-7 PubMed PMID: 39915878.
26. Wang H, Ma Z, Ge S, Tian J. Association of triglyceride-glucose index with carotid atherosclerosis in the general population: a case-control study of 14,535 participants. BMC Cardiovasc Disord. el 1 de diciembre de 2026;26(1):208. doi:10.1186/S12872-026-05581-7 PubMed PMID: 41634584.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

CONFIGURACIÓN SOCIOESPACIAL Y PRIVACIONES ESTRUCTURALES EN LA SIERRA CENTRAL: MEDICIÓN MULTIDIMENSIONAL DE LA POBREZA EN ILAPO

SOCIO-SPATIAL CONFIGURATION AND STRUCTURAL DEPRIVATIONS IN THE CENTRAL HIGHLANDS: MULTIDIMENSIONAL POVERTY MEASUREMENT IN ILAPO

Jessy Gabriela Vega Flor[1], Gerardo Mauricio Zurita Vaca[2], Daysi Graciela Astudillo Condo[3], Karina Alexandra Álvarez Basantes[4], Marlon Aurelio Calero Zúñiga[5]

{jgvega@istr.edu.ec[1], gzurita@unach.edu.ec[2], dastudillo@unach.edu.ec[3], kalvarez@unach.edu.ec[4], mcalero@unach.edu.ec[5]}

Fecha de recepción: 29/09/2026 / Fecha de aceptación: 01/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: El artículo desentraña la dinámica de las privaciones humanas concurrentes en Ilapo (cantón Guano, Chimborazo) a lo largo de 2025, tomando como andamiaje teórico el enfoque de libertades sustantivas y los compromisos constitucionales del Buen Vivir. Mediante la adaptación del instrumental de corte dual propuesto por Alkire y Foster e institucionalizado por el INEC, se ponderaron al 25% cuatro ejes analíticos: trayectoria formativa, condiciones laborales y previsión social, garantías de salud y nutrición, y habitabilidad del entorno doméstico. La pesquisa procesó datos de 205 unidades domésticas extraídas mediante muestreo probabilístico de un padrón de 423 hogares, complementando la batería de 12 variables dicotómicas con notas etnográficas de campo. El recuento de incidencia afectó al 57,07% del universo muestral, con una intensidad promedio del 45,39%, determinando una tasa ajustada M_0 de 0,259. En el estrato de pobreza moderada se ubicó el 40,00% de la población (M_0 = 0,160; intensidad = 39,94%), mientras que la privación extrema alcanzó al 17,07% de las familias (M_0 = 0,099; intensidad = 58,15%). Los nudos críticos más pronunciados obedecen a la exclusión del sistema contributivo de pensiones (78,54%), la desatención municipal en el retiro de desechos (68,29%), la escolaridad trunca en generaciones adultas (55,61%) y las modalidades de trabajo no formalizado (40,98%). Se concluye que la precariedad campesina en Ilapo obedece primordialmente a fallas crónicas en bienes públicos y mercados laborales desarticulados, lo cual demanda soluciones de orden comunal y productivo solidario.

[1]Instituto Superior Tecnológico Riobamba, Ecuador-Riobamba, https://orcid.org/0000-0003-2497-5534
[2]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador-Riobamba, https://orcid.org/0009-0001-3436-1707
[3]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador-Riobamba, https://orcid.org/0000-0002-6608-9269
[4]Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-6529-8432
[5]Universidad Nacional de Chimborazo, https://orcid.org/0000-0002-0447-1868

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

Palabras clave: Pobreza multidimensional; Índice Alkire-Foster; Entorno andino; Capacidades sustantivas; Exclusión institucional; Precariedad rural

ABSTRACT: This paper investigates the spatial and institutional configuration of overlapping human deprivations in Ilapo (Guano canton, Chimborazo) during 2025, grounded in the substantive freedoms framework and Ecuador's constitutional Good Living mandates. Implementing the dual cut-off algorithm developed by Alkire and Foster as adapted by the national statistical bureau (INEC), four dimensions were equally weighted at 25%: educational path, labor engagement and social protection, health and nutritional security, and residential habitat conditions. Microdata from 205 domestic units selected via stratified probability sampling out of 423 registered families were processed through 12 binary variables alongside qualitative field observations. Headcount poverty incidence accounted for 57.07% of the cohort, facing an average deprivation share of 45.39%, leading to an adjusted headcount ratio M_0 of 0.259. Stratified estimates located 40.00% under moderate deprivation (M_0 = 0.160; intensity = 39.94%), while severe poverty enveloped 17.07% of homes (M_0 = 0.099; intensity = 58.15%). The most pressing bottlenecks stemmed from non-affiliation to social security funds (78.54%), absent public waste collection (68.29%), incomplete mandatory schooling among household heads (55.61%), and precarious informal occupations (40.98%). Findings demonstrate that rural vulnerability in Ilapo reflects deep institutional deficits and fragmented labor dynamics, demanding territorial policy redesign and community-based solidarity enterprise initiatives.

Keywords: Multidimensional poverty; Alkire-Foster metric; Andean highlands; Substantive capabilities; Institutional gaps; Rural vulnerability

INTRODUCCIÓN

El debate contemporáneo sobre la privación humana ha transitado de las métricas dinerarias tradicionales hacia lecturas integrales que incorporan las múltiples aristas del bienestar social. Durante décadas predominó el criterio monetario que delimitaba la condición de pobreza a partir de la capacidad de compra individual respecto a un umbral calórico indispensable. No obstante, las ciencias sociales contemporáneas han demostrado que tal aproximación invisibiliza las relaciones de poder asimétricas y la denegación continua de derechos universales (1,2). Ya en el pensamiento fundacional de Smith, Malthus y Marx se advertía con perspicacia que el empobrecimiento colectivo guarda relación íntima con los modos de distribución social del excedente y la degradación de la fuerza laboral, subrayando la imposibilidad de que una sociedad florezca cuando las mayorías sobreviven en condiciones de extrema indigencia material (3).

La ruptura conceptual definitiva provino del enfoque de las capacidades formulado por Sen, el cual sitúa el núcleo del desarrollo humano en la expansión de las libertades reales que disponen las personas para llevar la vida que valoran, desplazando el foco exclusivo puesto en el Producto Interno Bruto o la mera acumulación mercantil (4,5).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

Nussbaum enriqueció esta postura al fijar un listado de capacidades funcionales esenciales como exigencia ineludible de justicia distributiva (6). En concordancia, los esquemas de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), fuertemente tributarios de las jerarquías motivacionales esbozadas por Maslow, evidenciaron que la carencia de albergue digno, salubridad y adecuada alimentación desarticula la trayectoria vital de los individuos y cancela sus opciones de progreso socioeconómico (7,8).

En el terreno metodológico, la propuesta de corte dual sistematizada por Alkire y Foster resolvió el desafío de calcular simultáneamente el número de personas postergadas y la densidad acumulativa de sus carencias concurrentes (9,10). La dispersión geográfica de estos índices a nivel latinoamericano ha develado contrastes territoriales dramáticos, mostrando que las comarcas rurales soportan una acumulación de carencias ostensiblemente superior a la de las grandes urbes en países como Colombia, Chile, México y Perú (11-16).

Para el caso del Ecuador, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) adoptó en 2015 la medición oficial del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), estructurado bajo el horizonte constitucional del Buen Vivir mediante doce indicadores balanceados en cuatro esferas: educación; empleo y seguridad social; salud, agua y alimentación; y finalmente, hábitat, vivienda y ambiente adecuado (17,18). Pese a sucesivas oleadas de programas de asistencia, la fractura campo-ciudad persiste como una constante histórica. Los boletines nacionales del INEC entre 2023 y 2024 señalan que la pobreza multidimensional rural oscila entre el 38,4% y el 42,6%, mientras que en las ciudades se mantiene entre el 9,9% y el 11,5% (19). Como constatan investigaciones en la serranía ecuatoriana, dicho desbalance obedece a la fragmentación del minifundio, la debilidad organizativa y la insuficiente inversión en infraestructura pública comunal (20,21).

En este marco territorial, la parroquia rural Ilapo, enclavada en el cantón Guano (Chimborazo), reúne atributos prototípicos de la vulnerabilidad agraria andina: economías familiares de subsistencia, comercialización precaria y marcada desatención en servicios estatales básicos. Frente a la inexistencia de valoraciones econométricas formales a nivel parroquial, este artículo persigue cuantificar la magnitud e intensidad de la pobreza multidimensional en Ilapo aplicando el protocolo Alkire-Foster, descomponiendo sus indicadores específicos para generar insumos robustos orientados a la formulación de políticas territoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Perspectiva metodológica y diseño: Se diseñó una investigación aplicada de alcance transversal, correlacional y descriptivo, desplegando una matriz predominantemente cuantitativa combinada con levantamiento cualitativo en territorio a lo largo de 2025 en la parroquia Ilapo.

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70
DOI: https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

Población objeto y selección muestral: Se consideró como unidad de muestreo al hogar particular. Sobre un universo empírico de N = 423 familias censadas en la parroquia, se fijó el tamaño muestral bajo el modelo de variabilidad máxima para poblaciones finitas:

$$n = (N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q) / (e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q)$$

Asumiendo Z = 1,96 (95% de confianza), p = q = 0,50 y un error admisible e = 4,95%, la muestra óptima se estableció en n = 205 hogares, distribuidos de manera probabilística y estratificada por sectores para evitar sesgos territoriales.

Matriz dimensional y ponderación: La información primaria se recabó mediante entrevistas cara a cara con las jefaturas de hogar. Se evaluaron 12 indicadores binarios distribuidos uniformemente en 4 dimensiones ponderadas al 25% cada una, conforme a la calibración oficial del INEC (Tabla 1).

Tabla 1. Sistema de dimensiones, pesos e indicadores aplicados en la medición de Ilapo

Dimensión (25%)	Ponderación	Indicador Operacional	Grupo Poblacional
Educación	8,33%	1. Inasistencia formal a básica y	5 a 17 años
	8,33%	bachillerato	18 a 29 años
	8,34%	2. Barrera económica para ingresar a	18 a 64 años
		educación superior	
		3. Escolaridad trunca en población	
		adulta	
Trabajo y Seg. Social	8,33%	4. Trabajo infantil o adolescente no	5 a 17 años
	8,33%	regulado	18 años y más
	8,34%	5. Desempleo abierto o subempleo	15 años y más
		precario	
		6. No aportación al seguro de	
		pensiones	
Salud y Nutrición	12,50%	7. Indigencia o extrema pobreza	Total del hogar
	12,50%	monetaria	Total del hogar
		8. Sin acceso a agua potable por red	
		domiciliaria	
Hábitat y Ambiente	6,25%	9. Hacinamiento habitacional crítico	Total del hogar
	6,25%	(> 3 pers/dorm.)	Total del hogar
	6,25%	10. Deterioro físico de paredes, pisos	Total del hogar
	6,25%	o cubiertas	Total del hogar
		11. Desalojo inadecuado de aguas	
		residuales y excretas	
		12. Inexistencia de recolección	
		municipal de desechos	

Fuente: Construcción metodológica adaptada de Castillo y Jácome (INEC, 2015).

Cálculo econométrico Alkire-Foster: A partir de la matriz de privaciones normalizada donde cada hogar recibe una calificación c_i según los pesos w_j, se establecieron dos umbrales de identificación: k = 33,33% para pobreza multidimensional global y k = 50,00% para pobreza extrema. Se determinó la incidencia (H = q / n), la intensidad de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

las carencias ($A = \sum c_i(k) / q$) y el índice ajustado final ($M_o = H \cdot A$). La depuración estadística se realizó con el paquete IBM SPSS Statistics 26.

RESULTADOS

El análisis empírico sobre los 205 hogares encuestados permitió desglosar la intensidad y estructura de las privaciones en la parroquia Ilapo.

Distribución de privaciones por eje analítico: El examen individual de los indicadores (Tabla 2) muestra desbalances territoriales muy marcados:

En Educación, la inasistencia infantil fue muy baja (5,37%; n = 11), lo que habla favorablemente de la escolarización básica. Sin embargo, el 55,61% (n = 114) de los adultos presenta escolaridad inconclusa, y el 15,12% (n = 31) de los jóvenes vio truncado su paso a la educación superior por insolvencia económica.

En Trabajo y Previsión Social, los indicadores resultaron sumamente alarmantes: el 78,54% (n = 161) carece por completo de cobertura previsional jubilatoria o médica contributiva, mientras que el subempleo o empleo precario incide en el 40,98% (n = 84) de los casos. El trabajo infantil no autorizado se situó en 4,39% (n = 9).

En Salud, Agua y Nutrición, la extrema pobreza por ingresos per cápita golpea al 31,71% (n = 65) de los hogares. Asimismo, el 18,05% (n = 37) carece de agua potable suministrada por red pública domiciliaria, dependiendo de acequias y tomas rústicas.

En Hábitat y Entorno, la mayor brecha obedece a la ausencia de recolección de basura, que alcanza al 68,29% (n = 140) de los hogares, obligando a quemar residuos o arrojarlos en quebradas. Además, el 24,39% (n = 50) exhibe déficit material en techos y paredes, un 18,54% (n = 38) tiene saneamiento deficiente y un 4,39% (n = 9) padece hacinamiento extremo.

Tabla 2. Tasa de afectación por indicador en las familias de Ilapo (N = 205)

Área de Análisis	Indicador Específico	Frecuencia (n)	Porcentaje
Educación	Inasistencia a primaria y secundaria	11	5,37%
Educación	Falta de acceso a universidad por economía	31	15,12%
Educación	Escolaridad básica incompleta en adultos	114	55,61%
Trabajo y Seg. Social	Mano de obra infantil no permitida	9	4,39%
Trabajo y Seg. Social	Ocupación precaria o subempleo	84	40,98%
Trabajo y Seg. Social	Desafiliación total del sistema de pensiones	161	78,54%

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70
DOI: https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

Salud y Alimentos	Indigencia monetaria según línea de corte	65	31,71%
Salud y Alimentos	Inexistencia de red pública de agua intradomiciliaria	37	18,05%
Hábitat y Entorno	Hacinamiento grave (> 3 convivientes/habitación)	9	4,39%
Hábitat y Entorno	Vivienda con fallas estructurales de construcción	50	24,39%
Hábitat y Entorno	Sistema inadecuado de letrinas o pozos ciegos	38	18,54%
Hábitat y Entorno	Carencia del servicio municipal de recolección	140	68,29%

Fuente: Relevamiento empírico directo en Ilapo (2025).

Estimación del Índice de Pobreza Multidimensional: Al computar el corte dual (Tabla 3), la tasa de incidencia global abarcó al 57,07% de los hogares de Ilapo. Quienes sufren esta condición experimentan, en promedio, una intensidad de privación del 45,39%, lo cual arroja un índice ajustado M_0 de 0,259. Al desglosar por gravedad, el 40,00% de los hogares vive en pobreza moderada (M_0 = 0,160; intensidad = 39,94%), mientras que un 17,07% se encuentra en pobreza extrema (M_0 = 0,099; intensidad = 58,15%), acumulando simultáneamente más de la mitad de las privaciones evaluadas.

Tabla 3. Mediciones agregadas del modelo Alkire-Foster en Ilapo

Categoría y Umbral de Corte	**Incidencia (H)**	**Intensidad (A)**	**Índice Ajustado (M_0)**
Pobreza Multidimensional Moderada (33,3% ≤ k < 50,0%)	40,00%	39,94%	0,160
Pobreza Multidimensional Severa o Extrema (k ≥ 50,0%)	17,07%	58,15%	0,099
Total Pobreza Multidimensional General (k ≥ 33,3%)	**57,07%**	**45,39%**	**0,259**

Fuente: Estimaciones a partir del algoritmo Alkire-Foster.

Manifestaciones contextuales y testimoniales: El trabajo de campo corroboró el hondo impacto humano de estos guarismos. La falta de recolección de basura es vivida con desánimo colectivo, percibida como una muestra del abandono cantonal que arruina el entorno paisajístico y desalienta iniciativas agroecológicas. En el ámbito laboral, los productores rurales subrayaron que el precio fluctuante de la papa y el maíz apenas solventa el sustento cotidiano e insumos básicos, haciendo prohibitivo costear aportaciones al seguro social. Además, se constató una palpable brecha de género: las

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

mujeres rurales realizan jornadas de cuidado, pastoreo y agricultura de hasta doce horas diarias sin remuneración propia ni amparo jubilatorio.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de Ilapo retratan fielmente la complejidad de la exclusión en la serranía centro-andina ecuatoriana. El IPM encontrado (0,259) se sitúa por encima del promedio nacional que reporta el INEC (19) (0,213), pero por debajo de la media rural agregada del país (0,426). Esta condición intermedia se explica por la proximidad vial hacia las urbes de Guano y Riobamba, lo cual facilita dinámicas de intercambio comercial pero no compensa el abandono en obras de saneamiento básico ni formaliza las fuentes de empleo.

En sintonía con las advertencias de Rosero (22) y García (23), la acumulación de carencias en el campo está condicionada por la contracción fiscal y el repliegue de la inversión social poscrisis. El dato de que casi el 80% de los trabajadores carezca de previsión social convalida lo señalado por Cornejo et al. (24) y Mazaira et al. (3), quienes exponen que la economía familiar campesina sobrevive al margen del sistema formal, transfiriendo el peso de la invalidez y la vejez a los frágiles lazos solidarios comunales.

A la luz de los enfoques de Sen (4) y Nussbaum (6), los resultados ponen en evidencia un 'fallo de conversión' estructural: si bien los niños asisten a la escuela, el analfabetismo funcional o rezago educativo de los padres (55,61%) perpetúa una baja productividad familiar. Tal como señalan las investigaciones de Bravo Ávalos y colaboradores (25-28), la superación duradera de la vulnerabilidad socioeconómica en Chimborazo no se alcanza mediante subsidios monetarios pasivos, sino a través del fomento a las cooperativas de ahorro y crédito territoriales, la inversión productiva comunitaria y el fortalecimiento de la economía popular y solidaria.

Metodológicamente, aun cuando el modelo Alkire-Foster suele ser objeto de debate respecto a la fijación de los puntos de corte (15,29,30), su principal virtud radica en su potencial de descomposición. En Ilapo, este modelo ha permitido comprobar que la vulnerabilidad no emana prioritariamente de la insuficiencia monetaria (31,71%), sino de las fallas institucionales en dotación de bienes públicos esenciales como el aseo cantonal (68,29%) y la seguridad social (78,54%).

CONCLUSIONES

Se determinó que la pobreza multidimensional en la parroquia rural Ilapo compromete al 57,07% de las unidades domésticas, con una severidad media de carencias del 45,39% y un IPM ajustado de 0,259. Asimismo, un 17,07% de los hogares se encuentra en privación extrema (M_0 = 0,099), soportando de manera simultánea cerca del 60% de los rezagos evaluados, lo cual confirma la existencia de una grieta social profunda en más de la mitad del territorio.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

La descomposición analítica demostró que los factores determinantes de mayor peso no son estrictamente de liquidez dineraria, sino de provisión pública y exclusión formal: la falta de cobertura de seguridad social contributiva (78,54%), la desatención del servicio municipal de basura (68,29%) y el logro educativo incompleto en los adultos (55,61%).

Las acciones gubernamentales deben trascender las transferencias condicionadas coyunturales y concentrarse en el cierre urgente de brechas en infraestructura ambiental y de saneamiento, la incorporación del campesinado a sistemas asociativos de seguridad social y el estímulo a la comercialización agropecuaria dentro de los circuitos de la economía popular y solidaria.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a las familias y autoridades de la parroquia Ilapo por su apertura durante las visitas de campo, así como a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por facilitar el soporte metodológico y logístico. Se declara la ausencia total de conflictos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Minujín A, Grondona A. Pobreza, necesidades y derechos: Definiciones en disputa. Rev Voces en el Fénix. 2013;4(22):14-23.
2. Contreras M, Tituaña M. Más allá de la pobreza. Propuesta de políticas públicas para mejorar el bienestar poblacional. Kairós Rev Ciencias Econ Jurídicas Adm. 2023;6(11):45-62.
3. Mazaira Z, Alonso I, Vargas A, Barreto W. Estudio Multidimensional de la Pobreza en las Familias del Sector de Monte Sinaí-Guayaquil. Rev Espacios. 2021;42(10):103-120. doi: 10.48082/espacios-a21v42n10p07.
4. Sen A. Development as Freedom. New York: Alfred A. Knopf; 1999.
5. Urquijo MJ. La teoría de las capacidades en Amartya Sen. Edetania Estud Propuestas Socioeducativas. 2014;46:63-80.
6. Nussbaum MC. Creating Capabilities: The Human Development Approach. Cambridge: Harvard University Press; 2011.
7. Maslow AH. A theory of human motivation. Psychol Rev. 1943;50(4):370-396.
8. Quintero J. Teoría de las necesidades de Maslow. Rev Educ Humanismo. 2011;13(21):54-68.
9. Alkire S, Foster J. Counting and multidimensional poverty measurement. J Public Econ. 2011;95(7-8):476-487. doi: 10.1016/j.jpubeco.2010.11.006.
10. Alkire S, Santos ME. Measuring Acute Poverty in the Developing World: Robustness and Scope of the Multidimensional Poverty Index. World Dev. 2014;59:251-274. doi: 10.1016/j.worlddev.2014.01.026.

11. Angulo RC, Díaz BY, Pardo RP. Índice de Pobreza Multidimensional para Colombia. Archivos de Economía. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación; 2011. Report No.: 382.
12. Laverde H, Gómez J. Medición de la pobreza multidimensional en América Latina a través de modelos estructurales. Cooperativismo Desarro. 2015;23(106):89-110. doi: 10.16925/co.v23i106.1130.
13. Bremer N, Carpio C, Cisternas N. Diseño de un Índice de Pobreza Multidimensional de los Adultos Mayores en Chile Basado en el Método de Alkire y Foster. Buenos Aires: Asociación Argentina de Economía Política; 2019.
14. Huarancca M, Castillo L. Índice de Pobreza Multidimensional en el Perú: evolución y disparidades regionales. Lima: Banco Central de Reserva del Perú; 2021. Documento de Trabajo No. 2021-006.
15. Sáenz H, Gutiérrez L, Minor E. Análisis cualitativo de la medición multidimensional de la pobreza en México. Econ Informa. 2015;395:22-34. doi: 10.1016/j.ecin.2015.10.003.
16. Obaco P, Padilla J, Banegas K, Campuzano J. Lecciones sobre pobreza multidimensional para Colombia y Ecuador. Rev Espacios. 2019;40(16):26-38.
17. Castillo R, Jácome F. Medición de la Pobreza Multidimensional en Ecuador. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC); 2015. Metodología Oficial.
18. Orellana R, Mosquera J. Análisis de la pobreza multidimensional por áreas de desarrollo social en la ciudad de Guayaquil, censo 2010. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2018.
19. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Boletín Técnico N° 02-2025-ENEMDU: Pobreza y desigualdad. Quito: INEC; 2024.
20. Tapia K. Pobreza multidimensional en el Ecuador: cálculo del Índice de Pobreza Multidimensional desde el enfoque de capabilities y género de Martha Nussbaum (Tesis de Maestría). Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO Ecuador); 2023.
21. Pomati M, Nandy S, Jose S, Reddy B. Multidimensional Adult and Child Poverty in India: Establishing Consensus About Socially Perceived Necessities for a New Measure of Poverty. Indian J Hum Dev. 2024;18(2):159-176. doi: 10.1177/09737030241274084.
22. Rosero S. La Pobreza Multidimensional en Ecuador del 2017 al 2023: Su Dinámica y el Impacto del COVID-19 (Tesis de Posgrado). Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya; 2024.
23. García D. La pobreza multidimensional en Ecuador: ponderación de dimensiones. Rev Cienc Soc. 2018;24(3):45-59.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 61-70

DOI:
https://doi.org/10.56519/nk8gx467
Noviembre 2026

24. Cornejo A, Zambrano J, Zorrilla O. Determinants of poverty in Ecuador: a territorial and socioeconomic approach. Rev Cient Arbitr Multidiscip PENTACIENCIAS. 2024;6(7):112-128.
25. Bravo Ávalos MB, Bravo Ávalos AM, Ruiz Gómez SM, Sánchez Pacheco ME. Análisis de la sostenibilidad financiera y el impacto social de las cooperativas de ahorro y crédito en el centro del Ecuador. Rev Dilemas Contemp Educ Política Valores. 2020;8(Edición Especial):1-18.
26. Bravo Ávalos MB, Rivera Parra RM, Vizuete Ramos MD. La economía popular y solidaria como motor de desarrollo territorial y reducción de vulnerabilidades socioeconómicas. Kairós Rev Ciencias Econ Jurídicas Adm. 2022;5(9):88-106.
27. Bravo Ávalos MB, Arboleda Álvarez LF, Vallejo Peñaherrera PA. Gestión de políticas públicas e inclusión productiva en sectores rurales andinos de la provincia de Chimborazo. Rev RECIENA. 2023;6(2):34-52.
28. Bravo Ávalos MB, Bravo Ávalos AM, Caiza Quishpe GA. Brechas estructurales de bienestar y retos de la diversificación económica en comunidades agrarias del Ecuador. Ecuacientífica Rev Investig Multidiscip. 2024;11(1):15-32.
29. Ravallion M. On Multidimensional Indices of Poverty. J Econ Inequal. 2011;9(2):235-248. doi: 10.1007/s10888-011-9173-4.
30. Burgos S, Cando F. Pobreza multidimensional: índice de Alkire y Foster para Ecuador. Rev Econ. 2016;41(42):10-52.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS PARA UN MODELO DE GESTIÓN DE LA ADOPCIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN 4.0

EPISTEMOLOGICAL FOUNDATIONS FOR A MANAGEMENT MODEL OF TECHNOLOGICAL ADOPTION IN CONSTRUCTION 4.0

David Alexander Calderón Arregui[1], Pedro José Sánchez Caimán[2], Jaime Tinto Arandes[3]

{dacalderon07@gmail.com[1], pedro.sanchez@unimilitar.edu.co[2], doctinto@gmail.com[3]}

Fecha de recepción: 12/10/2026 / Fecha de aceptación: 03/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: La adopción tecnológica en la Construcción 4.0 enfrenta desafíos que superan lo técnico y alcanzan dimensiones epistemológicas que condicionan la producción, la validación y el uso del conocimiento digital. El propósito del estudio fue desarrollar un marco epistemológico conceptual que fundamente un modelo de gestión para la adopción tecnológica en el sector. Se empleó un enfoque cualitativo, documental e interpretativo, basado en una revisión narrativa y selectiva de obras de filosofía de la ciencia y de literatura reciente sobre tecnologías de Construcción 4.0, con agrupación temática de unidades de significado y comparación conceptual entre tradiciones; el corpus no se construyó mediante una búsqueda sistemática. Como resultado, se proponen seis categorías epistémicas derivadas del análisis conceptual: validez y trazabilidad epistémica, coherencia ontológica y consistencia digital, complejidad y multicausalidad, pluralidad metodológica y dinamismo heurístico, justicia cognitiva y responsabilidad epistémica, y agencia cognitiva y capacidad interpretativa, que ofrecen una lectura interpretativa de tecnologías como BIM, IoT, inteligencia artificial, macrodatos, gemelos digitales y automatización, sin demostrar un efecto sobre la adopción. A partir de ellas se plantea el Modelo Epistemológico de Gestión para la Adopción Tecnológica, de carácter conceptual, que articula niveles epistemológicos, tecnológicos y organizacionales y ofrece una guía no validada empíricamente para orientar decisiones en entornos digitalizados. Se formulan indicadores preliminares, sin escala ni umbral de medición, y seis proposiciones hipotéticas, sin variables moderadoras definidas, ilustrados con un diagnóstico previo de una empresa constructora. Se reconocen como limitaciones el carácter selectivo del corpus, el peso de la interpretación de los autores, la ausencia de segundo codificador y de validación por expertos, y la falta de validación en organizaciones

[1]Universidad Nacional de Cuyo (Mendoza, Argentina), https://orcid.org/0000-0002-0332-3601, +593 998797705
[2]Universidad Militar Nueva Granada (Bogotá, Colombia), https://orcid.org/0000-0001-5719-7164, +57 3017878675
[3]Universidad Católica de Cuenca, Cuenca – Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-8507-6837, +593 968940232

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

reales, y se recomiendan estudios empíricos sobre la relación entre justicia cognitiva, gobernanza del dato y agencia profesional en la Construcción 4.0.

Palabras clave: Epistemología; Construcción 4.0; Adopción tecnológica; Inteligencia artificial; Complejidad; Modelos de gestión

ABSTRACT: Technological adoption in Construction 4.0 faces challenges that extend beyond technical considerations and reach epistemological dimensions that shape the production, validation, and use of digital knowledge. The purpose of the study was to develop a conceptual epistemological framework that supports a management model for technological adoption in the sector. A qualitative, documentary, and interpretive approach was employed, based on a narrative and selective review of philosophy-of-science works and recent literature on Construction 4.0 technologies, with thematic grouping of units of meaning and conceptual comparison across traditions; the corpus was not built through a systematic search. As a result, six epistemic categories derived from conceptual analysis are proposed: epistemic validity and traceability, ontological coherence and digital consistency, complexity and multicausality, methodological plurality and heuristic dynamism, cognitive justice and epistemic responsibility, and cognitive agency and interpretive capacity. These categories offer an interpretive reading of technologies such as BIM, IoT, artificial intelligence, big data, digital twins, and automation, without demonstrating an effect on adoption. Based on them, a conceptual Epistemological Management Model for Technological Adoption is put forward, integrating epistemological, technological, and organizational levels and offering a guide, not empirically validated, for decision-making in digitalized environments. Preliminary indicators, with no measurement scale or threshold, and six hypothetical propositions, with no defined moderating variables, are formulated and illustrated with a prior diagnosis of a construction company. The study acknowledges the selective nature of the corpus, the weight of the authors' interpretation, the absence of a second coder and of expert validation, and the lack of validation in real organizations, and recommends empirical research on the relationship among cognitive justice, data governance, and professional agency in Construction 4.0.

Keywords: Epistemology; Construction 4.0; Technological adoption; Artificial intelligence; Complexity; Management models

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la construcción ha incorporado de forma acelerada tecnologías digitales como BIM, Internet de las Cosas (IoT), macrodatos, inteligencia artificial, aprendizaje automático, gemelos digitales, realidad aumentada y sistemas automatizados, lo que da forma a la Construcción 4.0. Este ecosistema modifica los procesos productivos y cambia la manera en que la ingeniería genera, valida y utiliza el conocimiento. Por eso, los criterios con que se decide adoptar una tecnología requieren examinar las fuentes, los métodos y las condiciones de legitimidad del conocimiento que respalda esas decisiones. Aquí, conocimiento técnico designa las afirmaciones, los

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

modelos, los datos y los criterios de decisión que los profesionales usan para diseñar, coordinar, ejecutar y controlar un proyecto, y cuya validez puede justificarse con evidencia, procedimientos documentados o contraste con el sistema físico.

La literatura sobre digitalización crece de forma sostenida y ha producido numerosas revisiones sistemáticas y estudios bibliométricos, pero los fundamentos epistémicos de la adopción tecnológica siguen poco explicados. Los trabajos recientes destacan la gestión del cambio, la cultura organizacional y la madurez digital (1); en la literatura consultada, rara vez abordan cómo se valida el conocimiento cuando intervienen datos masivos, algoritmos autónomos y modelos colaborativos. La investigación parece centrarse en variables operativas y dejar de lado la estructura epistémica que condiciona la confiabilidad, la validez y la aplicabilidad de la información digital y podría limitar la capacidad de los profesionales para evaluar las tecnologías emergentes. Las barreras organizacionales y de competencias siguen pesando en la adopción (2,3).

Otras disciplinas explican parte de esta brecha. Los modelos clásicos de aceptación y adopción describen la intención de uso y las condiciones del contexto; la sociología de la tecnología y la economía de la innovación estudian la difusión y los costos; la gestión del conocimiento analiza cómo se crean y se transfieren los saberes. Ninguna toma como objeto central por qué un modelo, un dato o una predicción merecen confianza como base de una decisión de ingeniería. Esa es la pregunta propia de la epistemología, y por ello se la elige como marco.

La ingeniería se ha formado bajo corrientes filosóficas como el racionalismo y el empirismo. Descartes (4) sostiene que el conocimiento debe apoyarse en principios claros y evidentes, deducidos por la razón; Bacon (5) y Hume (6) ubican en la experiencia el fundamento del saber. Estos enfoques guiaron la ingeniería clásica, pero los sistemas inteligentes complican la relación entre teoría, evidencia y práctica técnica, pues las decisiones se apoyan ahora en modelos algorítmicos, simulaciones que anticipan resultados y datos que llegan sin interrupción.

Desde la epistemología contemporánea hay herramientas útiles para este análisis. Popper (7) plantea que las hipótesis y los modelos computacionales deben exponerse a pruebas críticas. Kuhn (8) permite pensar la digitalización como un relevo de normas y expectativas en la práctica técnica, y Lakatos (9) describe programas de investigación cuyos núcleos teóricos se protegen y se reformulan con el tiempo. Feyerabend (10) defiende un pluralismo metodológico que da cabida a la flexibilidad en contextos innovadores; Morin (11) propone una mirada recursiva y sistémica de los fenómenos digitales; y Bunge (12) aporta un materialismo sistémico con criterios de rigor ontológico y coherencia conceptual, aplicables a tecnologías basadas en modelos matemáticos y sistemas ciberfísicos.

Las epistemologías del Sur señalan que la producción de conocimiento arrastra desigualdades, exclusiones y epistemicidio (13), de modo que la justicia cognitiva pasa a ser parte de la adopción tecnológica. La epistemología feminista aporta el conocimiento situado y la crítica de los sesgos algorítmicos (14,15), y la epistemología de las virtudes destaca la honestidad intelectual, la responsabilidad y la apertura en los

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

procesos de innovación (16,17). Las perspectivas de cognición encarnada y de neurociencia cognitiva describen la cognición humana como un proceso encarnado y dinámico, útil para analizar cómo los profesionales interpretan modelos digitales complejos (18,19).

El análisis se ubica en el contexto latinoamericano, y en particular en el ecuatoriano, donde se desarrolló el diagnóstico previo de los autores (apartado Resultados). El sector de la construcción de ese país se caracteriza por el predominio de pequeñas y medianas empresas, informalidad laboral y de procesos, una contratación pública que condiciona los plazos y los requisitos de las obras, y una adopción de BIM todavía incipiente y desigual entre organizaciones. En ese contexto importa saber quién accede a los datos, quién comprende los modelos y quién decide su uso, preguntas que las epistemologías del Sur permiten plantear.

Desde estas perspectivas, vincular la epistemología con la Construcción 4.0 resulta pertinente porque BIM, IoT, macrodatos, inteligencia artificial, aprendizaje automático, realidad aumentada y gemelos digitales cambian cómo se diseñan, coordinan y gestionan los proyectos. Operan con datos masivos, procesos automatizados y simulaciones que los métodos tradicionales de evaluación técnica no alcanzan a verificar, y exigen criterios nuevos de validez, confiabilidad y pertinencia epistémica. Hace falta, por tanto, un marco que tome en cuenta la complejidad digital, la incertidumbre, la pluralidad de perspectivas y la relación entre personas y algoritmos.

Este artículo parte de un problema: la literatura consultada no ofrece un marco epistemológico explícito para orientar la adopción tecnológica en la Construcción 4.0. Los estudios sobre transformación digital se centran en variables operativas y organizacionales, y casi no analizan cómo se produce, se valida y se legitima el conocimiento técnico cuando el entorno está muy digitalizado.

Su objetivo general es construir un marco epistemológico conceptual que sirva de base a un modelo de gestión de la adopción tecnológica en la Construcción 4.0, articulando categorías filosóficas del conocimiento, tecnologías digitales avanzadas y dimensiones organizacionales. El estudio busca responder tres preguntas: cómo se produce y se valida el conocimiento técnico en entornos digitales complejos, qué tensiones epistemológicas surgen al adoptar tecnología, y qué fundamentos epistémicos pueden guiar un modelo de gestión que descanse en criterios científicos, cognitivos y éticos. Las respuestas se dan en las conclusiones. El modelo no se evalúa empíricamente.

El estudio propone un modelo epistemológico integrador, de carácter conceptual, que articula las categorías derivadas del análisis, el ecosistema tecnológico de la Construcción 4.0 y las dimensiones organizacionales afectadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio parte de un paradigma epistemológico crítico, interpretativo y sistémico, porque la adopción tecnológica en la Construcción 4.0 abarca, además de lo técnico, dimensiones ontológicas, cognitivas, éticas y sociohistóricas. Del materialismo sistémico

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

y el realismo científico (7,12) se toma la idea de que los objetos de estudio son sistemas estructurados, explicables con teorías sujetas a contrastación. El pensamiento complejo (11) contribuye con los niveles de organización, la retroalimentación y la incertidumbre. La noción de programa de investigación (9) ayuda a ver cómo los núcleos teóricos de la ingeniería se mantienen y se reformulan, y las epistemologías del Sur (13) y feministas (14) ponen en cuestión el poder y las exclusiones cognitivas. Cada posición cumple una función distinta como lente analítico y ninguna se asume como doctrina única; las tensiones entre ellas se tratan en el apartado «Alcance de los resultados y compatibilidad entre tradiciones».

La investigación es aplicada por su intención, teórico-analítica, cualitativa, documental, hermenéutica y crítica. Es aplicada porque busca contribuir a formular un modelo de gestión, aunque no evalúa su impacto; teórico-analítica porque construye y articula conceptos y categorías en lugar de producir datos cuantificables; y documental porque trabaja con libros, artículos y documentos técnicos mediante análisis de contenido y hermenéutica crítica (20,21). No usa técnicas cuantitativas ni análisis estadísticos, ya que busca construir un marco y no medir la adopción. El enfoque crítico cuestiona los supuestos de la ingeniería tradicional y las tensiones de poder en la digitalización del sector (7,14).

El diseño fue una revisión narrativa y selectiva con comparación epistemológica, no una revisión sistemática. Se leyó la literatura filosófica sobre racionalismo, empirismo, falsacionismo, paradigmas, programas de investigación, anarquismo epistemológico, pensamiento complejo, materialismo sistémico, epistemologías del Sur y feminista, cognición encarnada, epistemología de las virtudes y filosofía de la información, y la literatura sobre Construcción 4.0, BIM, IoT, macrodatos, inteligencia artificial, gemelos digitales, automatización y gestión del cambio. El corpus es selectivo e intencional e incluye obras de Descartes (4), Bacon (5), Hume (6), Kuhn (8), Feyerabend (10), Haraway (15), Zagzebski (16), Varela et al. (18) y Floridi (22), junto con publicaciones sobre digitalización de la construcción. Se incluyeron obras fundamentales de cada tradición filosófica considerada y publicaciones de 2019 a 2026, en español o inglés, con referencia verificable, que trataran las tecnologías analizadas o la adopción tecnológica y su dimensión cognitiva u organizacional (21). Se excluyeron los documentos comerciales sin autoría identificable, los textos puramente técnicos sin relación con la adopción y las tecnologías no analizadas, como blockchain y drones. El corpus suma 66 referencias: 18 de filosofía y epistemología, 2 metodológicas, 3 sobre teorías de adopción y 43 sobre Construcción 4.0 y tecnologías asociadas. Al no aplicarse una estrategia de búsqueda sistemática (bases de datos, ecuaciones de búsqueda o diagrama de selección), el corpus no es exhaustivo ni replicable en sentido estricto.

Primero se identificaron unidades de significado ligadas a nociones como conocimiento científico, validación, complejidad, sistema, poder epistémico, justicia cognitiva, autoridad algorítmica y cognición situada; luego se agruparon por corriente teórica y se compararon. La comparación entre conceptos de tradiciones distintas se denominó triangulación conceptual, y el contraste entre posiciones filosóficas divergentes, triangulación epistemológica; ambas son contrastes entre teorías y fuentes y no

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

triangulación de datos empíricos (21). Después se relacionaron las corrientes con fenómenos de la Construcción 4.0, como el uso de BIM, la dependencia de algoritmos, la gestión de datos masivos y la cultura organizacional. Así se derivaron las categorías que fundamentan el modelo; la Tabla 1 explicita su derivación y la Figura 1 resume el flujo completo. El análisis lo realizaron los autores, sin segundo codificador ni validación por expertos. Para dar trazabilidad al proceso, el material suplementario S1 reúne una matriz elaborada a partir del análisis, con las unidades de significado y su fuente, tradición, categoría y tecnología asociadas.

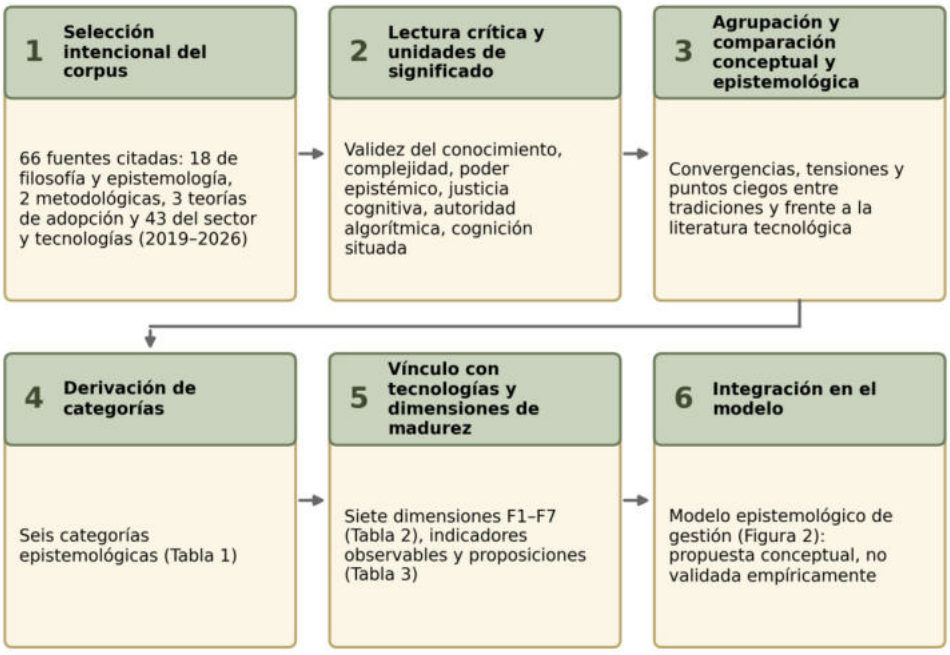


Figura 1. Ruta de derivación del marco: del corpus a las categorías, los procesos y el modelo

Fuente: elaboración propia.

La calidad se apoyó en la contrastación de fuentes, al comparar autores con posiciones divergentes (Popper y Kuhn, Bunge y Feyerabend), y en la coherencia argumental, mediante una secuencia explícita de inferencias entre corpus, categorías y modelo (Tabla 1). Como el corpus es selectivo y la interpretación corresponde a los autores, el estudio no pretende saturación ni reproducibilidad en sentido estricto. Su calidad se juzga por la explicitación del razonamiento, documentada en la Tabla 1 y en el material suplementario S1, aunque limitada por la falta de un registro de codificación independiente. Las consideraciones éticas se basaron en la responsabilidad epistémica, la integridad académica y el respeto por los derechos de autor (16,17), y se procuró explicitar los sesgos derivados de preferencias teóricas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

RESULTADOS

Panorama general de los hallazgos

El análisis tuvo cuatro pasos. En el primero, la lectura de los textos filosóficos y de los artículos sobre adopción tecnológica sacó a la luz unidades de significado como validez del conocimiento, complejidad, evidencia empírica, autoridad epistémica, cultura organizacional, madurez digital y gestión del cambio. Como esa lectura estuvo guiada por las corrientes de la introducción, las categorías resultantes provienen del marco conceptual y no de un análisis inductivo. En el segundo, las unidades se relacionaron entre sí y con la literatura reciente sobre digitalización. En el tercero, la comparación conceptual y epistemológica puso las corrientes frente a conceptos de la literatura (interoperabilidad, sostenibilidad, automatización, gemelos digitales, analítica de datos y modelos de madurez) (1,23), con el fin de reconocer convergencias, tensiones y puntos ciegos. En el cuarto, el agrupamiento dio lugar a macrocategorías, que sugieren que la adopción depende de cómo las organizaciones generan confianza en los datos, interpretan los modelos digitales, manejan la incertidumbre y negocian las relaciones de poder que traen los algoritmos y la automatización (24).

Resultados epistemológicos integrados

La comparación entre racionalismo, empirismo y falsacionismo indica que adoptar tecnología exige claridad conceptual, evidencia empírica validada con sistemas digitales y una refutación que nunca se interrumpe. BIM puede leerse como estructura racional y empírica: la literatura consultada lo asocia con interoperabilidad, sostenibilidad y gestión del ciclo de vida. IoT se vincula con aprendizaje automático, macrodatos y computación en la nube, lo que muestra el peso de la evidencia empírica en las decisiones digitales. Los modelos de inteligencia artificial y aprendizaje automático necesitan recalibrarse de forma continua para evitar sesgos y errores acumulativos (25), en línea con la exigencia popperiana de ciclos permanentes de crítica y mejora (7).

Las lecturas de Kuhn, Lakatos y Feyerabend se usan solo por analogía. Coexisten prácticas analógicas basadas en documentación tradicional y prácticas digitales basadas en modelos multidimensionales (8); la ingeniería conserva núcleos estables, como los principios geométricos, físicos y matemáticos, mientras BIM, los algoritmos de IA y los sistemas ciberfísicos modifican su periferia (9); y la diversidad de combinaciones tecnológicas, que deben adaptarse a cada contexto, se vincula con el principio de que no existe un método único (10). No se afirma que la Construcción 4.0 sea un paradigma o un programa de investigación en sentido estricto, ni se evalúa su carácter progresivo, ni que la heterogeneidad tecnológica equivalga a pluralidad de métodos científicos.

Desde el pensamiento complejo y el materialismo sistémico, la Construcción 4.0 es un sistema multidimensional en el que interactúan factores técnicos, sociales, cognitivos, culturales y organizacionales: IoT actúa simultáneamente en construcción, gestión energética, sostenibilidad y automatización, lo que ilustra la multidimensionalidad que describe Morin (11). Esa complejidad exige coherencia ontológica: los gemelos digitales y los modelos BIM de alta interoperabilidad solo sirven de soporte de decisión si representan fielmente los sistemas físicos, y la consistencia interdominio en BIM debe

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

mantener correspondencia con el comportamiento real de los objetos simulados (12,26).

Según las epistemologías del Sur y la feminista, la digitalización puede reproducir asimetrías cognitivas, brechas tecnológicas y exclusiones si las tecnologías no se ajustan a los contextos locales. Entre los obstáculos figuran la infraestructura deficiente, la desigual competencia digital y la dependencia tecnológica (27); además, la IA usada en construcción podría reproducir sesgos de género, de territorio o de vulnerabilidad cuando no incluye criterios de inclusión (13,14,28). La justicia cognitiva se entiende aquí en sentido ampliado, como desigualdad de acceso y de comprensión del conocimiento digital; en De Sousa Santos (13) remite sobre todo a reconocer saberes diversos. Se requieren, en consecuencia, virtudes epistémicas como la prudencia y la humildad intelectual, y un liderazgo ético al implementar.

Las perspectivas de cognición encarnada y de filosofía de la información completan el cuadro. BIM, realidad aumentada, IA y gemelos digitales demandan visualización espacial, razonamiento causal y modelación mental, y la complejidad informacional de IoT y macrodatos exige gestionar la sobrecarga de información e interpretar patrones (18). A la vez, la centralidad de plataformas y algoritmos puede generar nuevas formas de autoridad epistémica, dependencia cognitiva y opacidad si no existen trazabilidad del dato y control humano (22); la interoperabilidad se convierte así en requisito de transparencia y confiabilidad.

Articulación de los hallazgos con la Construcción 4.0

BIM e IoT. Las lecturas llevan a interpretar BIM como un sistema de producción, validación y trazabilidad del conocimiento, además de una herramienta de modelado geométrico: la literatura consultada lo asocia con interoperabilidad, ciclo de vida, prefabricación y sostenibilidad, lo que sugiere que organiza información multidimensional en estructuras ontológicamente consistentes y verificables (29-31). IoT y los sistemas ciberfísicos forman una capa empírica más intensa: la observación puntual da paso a series temporales densas que alimentan modelos de análisis y predicción, en redes que conectan dispositivos físicos, plataformas y algoritmos (24,32,33).

Inteligencia artificial, macrodatos y gemelos digitales. La IA se aplica a optimizar procesos, anticipar comportamientos y automatizar decisiones de planificación, mantenimiento y gestión de riesgos (34-36); el conocimiento que genera es en parte opaco, de modo que requiere pruebas, contrastes y recalibraciones constantes. Los gemelos digitales son réplicas virtuales dinámicas usadas para simular, hacer mantenimiento predictivo y optimizar (37-41). Su validez depende de que coincidan las propiedades del sistema físico y las del modelo digital, lo que obliga a alinear la ontología de los datos, los parámetros de simulación y las observaciones empíricas.

Automatización, cambio organizacional y madurez. La robotización avanza en la prefabricación, el montaje automatizado, la inspección remota y las tareas peligrosas, y enfrenta límites de interoperabilidad, ciberseguridad y resistencia organizacional (42-

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

44). Capacitar no basta para resolver la resistencia al cambio, las brechas de competencias y las diferencias entre grandes empresas y organizaciones pequeñas o periféricas (2,45,46): detrás hay desigualdad en el acceso al conocimiento y en la posibilidad de influir en las decisiones tecnológicas (13), y cambian las relaciones de trabajo (3). Los modelos de madurez, empleados sobre todo para medir adopción, integración y estandarización (47,48), pueden suponer además una idea de qué conocimiento es válido y qué prácticas son avanzadas (interpretación que este estudio no contrasta con un modelo concreto). Un modelo de gestión debería, entonces, incluir trazabilidad epistémica, responsabilidad y coherencia ontológica.

Riesgos epistemológicos. La ciberseguridad, la opacidad algorítmica y la dependencia de plataformas indican que las decisiones del sector están cada vez más mediadas por sistemas cuya lógica interna no siempre resulta transparente para los profesionales (22); las brechas tecnológicas entre regiones y organizaciones pueden convertirse en nuevas formas de exclusión (13). Afectan, por tanto, la agencia de quienes toman decisiones, y no admiten solo una respuesta técnica.

En conjunto, la Construcción 4.0 implica algo más que una transformación instrumental: reconfigura cómo se produce, se valida y se distribuye el conocimiento en la ingeniería.

Categorías epistemológicas derivadas

Las categorías epistemológicas son constructos analíticos derivados del análisis conceptual de las tradiciones consideradas y de la literatura tecnológica. Cada una agrupa conceptos de una o varias familias filosóficas y los vincula con tecnologías y dimensiones organizacionales (Tabla 1). Se delimitaron seis categorías macroepistémicas.

Validez y trazabilidad epistémica. Sintetiza la claridad conceptual del racionalismo, la centralidad de la experiencia del empirismo, la refutación permanente del falsacionismo y las preocupaciones de la filosofía de la información por la opacidad de la información digital (7,22). Es especialmente relevante para BIM, IA y macrodatos, cuya confiabilidad depende de la calidad de los datos, de la documentación de los procesos y del registro de las fuentes (1,25,26).

Coherencia ontológica y consistencia digital. Se nutre del materialismo sistémico y del realismo científico, que exigen que los modelos representen sistemas reales con estructuras definidas, y del pensamiento complejo, que subraya su multidimensionalidad (11,12). Adquiere especial relevancia en gemelos digitales, modelos BIM de alta interoperabilidad y plataformas de simulación, cuya utilidad se compromete cuando existen incoherencias entre bases de datos, ontologías y observaciones empíricas (41,49-51).

Complejidad y multicausalidad. Procede del pensamiento complejo y se enriquece con la cognición encarnada y el análisis de sistemas ciberfísicos (11,18). IoT, aprendizaje automático, flujos continuos de datos y automatización configuran entornos donde

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

múltiples variables se conectan en redes de alta densidad informacional; la adopción difícilmente puede explicarse mediante causalidades simples.

Pluralidad metodológica y dinamismo heurístico. Surge del diálogo entre el anarquismo epistemológico y la teoría de los programas de investigación (9,10). Automatización, impresión tridimensional, robótica de montaje, sistemas en la nube y realidad aumentada operan simultáneamente sin reducirse a un único protocolo (52-54), por lo que la innovación se apoya en la capacidad de combinar y reconfigurar métodos, tecnologías y formas de organización.

Justicia cognitiva y responsabilidad epistémica. Se construye desde las epistemologías del Sur, la epistemología feminista y la de las virtudes, que señalan que el conocimiento está atravesado por relaciones de poder y por requerimientos éticos de honestidad, responsabilidad y equidad (13,14,16). Las brechas digitales, la resistencia al cambio y las asimetrías entre grandes empresas y actores periféricos se traducen en desigualdades cognitivas en las decisiones de adopción (2,46); la digitalización puede reforzarlas o desafiarlas según cómo se diseñen el liderazgo, la capacitación y la participación.

Agencia cognitiva y capacidad interpretativa. Se fundamenta en las perspectivas de cognición encarnada, que conciben la cognición como proceso encarnado y situado, y en la filosofía de la información (18,22). Interpretar modelos digitales complejos exige visualización espacial avanzada, razonamiento causal bajo incertidumbre e identificación de patrones en grandes volúmenes de información; su ausencia constituye una barrera crítica de implementación (2,55-57).

Las seis categorías forman un sistema interrelacionado: la validez y la trazabilidad se apoyan en la coherencia ontológica; la complejidad obliga a la pluralidad metodológica, pues ningún método único basta para sistemas ciberfísicos complejos; y la justicia cognitiva carece de sentido si los actores no disponen de la agencia cognitiva necesaria para interpretar críticamente el conocimiento digital.

Tabla 1. Derivación de las categorías epistemológicas: familias filosóficas, conceptos, tecnologías, dimensiones de madurez e implicaciones de gestión

Categoría	Familias filosóficas	Concepto tomado	Tecnologías vinculadas	Dimensiones de madurez (SMCeMM)	Implicación de gestión
Validez y trazabilidad epistémica	Racionalismo, empirismo, falsacionismo, filosofía de la información (7,22)	Claridad conceptual, evidencia, refutación permanente, opacidad	BIM, IA, macrodatos	F1 Liderazgo y estrategia; F5 Gestión de datos	Gobernanza del conocimiento digital: documentación, control de datos y transparencia algorítmica
Coherencia ontológica y	Materialismo sistémico y realismo	Representación fiel de sistemas reales	Gemelos digitales, BIM	F4 Estandarización y	Evaluar la calidad de modelos y

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

consistencia digital	científico; pensamiento complejo (11,12)		interoperable, plataformas de simulación	automatización; F5 Gestión de datos	plataformas antes de usarlos en decisiones críticas
Complejidad y multicausalidad	Pensamiento complejo; cognición encarnada (11,18)	Multidimensionalidad y retroalimentación	IoT, aprendizaje automático, automatización	F2 Personas y cultura; F7 Innovación tecnológica	Estructura sistémica: dimensiones técnicas, organizacionales, cognitivas y contextuales
Pluralidad metodológica y dinamismo heurístico	Anarquismo epistemológico y programas de investigación, por analogía (9,10)	No existe un método único; núcleos y cinturones protectores	Automatización, impresión 3D, robótica de montaje, nube, realidad aumentada	F3 Colaboración y comunicación; F4 Estandarización y automatización; F7 Innovación tecnológica	Estrategias flexibles de adopción que combinan tecnologías y enfoques
Justicia cognitiva y responsabilidad epistémica	Epistemologías del Sur, feminista y de las virtudes (13,14,16)	Poder epistémico, honestidad intelectual, equidad	IA, plataformas, brechas tecnológicas	F2 Personas y cultura; F3 Colaboración y comunicación; F6 Gestión del cambio	Políticas de formación, liderazgo y participación que reduzcan brechas
Agencia cognitiva y capacidad interpretativa	Cognición encarnada y filosofía de la información (18,22)	Cognición situada; interpretación de modelos	BIM, realidad aumentada, IA, gemelos digitales	F1 Liderazgo y estrategia; F2 Personas y cultura	Reconocer el papel de quienes interpretan, cuestionan y reconfiguran el conocimiento

Fuente: elaboración propia a partir de lo expuesto en los apartados anteriores de resultados. Los vínculos son interpretaciones de los autores y no resultado de una codificación sistemática.

En el modelo de gestión, cada categoría desempeña un papel. La validez y la trazabilidad epistémica fijan criterios para gobernar el conocimiento digital (documentación, control de datos, transparencia de los algoritmos). La coherencia ontológica orienta la evaluación de modelos BIM, gemelos digitales y plataformas integradas antes de apoyarse en ellos en decisiones críticas. Con la complejidad y la multicausalidad se llega a enfoques sistémicos que reúnen lo técnico, lo organizacional, lo cognitivo y lo contextual. La pluralidad metodológica justifica estrategias de adopción flexibles, que combinan tecnologías y enfoques. La justicia cognitiva da sustento a políticas de formación, liderazgo y participación que cierren brechas, y la agencia cognitiva enlaza el

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

modelo con la madurez digital y las decisiones, porque reconoce a quienes interpretan, cuestionan y reconfiguran el conocimiento digital.

Dimensiones organizacionales asociadas a las categorías

El análisis comparado entre las categorías derivadas y el ecosistema tecnológico permitió asociar a cada categoría las siete dimensiones de madurez organizacional del marco SMCeMM (1), que la literatura sobre madurez y adopción ya considera, pero que aquí se reinterpretan desde las categorías epistémicas.

La Tabla 2 relaciona las siete dimensiones (F1 a F7) con las categorías y las tecnologías. Liderazgo y estrategia (F1) exige decisiones basadas en evidencia, con análisis, verificación, trazabilidad y falsación ante los sistemas algorítmicos (7,22). Personas y cultura (F2) articula valores, normas y disposiciones cognitivas que facilitan o dificultan la transición tecnológica (58) y requiere competencias para interpretar modelos complejos (2,18). Colaboración y comunicación (F3) depende de la interoperabilidad y de la coordinación entre actores, que la fragmentación de los datos dificulta (41), y de la participación de quienes quedan fuera de las decisiones (13). Estandarización y automatización de procesos (F4) exige que la automatización conserve la trazabilidad y no imponga un único protocolo, dadas las barreras de interoperabilidad que se observan en la prefabricación y el montaje (42,44). Gestión de datos (F5) asegura coherencia ontológica, interoperabilidad y calidad epistémica en BIM, gemelos digitales y sistemas distribuidos (26,59). Gestión del cambio (F6) requiere sensibilidad epistémica, ética del cuidado y participación deliberativa frente a desigualdades y resistencias culturales (13,14). Innovación tecnológica (F7) se apoya en la capacidad de combinar y reconfigurar tecnologías y métodos según el contexto, sin depender de una sola plataforma (10). Las siete dimensiones recogen la arquitectura completa del marco SMCeMM; la madurez digital se entiende como la capacidad integral que resulta de su conjunto y que depende además de la infraestructura informacional (11,12). Estas dimensiones materializan las categorías en dinámicas institucionales y fundamentan el modelo propuesto.

Tabla 2. Dimensiones de madurez organizacional (SMCeMM), categorías epistémicas que las sustentan y tecnologías implicadas

Dimensión de madurez (SMCeMM)	Categorías epistémicas que la sustentan	Condición que exige	Tecnologías implicadas
F1 Liderazgo y estrategia	Validez y trazabilidad epistémica; agencia cognitiva	Decisiones basadas en evidencia; análisis, verificación, trazabilidad y falsación ante sistemas algorítmicos	IA, macrodatos
F2 Personas y cultura	Justicia cognitiva; agencia cognitiva; complejidad y multicausalidad	Valores, normas y disposiciones cognitivas; competencias para interpretar modelos; acceso equitativo a la formación	BIM, realidad aumentada, IA, gemelos digitales
F3 Colaboración y comunicación	Pluralidad metodológica; justicia cognitiva	Interoperabilidad y coordinación entre actores; participación en las decisiones	BIM, computación en la nube, plataformas

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

F4 Estandarización y automatización de procesos	Coherencia ontológica; pluralidad metodológica	Automatización con trazabilidad, sin imponer un único protocolo	Automatización, robótica, prefabricación
F5 Gestión de datos	Validez y trazabilidad epistémica; coherencia ontológica	Interoperabilidad, calidad epistémica y coherencia entre modelo y sistema físico	BIM, gemelos digitales, IoT
F6 Gestión del cambio	Justicia cognitiva y responsabilidad epistémica	Sensibilidad epistémica, ética del cuidado y participación deliberativa frente a desigualdades y resistencias	IA, plataformas, automatización
F7 Innovación tecnológica	Pluralidad metodológica y dinamismo heurístico; complejidad y multicausalidad	Combinar y reconfigurar tecnologías y métodos según el contexto, sin depender de una sola plataforma	Conjunto del ecosistema, en particular realidad aumentada, impresión 3D, nube e IA

Fuente: elaboración propia a partir de la Tabla 1 y de los apartados anteriores de resultados.

Operacionalización, ilustración con un caso y proposiciones

Para que las categorías puedan observarse, la Tabla 3 propone un indicador por categoría, formulado como la pregunta de gestión que la distingue de las demás. Esos indicadores se contrastan con hallazgos publicados de un diagnóstico previo de los autores en una empresa constructora ecuatoriana (60). En ese diagnóstico, el conocimiento del impulso directivo alcanzó $\alpha = 0.81$ frente a $\alpha = 0.30$ de las acciones emprendidas, y la familiarización con las tecnologías ($\alpha = 0.44$) contrastó con su integración en procesos ($\alpha = 0.20$); el costo se identificó como barrera de alta intensidad ($\alpha = 0.686$). El componente cualitativo del diagnóstico agrega interoperabilidad insuficiente entre herramientas, planos impresos que persisten en la comunicación con producción, ausencia de enlace automático con el sistema de planificación, apropiación desigual del cambio y datos disponibles con capacidad analítica limitada. Estos hallazgos se asocian de forma interpretativa con las categorías de validez y trazabilidad, coherencia ontológica, justicia cognitiva y agencia cognitiva. La ilustración es interpretativa: el diagnóstico no se diseñó para medir estas categorías, es un solo caso y no constituye validación. Los indicadores son preguntas de gestión de respuesta cualitativa: carecen de escala de medición, de umbrales de decisión y de variables moderadoras (tamaño de la empresa, tipo de proyecto, nivel de formación), que deberán definirse en estudios posteriores.

Tabla 3. Pregunta de gestión e indicador observable propuesto por categoría epistémica

Categoría	**Pregunta de gestión que la distingue**	**Indicador observable propuesto**
Validez y trazabilidad epistémica	¿Puede rastrearse el origen de los datos que sustentan una decisión crítica?	Proporción de decisiones críticas con fuente de datos documentada y trazable
Coherencia ontológica y consistencia digital	¿Representa el modelo fielmente al sistema físico?	Proporción de modelos y gemelos contrastados con mediciones del sistema físico antes de decidir

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93
DOI: https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

Complejidad y multicausalidad	¿Se consideran juntas las dimensiones técnica, organizacional, cognitiva y contextual?	Número de dimensiones consideradas en la decisión de adopción
Pluralidad metodológica y dinamismo heurístico	¿Se comparan configuraciones antes de estandarizar una?	Configuraciones tecnológicas o pilotos comparados antes de la estandarización
Justicia cognitiva y responsabilidad epistémica	¿Quién accede a los datos, a la formación y a la decisión?	Distribución del acceso a datos y capacitación por perfil y área
Agencia cognitiva y capacidad interpretativa	¿Pueden los equipos interpretar y cuestionar las salidas del modelo?	Proporción de usuarios capaces de interpretar y cuestionar salidas del modelo

Fuente: elaboración propia.

Proposiciones contrastables. Cada categoría permite formular una proposición para estudios posteriores. P1: a mayor trazabilidad documentada de los datos, mayor confianza de los usuarios en las salidas del modelo y mayor es su uso en decisiones críticas. P2: los modelos y gemelos digitales contrastados periódicamente con el sistema físico generan menos decisiones corregidas posteriormente. P3: las organizaciones que evalúan la adopción considerando juntas las dimensiones técnica, organizacional, cognitiva y contextual muestran menos desacoples entre reconocimiento y ejecución. P4: las estrategias que comparan configuraciones antes de estandarizar logran mayor integración en procesos. P5: cuanto más equitativo es el acceso a datos y formación entre perfiles, menor es la apropiación desigual del cambio. P6: cuanto mayor es la capacidad de los equipos para interpretar y cuestionar las salidas de los modelos, mayor es la integración de las tecnologías en los procesos. Son hipótesis derivadas del análisis conceptual: no especifican la magnitud esperada del efecto ni variables moderadoras, y su contraste exigirá definir escalas y umbrales.

Representación integradora del modelo epistemológico de gestión

La síntesis de los hallazgos permitió construir una representación estructural que integra los niveles epistemológicos, tecnológicos y organizacionales implicados en la adopción tecnológica en la Construcción 4.0. Surge de la triangulación entre las categorías derivadas, el ecosistema tecnológico digital y las dimensiones organizacionales identificadas en los apartados anteriores, y constituye una propuesta conceptual que no ha sido validada empíricamente ni mediante contraste con expertos. El modelo expresa relaciones de dependencia y coherencia ontológica entre los niveles que intervienen en la transformación digital del sector (la retroalimentación entre ellos es un supuesto del marco y no se representa en la Figura 2).

La Figura 2 organiza el modelo en cuatro niveles: un propósito epistemológico que orienta a los demás; las seis categorías derivadas; el ecosistema tecnológico sobre el que se apoyó el análisis (blockchain y drones se excluyeron porque no fueron analizados); y las dimensiones organizacionales F1 a F7, donde convergen tecnologías y categorías. Los niveles culminan en un bloque integrador de lineamientos epistemológicos, cognitivos, éticos y organizacionales para la adopción. La figura funciona como mapa epistemológico-organizacional de las condiciones de una adopción coherente y crítica,

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

y no como modelo de madurez. Su traducción en procedimientos, indicadores y criterios de decisión queda como línea futura.

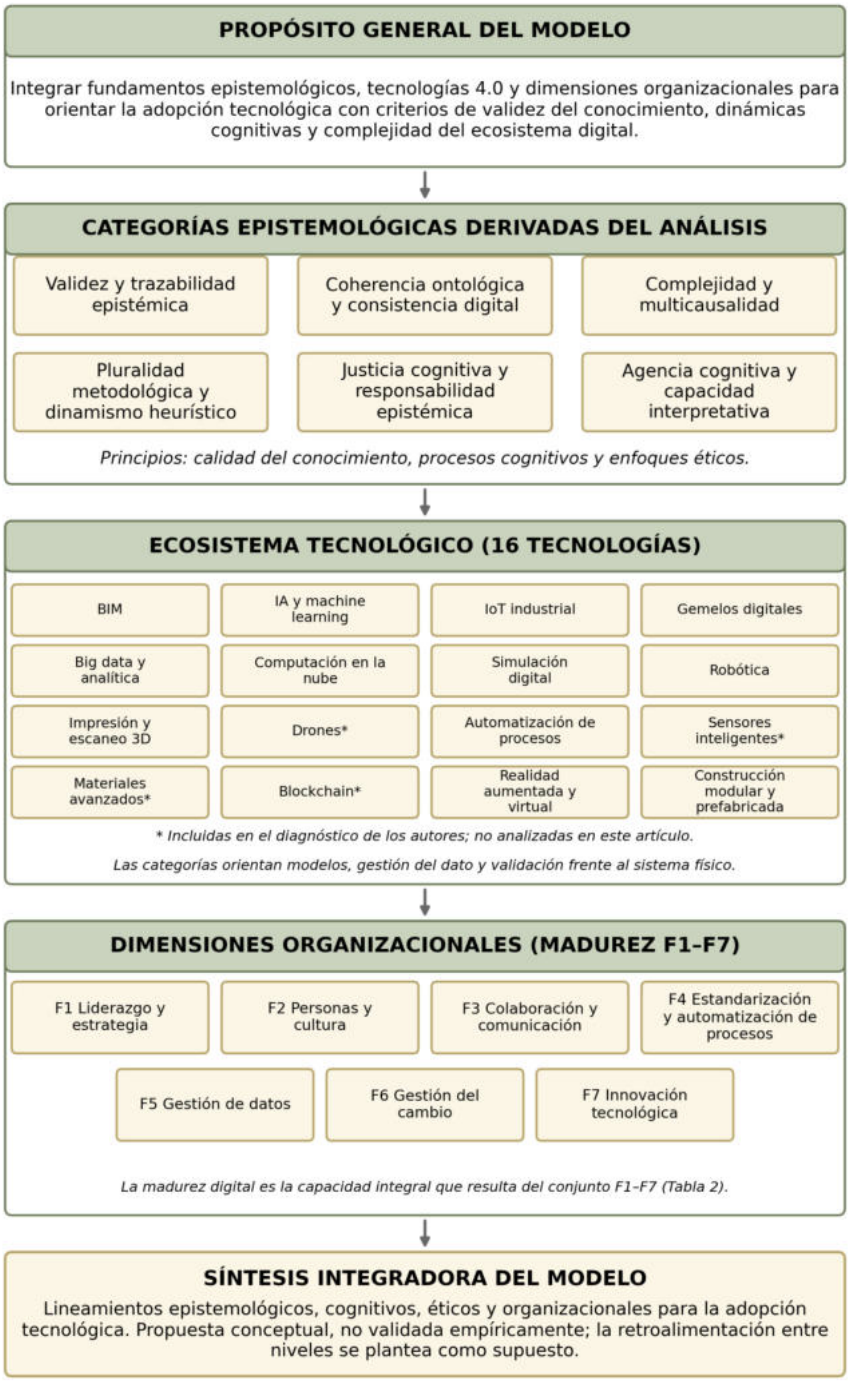


Figura 2. Esquema conceptual del Modelo Epistemológico de Gestión para la Adopción Tecnológica en la Construcción 4.0

Fuente: elaboración propia. Representación conceptual no validada empíricamente.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

Alcance de los resultados y compatibilidad entre tradiciones

Los resultados se derivan de las decisiones metodológicas descritas: enfoque cualitativo, documental, hermenéutico y crítico, con agrupación temática de unidades de significado y derivación explícita de las categorías (Tabla 1). La coherencia se apoyó en dos recursos. La triangulación conceptual operó entre corrientes epistemológicas y entre ese conjunto teórico y la literatura tecnológica (BIM, IoT, IA, macrodatos, gemelos digitales, automatización y madurez digital), para no depender de una sola tradición o fuente. La triangulación epistemológica confrontó posiciones divergentes (racionalismo frente a empirismo, falsacionismo frente a enfoque paradigmático, Bunge, Morin y las epistemologías del Sur) para detectar inferencias reduccionistas o eurocéntricas (7-9,11,12). Dado que el estudio es conceptual, documental y de corpus selectivo, no logró ni buscó saturación y carece de validación empírica y de validación por expertos; sus resultados son una propuesta interpretativa de los autores.

Compatibilidad entre tradiciones. Cada tradición actuó como un lente con una función propia. Bunge y Popper proveyeron criterios de fidelidad y contrastabilidad para los modelos digitales; el pensamiento complejo guio la lectura de la multicausalidad; las epistemologías del Sur, feminista y de las virtudes, la del poder y la responsabilidad; y la cognición encarnada y la filosofía de la información, la de la agencia interpretativa. Los supuestos compartidos son parciales y quedan tensiones abiertas: el pluralismo ontológico de Popper frente al materialismo de Bunge, o el rigor de ambos frente al pluralismo metodológico de Feyerabend. No se pretende fundirlas en una sola teoría; se indica qué aporta cada una a cada categoría (Tabla 1) y dónde sus supuestos restringen su uso. A Kuhn y a Lakatos se recurre por analogía, para describir dinámicas de la práctica de ingeniería, sin sostener que la Construcción 4.0 sea un paradigma ni un programa de investigación en sentido estricto.

DISCUSIÓN

La discusión sitúa los hallazgos en diálogo con la literatura reciente sobre Construcción 4.0 y con los marcos epistemológicos analizados. Las tecnologías digitales avanzadas reconfiguran los procesos técnicos y también las condiciones en que se produce, valida y distribuye el conocimiento que sustenta la transformación digital del sector.

La literatura previa aborda la Construcción 4.0 sobre todo desde perspectivas tecnocéntricas, orientadas a medir adopción, beneficios y barreras (1,58,61-63), y suele asumir que los modelos digitales son fuentes confiables de conocimiento si se implementan bien. Este estudio sostiene que su validez y trazabilidad epistémica no pueden darse por supuestas. Hay convergencia en reconocer a BIM como infraestructura del ciclo de vida, a IoT como fuente de datos continuos, a la IA como base de predicción y a los gemelos digitales como ampliación de la simulación (25,26,50); aquí se las considera además dispositivos epistémicos. Además, la literatura consultada rara vez incorpora la justicia cognitiva, la responsabilidad epistémica o la agencia interpretativa (13,14,16), aunque la digitalización puede ampliar brechas si no

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

se considera quién accede a los datos, quién comprende los modelos y quién puede intervenir en su configuración.

El diálogo con trabajos previos matiza estos resultados. Floridi (22) describe la opacidad de la información digital, lo que respalda la categoría de trazabilidad, y Vallor (28) vincula la ética de la tecnología con virtudes que los profesionales deben cultivar, lo que respalda el énfasis en la responsabilidad epistémica. Los trabajos sobre gemelos digitales cognitivos (51) y con IA (41) plantean desafíos de implementación; aquí se propone leerlos también como problemas de confianza y validez del conocimiento, lectura por contrastar. La síntesis sobre relaciones laborales (3) describe cambios en los roles profesionales, que aquí se interpretan como una posible redistribución de la autoridad epistémica.

Frente a los modelos dominantes de adopción, TAM (64), UTAUT (65) y TOE (66), que explican la adopción por la utilidad percibida, las condiciones facilitadoras y el contexto tecnológico, organizacional y ambiental, este marco añade criterios que esos modelos no tratan de forma explícita: la validez del conocimiento que producen las tecnologías (validez y coherencia ontológica) y su distribución cognitiva (justicia y agencia cognitivas). Se formula como hipótesis, no como hallazgo, que el marco los complementa: que una tecnología se adopte por su utilidad percibida no garantiza que el conocimiento que produce sea válido, trazable ni accesible. Contrastarla exigiría comparar el poder explicativo de esos modelos con y sin los indicadores de la Tabla 3.

Al comparar a los autores aparecen tensiones que el modelo debe manejar. Para Popper, la validez de la IA y de los gemelos digitales dependería de que resistan la prueba (7). Feyerabend previene contra un único programa digital dominante, algo relevante ante las plataformas propietarias (10). Morin y Bunge exigen equilibrar complejidad y rigor (11,12). Las epistemologías del Sur llevan a preguntar si la adopción en contextos como el latinoamericano importa modelos ajenos sin crítica, cuestión que aquí no se contrasta (13). Y la cognición encarnada y la filosofía de la información plantean dónde está el límite entre ampliar capacidades y delegar demasiado la interpretación en los algoritmos (18,22).

En lo organizacional, la justicia cognitiva y la agencia interpretativa piden formar a las personas para entender críticamente modelos complejos, valorar la calidad de los datos y mantener una actitud reflexiva ante sistemas inteligentes, lo que repercute en la cultura organizacional, las decisiones y el liderazgo digital. A diferencia de los modelos de madurez revisados, el marco articula categorías filosóficas del conocimiento, tecnologías digitales avanzadas y dimensiones organizacionales, e incorpora validez epistémica, coherencia ontológica, justicia cognitiva y agencia interpretativa, que la literatura consultada no trata de forma explícita. Las categorías podrían operacionalizarse en instrumentos de diagnóstico de preparación organizacional, como el marco difuso FMARF de los autores (60); su vinculación con este marco epistemológico no se evalúa aquí.

Limitaciones. Primero, el corpus es selectivo e intencional y no se informa una búsqueda sistemática, por lo que puede reflejar sesgos de selección y no es replicable en sentido

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 71-93

DOI:
https://doi.org/10.56519/hw5pna79
Noviembre 2026

estricto. Segundo, la derivación de las categorías depende de la interpretación de los autores: no hubo segundo codificador ni validación por expertos (por ejemplo, un consenso Delphi), de modo que no puede estimarse la fiabilidad de la codificación. Tercero, predomina el canon filosófico occidental y las epistemologías del Sur están representadas por un solo autor. Cuarto, la comparación con TAM, UTAUT y TOE es conceptual. Quinto, muchas conexiones entre categorías y tecnologías son interpretaciones plausibles que carecen de evidencia propia del sector; la ilustración se apoya en un solo diagnóstico previo, no pensado para medir estas categorías, y no equivale a validación. Sexto, los indicadores y las proposiciones carecen de escalas, umbrales y variables moderadoras. Por último, el marco no cuenta con validación empírica ni con juicio de expertos.

CONCLUSIONES

El estudio sostiene que explicar la adopción tecnológica en la Construcción 4.0 requiere ir más allá de los enfoques tecnocéntricos e incorporar una comprensión epistemológica de cómo el conocimiento digital se produce, se valida y se distribuye. Respecto de las preguntas de investigación: (1) el conocimiento técnico se produce y se valida con modelos y datos cuya validez depende de su trazabilidad y de la coherencia entre el modelo y el sistema físico; (2) las tensiones identificadas son la opacidad algorítmica, la fidelidad entre modelo y sistema físico, la desigualdad cognitiva y la delegación de la interpretación en algoritmos; (3) los fundamentos epistémicos de un modelo de gestión son las seis categorías propuestas, derivadas del análisis conceptual y sin validación empírica.

Las seis categorías (validez y trazabilidad epistémica, coherencia ontológica y consistencia digital, complejidad y multicausalidad, pluralidad metodológica y dinamismo heurístico, justicia cognitiva y responsabilidad epistémica, y agencia cognitiva y capacidad interpretativa) no aparecen formuladas de manera explícita como criterios de adopción tecnológica en la literatura consultada. Ofrecen una lectura posible de BIM como sistema de representación conceptual, de IoT como producción empírica continua, de la inteligencia artificial y los macrodatos como sistemas que requieren crítica, refutación y control, de los gemelos digitales como estructuras que exigen coherencia ontológica entre entidades físicas y digitales, y de la automatización como un fenómeno que pone a prueba la agencia humana y la responsabilidad epistémica. Esa lectura hace pensar que la digitalización podría desplazar la autoridad epistémica y cambiar el papel interpretativo que cumplen los profesionales.

De este análisis resulta el Modelo Epistemológico de Gestión para la Adopción Tecnológica en la Construcción 4.0, de carácter conceptual, que une el propósito epistemológico, las categorías, el ecosistema tecnológico y las dimensiones organizacionales de madurez. Que complemente a los modelos de madurez digital, sin superarlos, es una hipótesis por contrastar. Lo acompañan indicadores preliminares y seis proposiciones, sin escalas ni umbrales definidos. Quedan como limitaciones su base documental, el corpus selectivo, la interpretación de los autores, la falta de segundo codificador y de validación por expertos, y la ausencia de validación empírica. La

investigación futura debería operacionalizar las categorías, construir indicadores de trazabilidad epistémica, validar la codificación con expertos y aplicar el modelo en proyectos reales. En definitiva, la epistemología es una condición para comprender, evaluar y gobernar las transformaciones digitales de la Construcción 4.0.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Doctorado Interinstitucional en Ingeniería Industrial (Di3), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo (Mendoza, Argentina), en cuyo marco se desarrolla esta investigación, por la formación y el acompañamiento académico recibidos.

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR

David Calderón Arregui: conceptualización, metodología, análisis formal, redacción del borrador original, visualización y administración del proyecto. Pedro José Sánchez Caimán: codirección y supervisión de la investigación, orientación metodológica, validación y revisión crítica. Jaime Tinto Arandes: dirección y supervisión de la investigación, orientación conceptual, validación y revisión crítica. Todos los autores revisaron y editaron el manuscrito y aprobaron la versión final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Das P, Perera S, Senaratne S, Osei-Kyei R. Paving the way for industry 4.0 maturity of construction enterprises: a state of the art review. Engineering, Construction and Architectural Management. 2023;30(10):4665-94. doi:10.1108/ECAM-11-2021-1001
2. Siriwardhana SD, Moehler RC, Fang Y. Construction 4.0 in Australia: Evaluating technological implementation, organisational adaptation and skills development. Journal of Innovation & Knowledge. 2025;10(6):100822. doi:10.1016/j.jik.2025.100822
3. Hajirasouli A, Assadimoghadam A, Bashir MA, Banihashemi S. Exploring the impact of Construction 4.0 on industrial relations: A comprehensive thematic synthesis of workforce transformation in the digital era of construction. Buildings. 2025;15(9):1428. doi:10.3390/buildings15091428
4. Descartes R. Meditaciones sobre la filosofía primera. Madrid: Editorial Tecnos; 1996.
5. Bacon F. The new organon. Jardine L, Silverthorne M, editors. Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
6. Hume D. An enquiry concerning human understanding. Oxford: Oxford University Press; 2007.
7. Popper K. The logic of scientific discovery. London: Routledge; 2005.

8. Kuhn TS. The structure of scientific revolutions. 4th ed. Chicago: University of Chicago Press; 2012.
9. Lakatos I. The methodology of scientific research programmes. Worrall J, Currie G, editors. Cambridge: Cambridge University Press; 1999.
10. Feyerabend P. Against method. 4th ed. London: Verso; 2010.
11. Morin E. Introduction à la pensée complexe. Paris: Éditions du Seuil; 1990.
12. Bunge M. Doing science: in the light of philosophy. Singapore: World Scientific; 2017.
13. De Sousa Santos B. The end of the cognitive empire: the coming of age of epistemologies of the South. Durham: Duke University Press; 2018.
14. Harding S. Objectivity and diversity: another logic of scientific research. Chicago: University of Chicago Press; 2015.
15. Haraway D. Situated knowledges: the science question in feminism and the privilege of partial perspective. Feminist Studies. 1988;14(3):575-99.
16. Zagzebski L. Virtues of the mind: an inquiry into the nature of virtue and the ethical foundations of knowledge. Cambridge: Cambridge University Press; 1996.
17. Code L. What can she know? Feminist theory and the construction of knowledge. Ithaca: Cornell University Press; 1991.
18. Varela FJ, Thompson E, Rosch E. The embodied mind: cognitive science and human experience. Rev. ed. Cambridge (MA): MIT Press; 2016.
19. Damasio A. Self comes to mind: constructing the conscious brain. New York: Pantheon; 2010.
20. Creswell JW. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4th ed. Thousand Oaks: SAGE; 2014.
21. Flick U. Introducing research methodology: a beginner's guide to doing a research project. 2nd ed. London: SAGE; 2015.
22. Floridi L. The fourth revolution: how the infosphere is reshaping human reality. Oxford: Oxford University Press; 2014.
23. Flamini M, Naldi M. Maturity of Industry 4.0: A Systematic Literature Review of Assessment Campaigns. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2022;8(1):51. doi:10.3390/joitmc8010051
24. Kim S, Pérez-Castillo R, Caballero I, Lee D. Organizational process maturity model for IoT data quality management. Journal of Industrial Information Integration. 2022;26:100256. doi:10.1016/j.jii.2021.100256
25. Wang XQ, Chen P, Chow CL, Lau D. Artificial-intelligence-led revolution of construction materials: From molecules to Industry 4.0. Matter. 2023;6(6):1831-59. doi:10.1016/j.matt.2023.04.016
26. Wang Z, Ouyang B, Sacks R. Graph-based inter-domain consistency maintenance for BIM models. Automation in Construction. 2023;154:104979. doi:10.1016/j.autcon.2023.104979
27. Raj A, Dwivedi G, Sharma A, Lopes de Sousa Jabbour AB, Rajak S. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. International Journal of Production Economics. 2020;224:107546. doi:10.1016/j.ijpe.2019.107546
28. Vallor S. Technology and the virtues: a philosophical guide to a future worth wanting. Oxford: Oxford University Press; 2016.

29. Celik Y, Petri I, Rezgui Y. Integrating BIM and Blockchain across construction lifecycle and supply chains. Computers in Industry. 2023;148:103886. doi:10.1016/j.compind.2023.103886
30. García-Alvarado R, Soza P, Moroni G, Pedreros F, Avendaño M, Banda P, et al. From BIM model to 3D construction printing: A framework proposal. Frontiers of Architectural Research. 2024;13(4):912-27. doi:10.1016/j.foar.2024.03.002
31. Hadavi A, Alizadehsalehi S. From BIM to metaverse for AEC industry. Automation in Construction. 2024;160:105248. doi:10.1016/j.autcon.2023.105248
32. Althoey F, Waqar A, Hamed Alsulamy S, Khan AM, Alshehri A, Idris Falqi I, et al. Influence of IoT implementation on Resource management in construction. Heliyon. 2024;10(15):e32193. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e32193
33. Waqar A, Alharbi LA, Abdullah Alotaibi F, Othman I, Almujibah H. Impediment to implementation of Internet of Things (IOT) for oil and gas construction project Safety: Structural equation modeling approach. Structures. 2023;57:105324. doi:10.1016/j.istruc.2023.105324
34. Betancourt D, Muhanna RL. Interval deep learning for computational mechanics problems under input uncertainty. Probabilistic Engineering Mechanics. 2022;70:103370. doi:10.1016/j.probengmech.2022.103370
35. Subramanian A, Mahadevan S. Probabilistic physics-informed machine learning for dynamic systems. Reliability Engineering & System Safety. 2023;230:108899. doi:10.1016/j.ress.2022.108899
36. Venkatasubramanian K. Machine learning set to play a key role in the transition to Construction 4.0. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering. 2021;174(2):54. doi:10.1680/jcien.2021.174.2.54
37. AlBalkhy W, Karmaoui D, Ducoulombier L, Lafhaj Z, Linner T. Digital twins in the built environment: Definition, applications, and challenges. Automation in Construction. 2024;162:105368. doi:10.1016/j.autcon.2024.105368
38. Attaran S, Attaran M, Celik BG. Digital Twins and Industrial Internet of Things: Uncovering operational intelligence in industry 4.0. Decision Analytics Journal. 2024;10:100398. doi:10.1016/j.dajour.2024.100398
39. Gembali V, Kumar A, Sarma PRS. A knowledge roadmap for digitally enabled sustainable construction and building supply chain management. In: Rossit DA, Hussain CM, editors. Evolution and trends of sustainable approaches. Elsevier; 2024. p. 167-87. doi:10.1016/B978-0-443-21651-0.00005-X
40. Kor M, Yitmen I, Alizadehsalehi S. An investigation for integration of deep learning and digital twins towards Construction 4.0. Smart and Sustainable Built Environment. 2023;12(3):461-87. doi:10.1108/SASBE-08-2021-0148
41. Najafzadeh M, Yeganeh A. AI-driven digital twins in industrialized offsite construction: A systematic review. Buildings. 2025;15(17):2997. doi:10.3390/buildings15172997
42. Li CZ, Tam VWY, Hu M, Zhou Y. Lean construction management: A catalyst for evaluating and enhancing prefabricated building project performance in China. Journal of Building Engineering. 2024;94:109930. doi:10.1016/j.jobe.2024.109930
43. Masood R, Lim JBP, González VA. Performance of the supply chains for New Zealand prefabricated house-building. Sustainable Cities and Society. 2021;64:102537. doi:10.1016/j.scs.2020.102537

44. Pawar P, Minde P, Kulkarni M. Analysis of challenges and opportunities of prefabricated sandwich panel system: A solution for affordable housing in India. Materials Today: Proceedings. 2022;65:1946-55. doi:10.1016/j.matpr.2022.05.193
45. Okonkwo C, Okpala I, Awolusi I, Nnaji C. Overcoming barriers to smart safety management system implementation in the construction industry. Results in Engineering. 2023;20:101503. doi:10.1016/j.rineng.2023.101503
46. Van Tam N, Toan NQ, Van Phong V. Investigating potential barriers to construction digitalization in emerging economies: A study in Vietnam. International Journal of Information Management Data Insights. 2024;4(1):100226. doi:10.1016/j.jjimei.2024.100226
47. Schumacher A, Sihn W. Development of a Monitoring System for Implementation of Industrial Digitalization and Automation using 143 Key Performance Indicators. Procedia CIRP. 2020;93:1310-5. doi:10.1016/j.procir.2020.03.012
48. Elhusseiny HM, Crispim J. A Review of Industry 4.0 Maturity Models: Theoretical Comparison in The Smart Manufacturing Sector. Procedia Computer Science. 2024;232:1869-78. doi:10.1016/j.procs.2024.02.009
49. Jiang Y, Su S, Zhao S, Zhong RY, Qiu W, Skibniewski MJ, et al. Digital twin-enabled synchronized construction management: A roadmap from construction 4.0 towards future prospect. Developments in the Built Environment. 2024;19:100512. doi:10.1016/j.dibe.2024.100512
50. Nick G, Kő A, Szaller Á, Zeleny K, Kádár B, Kovács T. Extension of the CCMS 2.0 maturity model towards Artificial Intelligence. IFAC-PapersOnLine. 2022;55(10):293-8. doi:10.1016/j.ifacol.2022.09.403
51. Yitmen I, Kovacic I, Tagliabue LC. Editorial: Cognitive digital twins for facilitating construction 4.0: Challenges and opportunities for implementation. Frontiers in Built Environment. 2023;9. doi:10.3389/fbuil.2023.1130115
52. Osorio Gómez CC, Herrera R, Pellicer E, Alzate Buitrago A, Aristizabal-Torres D. Construction 4.0: Cluster analysis and Research perspectives. Revista Ingeniería de Construcción. 2023;38(3):493-506. doi:10.7764/RIC.00083.21
53. Pompáš L, Kučera Ľ, Čechmánek D, Fiačan J. Construction design of the reaction arm for tightening tools. Transportation Research Procedia. 2023;74:568-75. doi:10.1016/j.trpro.2023.11.183
54. van der Heijden J. Construction 4.0 in a narrow and broad sense: A systematic and comprehensive literature review. Building and Environment. 2023;244:110788. doi:10.1016/j.buildenv.2023.110788
55. Kumar P, Bhamu J, Sangwan KS. Analysis of Barriers to Industry 4.0 adoption in Manufacturing Organizations: an ISM Approach. Procedia CIRP. 2021;98:85-90. doi:10.1016/j.procir.2021.01.010
56. Olanrewaju OI, Kineber AF, Chileshe N, Edwards DJ. Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle. Building and Environment. 2022;207:108556. doi:10.1016/j.buildenv.2021.108556
57. Ullah F, Sepasgozar SME, Thaheem MJ, Al-Turjman F. Barriers to the digitalisation and innovation of Australian Smart Real Estate: A managerial perspective on the

technology non-adoption. Environmental Technology & Innovation. 2021;22:101527. doi:10.1016/j.eti.2021.101527

58. Grover V, Tseng SL, Pu W. A theoretical perspective on organizational culture and digitalization. Information & Management. 2022;59(4):103639. doi:10.1016/j.im.2022.103639
59. Kang TW, Mo Y. A comprehensive digital twin framework for building environment monitoring with emphasis on real-time data connectivity and predictability. Developments in the Built Environment. 2024;17:100309. doi:10.1016/j.dibe.2023.100309
60. Calderón Arregui DA, Sánchez Caimán PJ, Tinto Arandes J. Marco de diagnóstico difuso (FMARF) para evaluar la preparación organizacional ante la Construcción 4.0: validación de contenido y estudio de caso. Sage Sphere Multidisciplinary Studies. 2026;3(1):1-23. doi:10.63688/jw62aa70
61. Aghimien D, Aigbavboa C, Oke A, Thwala W, Moripe P. Digitalization of construction organisations – a case for digital partnering. International Journal of Construction Management. 2020;22(10):1950-9. doi:10.1080/15623599.2020.1745134
62. Iyer SV, Sangwan KS, Dhiraj. Development of an Industrial Symbiosis Framework through Digitalization in the Context of Industry 4.0. Procedia CIRP. 2024;122:515-20. doi:10.1016/j.procir.2024.01.075
63. Popa I, Ștefan SC, Olariu AA, Popa ȘC. Integrating digitalization opportunities into innovative public organizations' management process. Journal of Innovation & Knowledge. 2024;9(4):100564. doi:10.1016/j.jik.2024.100564
64. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 1989;13(3):319-40. doi:10.2307/249008
65. Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD. User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly. 2003;27(3):425-78. doi:10.2307/30036540
66. Tornatzky LG, Fleischer M. The processes of technological innovation. Lexington (MA): Lexington Books; 1990.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL Y TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE CARTERA DEL SECTOR FINANCIERO

MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS AND DECISION-MAKING IN PORTFOLIO MANAGEMENT WITHIN THE FINANCIAL SECTOR

Ivan Andres Barrionuevo Freire[1], Evelyn Jordana Molina Llumitasig [2], Walter Ramiro Jimenez Silva[3]
{ibarrionuevo9023@uta.edu.ec[1], emolina3363@uta.edu.ec[2], walterjimenez@uta.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 07/10/2026 / Fecha de aceptación: 03/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: **La gestión de cartera es clave para las instituciones financieras, pues vigilar la morosidad y las gestiones de cobranza exige información ordenada y disponible a tiempo para decidir con criterio. Por ello, esta investigación tuvo como objetivo analizar cómo los sistemas de información gerencial junto con Power BI, pueden ayudar la toma de decisiones en la gestión de cartera del sector financiero. El estudio siguió un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y de diseño no experimental, con los métodos inductivo-deductivo y de análisis síntesis, y se apoyó en la revisión bibliográfica y de campo. A partir de estadísticas públicas de la Superintendencia de economía popular y solidaria, se construyó una base sintética de 1.078 registros, tomando como referencia las cooperativas del segmento 2 y los créditos de consumo de julio de 2026. Los datos se preparan en Power BI mediante un proceso de extracción, transformación y carga (ETL). Como resultado, se crearon 3 dashboards interactivos: uno para analizar la cartera en mora, otro para seguir las gestiones de cobranza y otro para identificar las operaciones que podrían requerir mayor atención de la administración. Gracias a los filtros interactivos, estos tableros permiten consultar los indicadores desde distintos criterios. Se concluye que los sistemas de información gerencial, apoyados en inteligencia de negocios, ofrecen la posibilidad de convertir los datos en información útil para ana lizar y decidir; sin embargo, cómo los registros son sintéticos los resultados no demuestran una mejora real en la recuperación de cartera.**

Palabras clave: sistemas de información gerencial; gestión de cartera; toma de decisiones; Power BI; inteligencia de negocios

ABSTRACT: **Portfolio management is a key element for financial institutions, since monitoring delinquency and collection activities requires organized, timely**

[1]Universidad Técnica de Ambato, https://orcid.org/0009-0000-5264-4148
[2]Universidad Técnica de Ambato, https://orcid.org/0009-0003-1575-2934
[3]Universidad Técnica de Ambato, https://orcid.org/0000-0001-8373-3549

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

information to support well-informed decision-making. For this reason, the present research aimed to analyze how management information systems together with Power BI can support decision-making in portfolio management within the financial sector. The study adopted a quantitative approach, with a descriptive scope and a non-experimental design; it used inductive-deductive and synthesis-analysis methods, supported by both bibliographic and field research. Based on public statistics from the Superintendency of Popular and Solidarity Economy, a synthetic database of 1,078 records was built, taking Segment 2 cooperatives and consumer credits corresponding to July 2026 as the reference. The data were prepared in Power BI through an extraction, transformation and loading (ETL) process. As a result, three interactive dashboards were developed: one to analyze delinquent portfolio, another to track collection management, and a third to identify operations that might require greater administrative attention. Thanks to interactive filters, these dashboards allow consulting indicators under different criteria. The conclusion is that management information systems, supported by business intelligence, make it possible to turn available data into useful information for analysis and decision-making; nevertheless, given that the records used are synthetic, the findings do not prove an actual improvement in portfolio recovery.

Keywords: management information systems; portfolio management; decision-making; Power BI; business intelligence

INTRODUCCIÓN

Un crédito que se atrasa hoy es liquidez que la cooperativa no tendrá mañana. En las cooperativas de ahorro y crédito, donde la confianza de los socios depende de que los recursos colocados regresen, la morosidad deja de ser una cifra contable y pasa amenazar la estabilidad de la institución (1). Se identificó que las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 2 presentaban dificultades en la recuperación de cartera debido a los elevados niveles de morosidad y a la limitada aplicación de estrategias de cobranza, a partir de información publicada por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS) (2), y por eso se destaca la necesidad de fortalecer el seguimiento de la cartera. El desafío, sin embargo, no es solo cobrar: es detectar a tiempo que créditos se deterioran, eso exige a contar con información ordenada y centralizada, no con datos dispersos.

Esa es precisamente la función de los sistemas de información gerencial (SIG), que organiza y procesan los datos de la operación para entregar a la gerencia información clasificada con cual se pueda decidir. La calidad y la confiabilidad (3) de la información inciden directamente en las decisiones organizacionales y financieras, se identificó una relación significativa entre el uso de estos sistemas y la satisfacción con la toma de decisiones en entidades públicas y privadas.

Saber dónde mirar importa tanto como contar con los datos. En Ecuador, las SEPS agrupa a las entidades del Sector Financiero Popular y Solidario en cinco segmentos según sus activos, desde las cooperativas con más de USD 80 millones (segmento 1) hasta las de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111
DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

USD 1 millón (segmento 5), lo que determinan su nivel de supervisión y su capacidad operativa (4). Pero el problema no distingue tamaños: identificaron que incluso las cooperativas que se encuentran en el segmento 2 enfrentan dificultades para controlar su morosidad cuando fallan indicadores internos como la rentabilidad sobre sus activos o a la cobertura de cartera problemática (5). Este estudio se centra en una cooperativa del segmento 2 con matriz en la provincia de Tungurahua (Zona 3) y sucursales a nivel nacional, se trabaja con registros individuales sintéticos que permiten ilustrar el funcionamiento de la herramienta, protegiendo la privacidad de los socios y la confidencialidad de su información.

Dentro de la cartera, además, no todos los atrasos pesan igual. La calificación de la cartera se establece en base a los días de morosidad y al tipo de crédito que pertenece (6). Para la cartera de consumo se contemplan las categorías A1, A2 y A3, que corresponden a un riego normal; B1y B2, riesgo potencial; C1 y C2, riesgo deficiente; D, dudoso recaudo y E, a la categoría de perdida. Esta escala funciona como lenguaje común para priorizar la cobranza y se adopta aquí como criterio para organizar la cartera. Sin embargo, disponer de esta clasificación no es suficiente: se necesita consultarla de forma ágil y oportuna, y es ahí donde los tableros cobran verdadero sentido. La inteligencia de negocios reúne, ordena y presenta la información para respaldar cada decisión (7), y un panel interactivo hace realidad ese propósito: concentra en un mismo espacio los indicadores más importantes y permite profundizar en cada caso concreto, sin depender de la elaboración manual de informes.

Power BI estructura estos tableros interactivos para examinar la cartera por agencia, calificación de riesgo y resultados de cobranza, con lo cual el gestor ve de inmediato dónde se concentra la mora y qué gestiones tienen efecto; esto no implica, por sí solo, una menor morosidad. Dicha estructura la aplicaron en el área de inversiones de una cooperativa: mediante un proceso de extracción, transformación y carga (ETL) corrigieron inconsistencias en los datos de Excel y construyeron dashboards con indicadores de sucursales, asesores y operaciones que respondían preguntas financieras concretas (8). De este modo, los datos pasan por un proceso de transformación que los convierte en indicadores claros y luego se muestran en tableros sencillos de leer: esa es la forma en que los sistemas de información gerencial se complementan con la inteligencia de negocios.

Con este propósito, el presente trabajo examina cómo se puede aplicar un sistema de información gerencial usando tableros en Power BI para respaldar las decisiones en la gestión de cartera. Para ello, se presenta la situación de la cartera vencida, el avance de las labores de cobranza y los grupos que necesitan cuidado prioritario, todo ello construido sobre un escenario de análisis elaborado con base en información estadística pública.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se emplearon métodos teóricos como el inductivo-deductivo y análisis-síntesis para examinar la información recopilada e interpretar los resultados obtenidos de una manera integrada con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo para poder analizar los datos con mayor importancia. El enfoque cuantitativo ayudo al estudio de variables numéricas con la elaboración de indicadores, promedios y porcentajes, mientras que el alcance descriptivo facilito identificar las características principales.

Se optó por un diseño no experimental, lo que permitió observar la realidad tal como se presenta, sin alterar ni intervenir las condiciones del entorno analizado. Como respaldo complementario, se recurrió a fuentes bibliográficas, documentales y al trabajo de campo, que facilitaron la recopilación de información y permitieron comprender a fondo los procesos administrativos vinculados a la recuperación de cartera. Para procesar y presentar los datos, se empleó Power BI, herramienta con la que se estructuró la información y se elaboraron los tableros de control necesarios para examinar los resultados obtenidos.

Para la fundamentación teórica se realizó una revisión de la literatura en bases de datos como Google Académico, Scopus, y Scielo, en este proceso se utilizaron palabras clave como sistemas de información gerencial, Power BI, análisis de datos, sector financiero, además de gestión de cartera y toma de decisiones. Posteriormente se consideraron publicaciones en inglés como en español que permiten identificar antecedentes y enfoques que se relacionen con la aplicación de herramientas tecnológicas en los procesos administrativos. Esta revisión ayudo a entender la importancia de los sistemas de información gerencial en las organizaciones y la relación que tiene con el procesamiento de datos para apoyar la toma de decisiones. Por otra parte, se revisaron distintos trabajos sobre el uso de la inteligencia de negocios, con el propósito de construir el sustento teórico que respalda este estudio.

En lo que respecta al trabajo de campo, se entrevistó al responsable del área de cobranza de una cooperativa de ahorro y crédito del segmento 2. El objetivo fue conocer de cerca cómo se da seguimiento a cada obligación y cómo se llevan adelante las gestiones de recuperación. La información obtenida sirvió para comprender mejor la dinámica diaria de estas actividades y los procedimientos administrativos que las rigen.

Además, facilito conocer de manera general como se realiza el seguimiento de créditos y que actividades hacen parte del proceso de recuperación de cartera.

Para delimitar el escenario de análisis se utilizó información estadística publica de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria Data SEPS. Se indica que se filtró en Data SEPS (julio de 2026, crédito de consumo, segmento 2 obteniendo 1.078 operaciones para dimensionar la base sintética. Dado que Data SEPS reporta balances y tasas agregadas por cooperativa y no bases de clientes individuales ni registros de llamadas se utilizaron dos fuentes de información.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

La primera correspondió a DataSEPS, de donde se tomó como referencia un total de 1.078 operaciones de crédito de consumo del segmento 2, correspondientes a julio de 2026, para establecer el tamaño de la base. La segunda fue una entrevista al gestor del departamento de cobranzas de una cooperativa del mismo segmento, mediante la cual se identificaron los campos utilizados en el seguimiento de las obligaciones crediticias. A partir de esta información se generaron 1.078 registros simulados, distribuidos entre 13 agencias y 52 identificadores de asesores.

Se incorporaron variables como deuda inicial, saldo, valor para estar al día, días de mora, calificación crediticia y resultados de gestión. Los saldos oscilaron entre USD 105,14 y USD 23.476,70, mientras que los días de mora se situaron entre 0 y 316. Además, se establecieron cuatro categorías de resultados de cobranza: «Contesta», «No contesta», «Compromiso de pago» y «Otros». Los valores individuales fueron generados mediante simulación con fines académicos y no corresponden a información real de socios, por lo que su utilización se limitó al desarrollo de indicadores y tableros de control en Power BI.

Esta información permitió reconocer un escenario relacionado con las características del sector financiero popular y solidario, la base sintética se desarrolló mediante registros simulados que permitieron representar las diferentes situaciones de morosidad y resultados de cobranza. Posteriormente se organizó para el procesamiento en Power BI para la elaboración de los tableros interactivos orientados al análisis de la cartera en mora, seguimiento de cobranza y el apoyo a la toma de decisiones administrativas.

RESULTADOS

Gestión de cartera y su relación con los sistemas de información gerencial

En la cobranza, unir los indicadores del crédito con los resultados de la gestión permite ver una misma cartera desde varios ángulos. Los saldos y los días de mora muestran en qué situación están las deudas, mientras que los registros de contacto y los compromisos de pago cuentan que se ha hecho para recuperarlas. Al analizarlos juntos se pueden detectar los grupos que merecen una revisión más cercana. Eso sí, convienen no confundir un compromiso de pago registrado con un pago realmente recuperado, porque son resultados distintos.

La preparación de los 1 078 registros permitió depurar inconsistencias y organizar los datos en campos uniformes, lo que constituye la base indispensable para cualquier análisis fiable. Se crearon variables auxiliares que facilitaron la lectura: el nivel de riesgo agrupó las calificaciones en categorías comprensibles, mientras que el orden de calificación estableció una secuencia lógica desde A1 hasta E para que las visualizaciones se presenten en la secuencia correcta.

Con base en estos antecedentes, este estudio une la gestión de la información financiera con la inteligencia de negocios a través de tres dashboards creados en Power BI. El primero ofrece una mirada general de la cartera en mora. La segunda muestra los

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

resultados de las gestiones de cobranza. El tercero ayuda a ubicar las operaciones que podrían necesitar más atención, según su calificación de riesgo, sus días de mora, su saldo y el resultado de la gestión. Gracias a los filtros interactivos, el usuario puede pasar de una vista general a un análisis puntual. La propuesta se ilustra con datos sintéticos, por lo que los resultados representan un escenario de análisis y no puedan, por sí solos, mejoras reales en la recuperación de la cartera.

Proceso ETL de los datos

Para el desarrollo del análisis se utilizó la base de datos sintética conformada por 1078 registros, previamente estructurada en Microsoft Excel con información relacionada a la gestión de cobranzas, teniendo algunas variables principales como los valores para estar al día, los días de mora o los resultados de las gestiones con la finalidad de poder preparar los datos.

Posteriormente se realizó el proceso de extracción, transformación y carga (ETL).

Extracción: dicha información se extrae de Microsoft Excel generado por las 1.078 operaciones vigentes de DataSEPS siendo la base sintética para estudio

Transformación: Para el proceso de transformación se revisaron los datos comprobando campos numéricos, categóricos y creando variables adicionales asimismo eliminando celdas vacías

Durante esta etapa se generaron variables complementarias para facilitar la interpretación y visualización de la información, la primera es el nivel de riesgo que se creó a partir de las diferentes calificaciones que van desde A1 hasta la E. La segunda es el orden de calificación donde se estableció una secuencia desde A1 hasta E para que posteriormente se puedan visualizar de manera correcta

Carga: Cuando ya se preparó la información, se procede a exportar de Microsoft Excel al modelo de Power BI para poder construir los indicadores y visualizaciones con la finalidad de poder tomar decisiones acertadas

Una vez que se finalizó con el proceso ETL y con la información en Power BI, se procedió a la construcción de varias medidas e indicadores que nos van a permitir analizar de mejor manera la cartera y poder desarrollar tableros visuales

Construcción de Indicadores

Posteriormente de realizar el proceso de extracción, transformación y carga (ETL), se realizó la construcción de varios indicadores mediante el lenguaje de expresiones de análisis de datos DAX en Power BI para la construcción de medidas. Estos indicadores nos permiten analizar y organizar la información relacionada con morosidad, saldos, gestiones de cobranza y riesgo crediticio. Esto permitió que se facilitara el análisis de cartera desde diferentes perspectivas

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111
DOI: https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

Con el propósito de estructurar el análisis se agruparon los indicadores en tres categorías. El primero se orientó al diagnóstico de la cartera mediante los socios en mora, saldo en mora, valores para estar al día y el promedio de días de atraso. El segundo se enfocó en el seguimiento de cobranza considerando el total de gestiones, tasa de contacto y tasa de compromisos de pago. Finalmente, el tercer grupo permitió identificar los segmentos que requieren mayor atención en base a la concentración de saldos y la categoría correspondiente de riesgo crediticio

Tabla 1. Indicadores desarrollados en Power BI.

Dimensión de análisis	Indicador	Finalidad
Cartera en Mora	Socios en mora	Cuantificar los socios con obligaciones en mora
Cartera en Mora	Saldo en mora	Determinar el saldo de las operaciones que presentan retrasos
Cartera en Mora	Valor para estar al día	Cuantificar el valor necesario para regularizar obligaciones vencidas
Cartera en Mora	Promedio de días de mora	Determinar el promedio de atraso de las operaciones en mora
Gestión de Cobranza	Total de gestiones	Cuantificar los registros de gestión de cobranza
Gestión de Cobranza	Tasa de contacto	Determinar la proporción de gestiones con un resultado distinto a “No contesta”
Gestión de Cobranza	Tasa de compromiso de pago	Determinar la proporción de gestiones clasificadas como “Compromiso de pago”
Priorización de Cartera	Saldo C1-E	Cuantificar el saldo de categorías C1,C2,D y E
Priorización de Cartera	Socios C1-E	Cuantificar los socios registrados
Priorización de Cartera	Saldo D-E	Cuantificar el saldo de las categorías D y E
Priorización de Cartera	Socios D-E	Cuantificar los socios registrados en las categorías D y E

Una vez establecidos los indicadores se incorporaron en tres tableros interactivos, cada uno de estos tableros responde a diferentes necesidades de información relacionadas a la gestión de cartera. El primer tablero responde al diagnóstico de la cartera, su morosidad y la distribución dependiendo de agencia, calificación y nivel de riesgo; el segundo nos ayuda a revisar las diferentes gestiones de cobranzas y el tercero fue destinado a identificar los segmentos de cartera que requieren mayor atención. A partir de esta estructura la información procesada se presentó mediante visualizaciones que facilitan la interpretación y toma de decisiones administrativas.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

Análisis general de la cartera en mora

Una vez culminados los indicadores, se desarrolló el primer tablero interactivo denominado análisis general de la cartera en mora que nos ayudara a analizar en qué situación se encuentra la cartera en mora y observar las obligaciones vencidas según las operaciones crediticias. Asimismo, se consideró variables como el saldo pendiente, los días de mora, agencia, calificación crediticia y nivel de riesgo, de este modo tenemos una visión clara de toda la información procesada.

Para la elaboración del tablero se incorporaron algunos indicadores: socios en mora, saldo en mora, valor para estar al día y promedio de días de mora. Por otra parte, se incluyeron gráficos que permiten visualizar como se distribuye el saldo según las agencias, la clasificación crediticia y los niveles de riesgo. Finalmente se incorporaron filtros para poder segmentar según las necesidades ya que estos nos ayudaran a la exploración de la información.

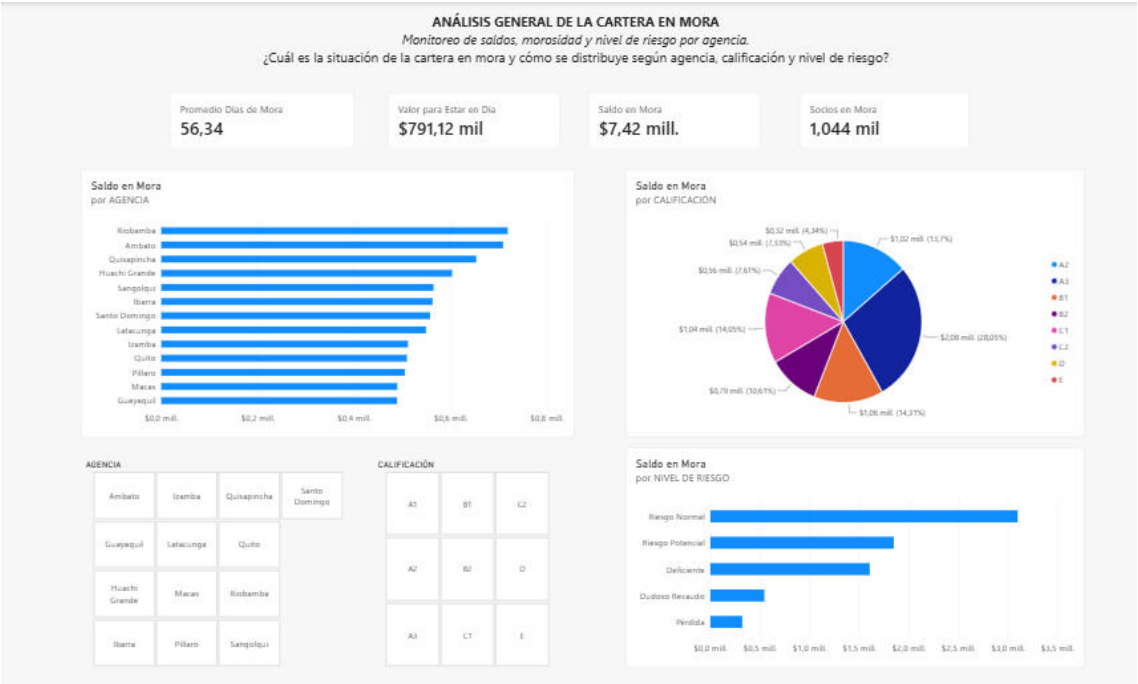


Figura 1. Análisis general de la cartera en mora

Nota. Elaboración propia a partir de una base de datos sintética procesada mediante Power BI

De acuerdo con los resultados presentados en la figura 1, se registra un total de 1044 socios que se encuentran en mora, con un saldo pendiente aproximado de 7.42 millones y un valor para estar al día de 791,12 mil requerido para cumplir las obligaciones pendientes. De igual manera se puede observar un promedio de 56 días de mora. En cuanto a las agencias en Riobamba y Ambato se puede evidenciar las mayores concentraciones de saldo, mientras que en Guayaquil se observa uno de los valores más bajos. Por otra parte, en cuanto a la calificación crediticia se observa que en A3 se concentra la mayor proporción de mora, con un 28,05%.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

A partir de los resultados obtenidos, podemos evidenciar la distribución de cartera en mora entre las diferentes agencias y categorías de riesgo crediticio. En este sentido, el tablero nos permite observar en donde se encuentra la mayor concentración de saldos pendientes para identificar los segmentos que requieren un seguimiento más detallado. De este modo, la incorporación de los indicadores en Power BI ayuda al análisis de la información y al apoyo para dirigir las decisiones administrativas con respecto a la gestión de cartera.

Análisis de la gestión de cobranza

Como adicional al análisis general de la cartera en mora, se realizó un segundo tablero interactivo, con el fin de revisar las gestiones registradas en cuanto a las operaciones crediticias. Con este tablero vamos a examinar los resultados de cobranzas mediante los indicadores vinculados con el contacto y los compromisos de pago, de igual forma se considera la distribución por agencia, asesor y su calificación crediticia. De esta manera, se incluye un punto de vista que agrega la información financiera presentada en el primer tablero.

Para la construcción del tablero se añadieron indicadores que corresponden al total de las gestiones realizadas, la tasa de contacto con los socios y la tasa de compromiso de pago, para poder presentar una visión general de los resultados que se registran. Asimismo, se ordenaron visualizaciones que permiten detallar o filtrar las gestiones según las agencias, los asesores encargados y la calificación crediticia. Por otra parte, se consideraron las gestiones generales de cobranzas para distinguir las respuestas registradas durante el seguimiento de las obligaciones.

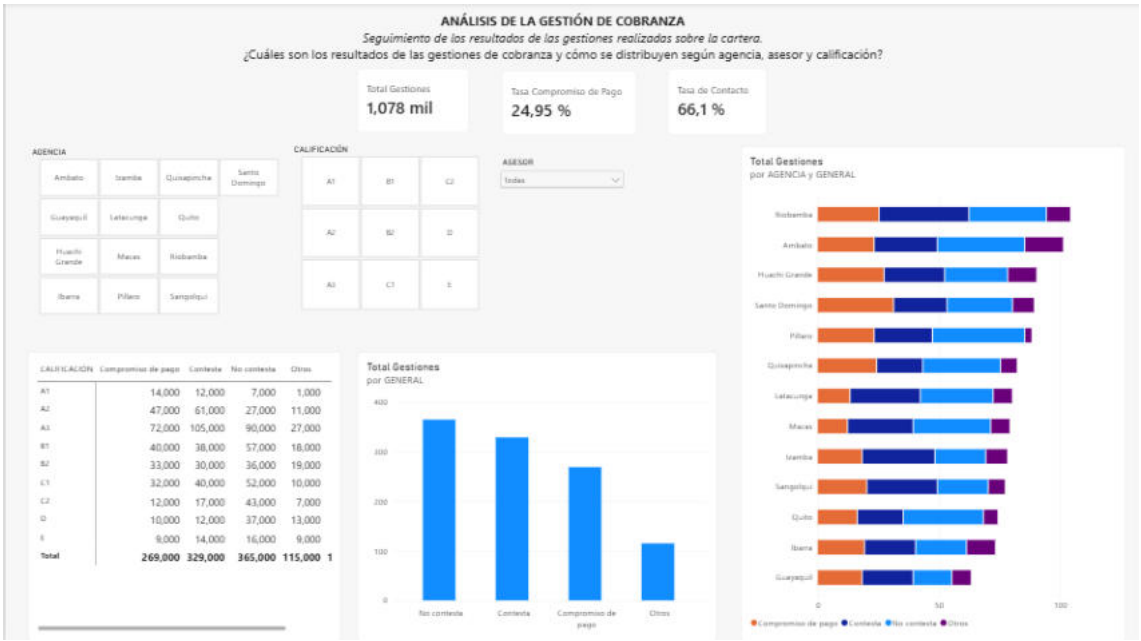


Figura 2. Análisis de la gestión de cobranza.

Nota. Elaboración propia a partir de una base de datos sintética procesada mediante Power BI

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

En la Figura 1 se estableció que hay 1.044 socios en mora (categorías A2 a E), lo que significa que los 34 socios restantes (para llegar a los 1.078 de la base) pertenecen a la categoría A1. Sin embargo, en la tabla de la Figura 2, la fila de la categoría A1 suma exactamente 34 gestiones de cobranza (14 compromisos de pago, 12 contesta, 7 no contesta, 1 otros). Estos se contemplan como una medida preventiva antes de su vencimiento.

Se puede evidenciar los resultados de las gestiones con 365 registros que corresponden a la categoría de No contesta, seguida de 329 con Contesta y 269 con compromiso de pago. En cuanto a la distribución por agencia se pudo analizar que Riobamba y Ambato contienen la mayoría de gestiones. Estos resultados evidencian los diferentes registros de las operaciones crediticias.

A partir de los resultados obtenidos, se logró determinar que en la mayoría de las gestiones registradas no se presentó respuesta por parte de los socios. En este sentido, poder clasificar los resultados de las gestiones de cobranzas permite visualizar cuales derivaron en compromisos de pago y de aquellas que se necesita nueva revisión. Asimismo, el poder analizar por agencia y asesor proporciona información que puede ayudar a la organización de las actividades de cobranza identificando oportunidades de mejora.

Apoyo a la toma de decisiones

A partir de los análisis en los tableros anteriores, se diseñó un tercer tablero interactivo denominado Apoyo a la toma de decisiones en la gestión de cartera, para poder identificar de mejor manera los segmentos que requieren mayor atención administrativa. Para lograrlo se integraron varios indicadores relacionados con el saldo pendiente, la cantidad de socios y los resultados de las gestiones de cobranza. Esta estructura ayudó a recopilar la información más relevante de la cartera en determinadas categorías.

Para la construcción del tablero se incorporaron cuatro indicadores principales, se incorporó saldo y número de socios que pertenecen a las categorías C1-E, así mismo, el saldo y número de socios de las categorías D-E. Adicionalmente se implementaron complementos visuales para examinar la distribución del saldo C1-E según las gestiones de cobranzas y agencias. Adicionalmente se incorporó una tabla con cada detalle sobre las operaciones crediticias que están por recuperarse. Finalmente, los filtros interactivos por agencia, asesor, calificación y resultado de gestión ayudan a realizar consultas específicas de los segmentos analizados como en la Figura 3.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

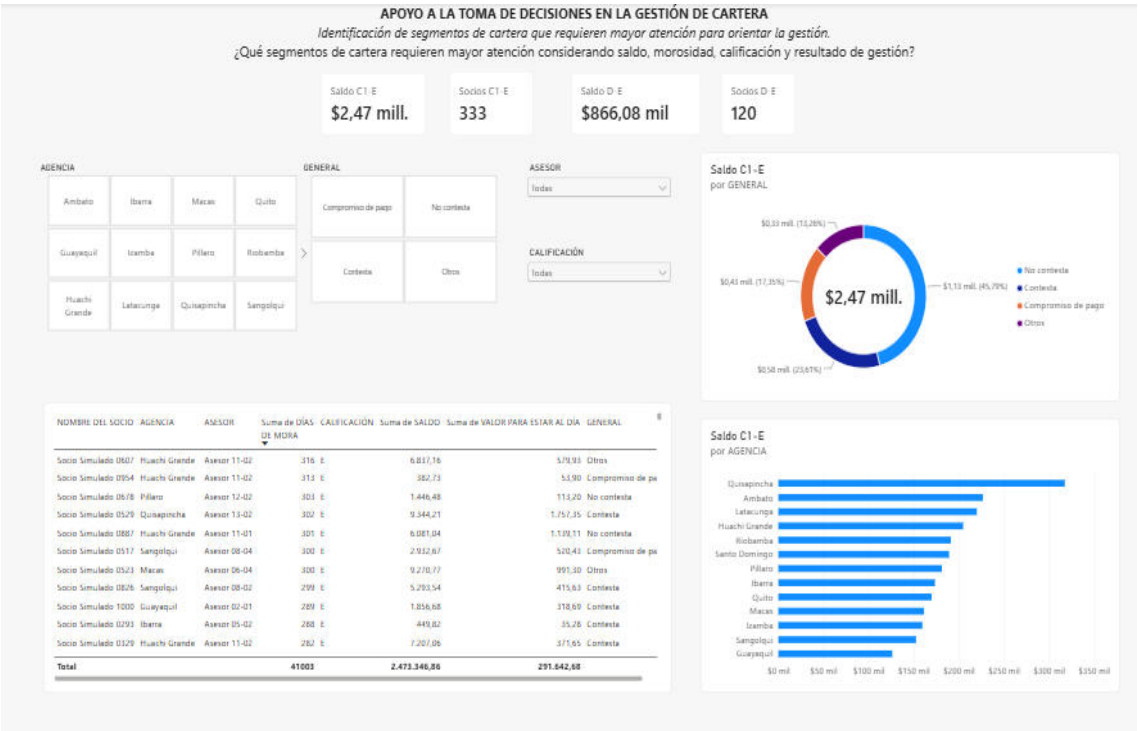


Figura 3. Apoyo a la toma de decisiones en la gestión de cartera

Nota. Elaboración propia a partir de una base de datos sintética procesada mediante Power BI

De acuerdo con los resultados analizados en la Figura 3, las categorías comprendidas entre C1 y E registraron un saldo pendiente de aproximadamente USD 2,47 millones que corresponden a 333 socios. Asimismo, las categorías D y E concentraron 866,08 mil asociados a 120 socios. Por otra parte, al evaluar las distribuciones por agencia Quisapincha registro la mayor concentración de saldo seguida de Ambato y Latacunga. Estos hallazgos ayudan a identificar las diferencias de distribución de cartera según su calificación, ubicación de las operaciones y resultados de gestión obtenidos.

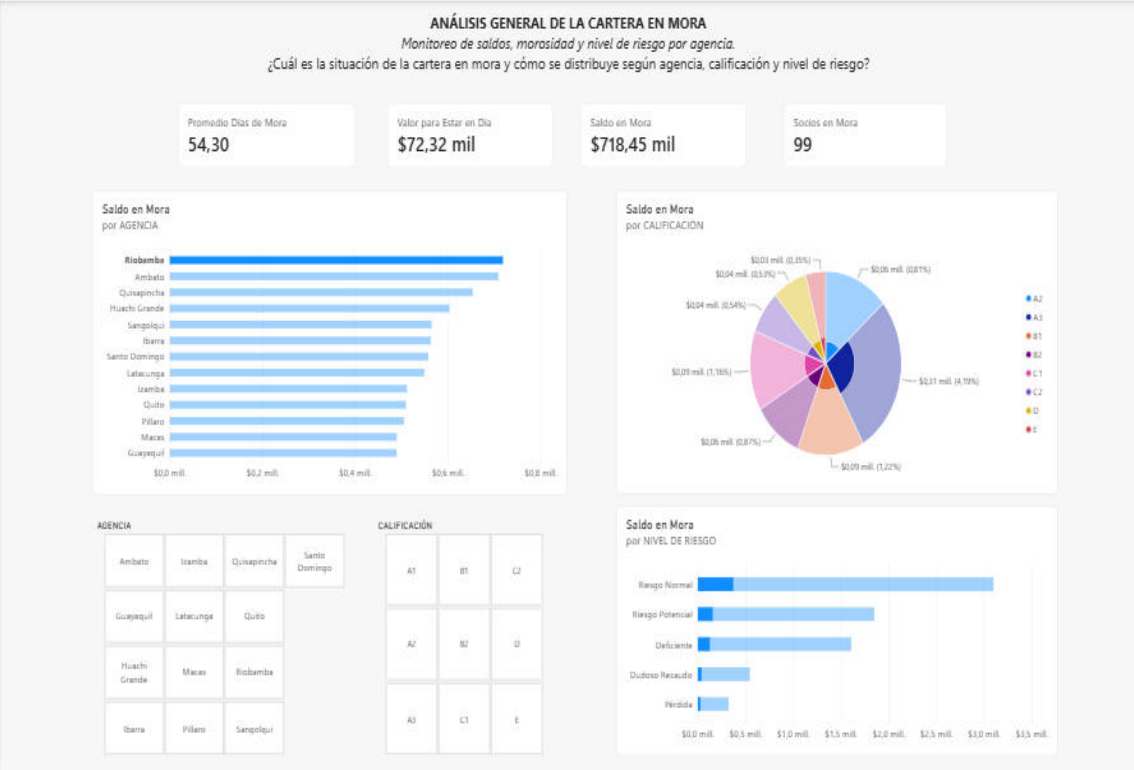
A partir de los resultados obtenidos, se distingue que la incorporación de indicadores financieros y los varios registros de cobranzas ayuda a reconocer los segmentos de cartera que necesitan un seguimiento más detallado. De esta manera la concentración de saldos en determinadas categorías crediticias junto con los resultados de contacto, facilita información que puede guiar la priorización de las actividades de cobranza. De esta manera, el tablero se convierte en una herramienta de apoyo para organizar la información y fundamentar las decisiones relacionadas con cartera

CASOS PRACTICOS

¿Cuál es la situación de la cartera en mora de la agencia Riobamba y como se distribuye su saldo según la calificación crediticia y nivel de riesgo?

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026



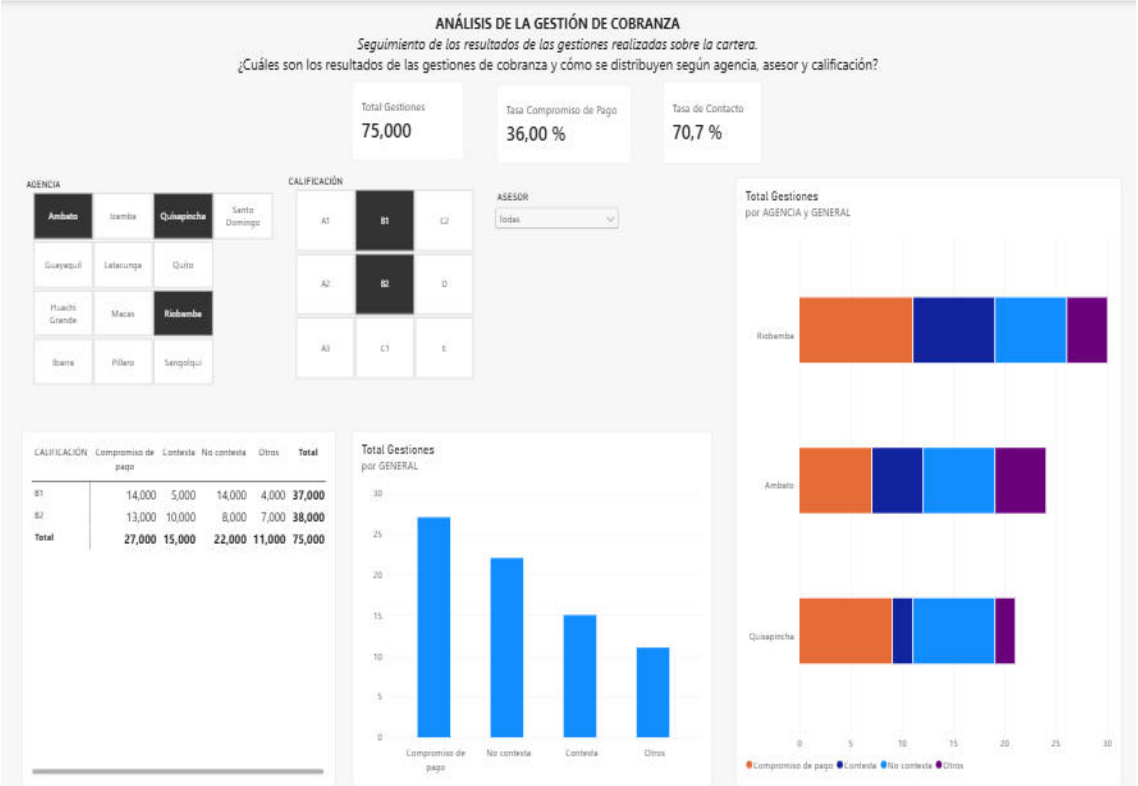
El tablero “Análisis general de cartera en mora” ofrece una visión clara en donde se puede identificar que existen 99 socios en mora, con un saldo pendiente de 718,45 mil y un valor de 72,320 mil para estar al día en sus obligaciones. Asimismo, en la distribución por calificación crediticia se puede identificar que la categoría A3 concentro mayor proporción de saldo seguido por B1.

A partir de estos hallazgos, se evidencia que el tablero ayuda a examinar la situación particular de una agencia y ayuda a identificar las categorías que concentran mayores saldos pendientes. Esta información podría contribuir a revisar las operaciones con mayores días de mora y establecer prioridades de seguimiento considerando la calificación de riesgo. De esta manera se puede facilitar el análisis de cartera y proporciona un apoyo fundamental para la gestión administrativa

¿Como se distribuyen los resultados de las gestiones de cobranza de las categorías B1 y B2 en las agencias Ambato, Riobamba y Quisapincha, y que aspectos requieren mayor seguimiento?

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026



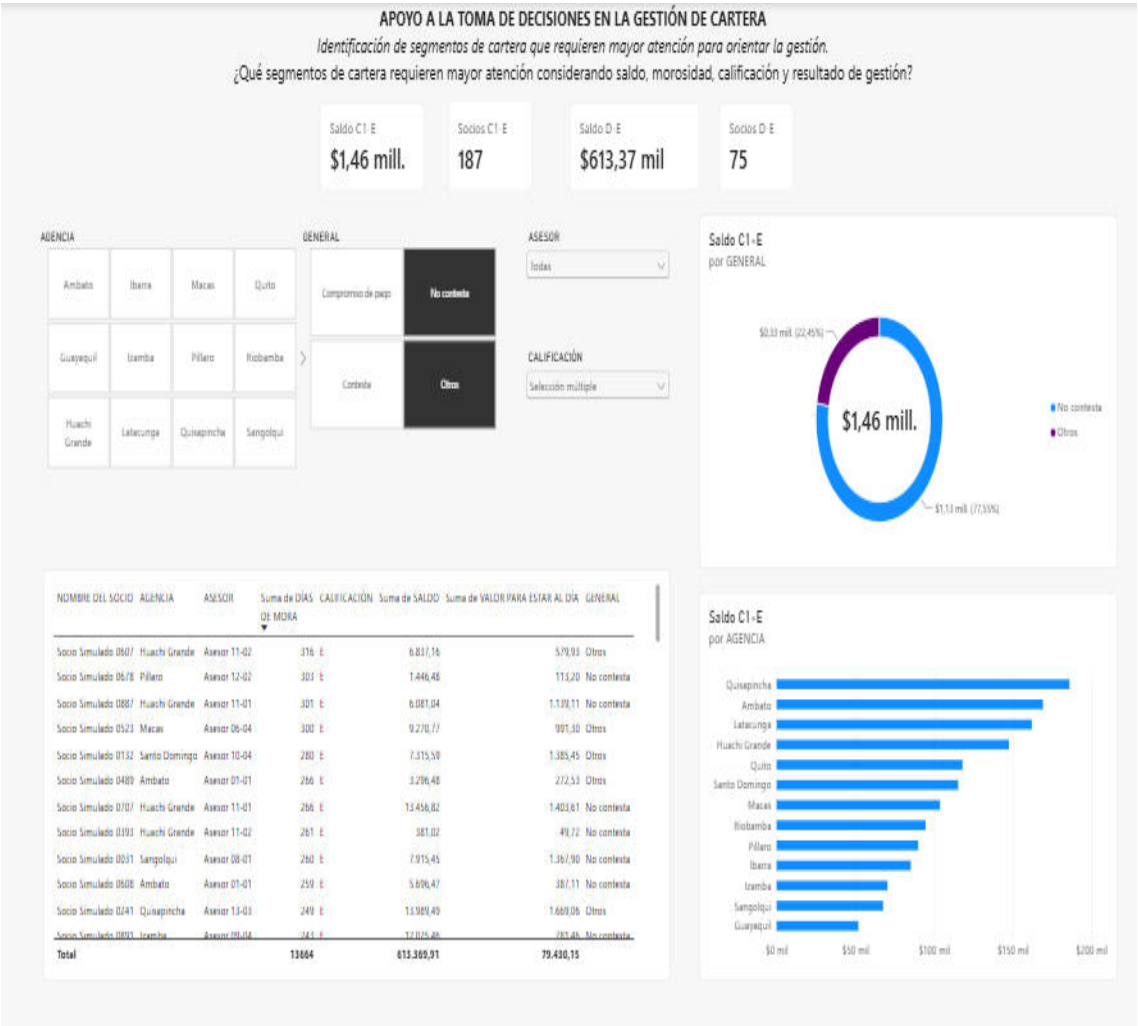
Al ejecutar los filtros correspondientes en las agencias Ambato, Riobamba y Quisapincha, con las calificaciones crediticias B1 y B2, se puede visualizar 75 registros realizados por cobranza. De este total el 70,7% corresponde a la tasa de contacto, mientras que solamente el 36% se registró como compromisos de pago. Asimismo, los resultados específicos se puede evidenciar 27 compromisos de pago, 15 registros de contacto, 22 sin respuesta y 11 clasificados como otros. Por otra parte, Riobamba centro el mayor número de gestiones entre las varias agencias seleccionadas

Estos resultados ayudan a identificar las diferencias durante el seguimiento de las operaciones crediticias. En particular, en donde se evidencia la mayor cantidad de gestiones sin respuesta en la categoría B1 podría considerarse para revisar los métodos de contacto y poder organizar nuevas medidas de seguimiento. De esta manera, Power BI facilita el análisis de segmentos específicos de cartera y brinda información para orientar nuevas decisiones administrativas.

¿Qué operaciones de las categorías D y E presentan resultados de gestión "No contesta" y "Otros" y cuáles deberían revisarse preferentemente según sus días de mora y saldos pendientes?

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026



Después de aplicar los filtros correspondientes a las clasificaciones crediticias D y E en conjunto con los resultados de gestión “No contesta y “Otros”, se logró identificar 75 socios que suman un valor pendiente de pago de 613.37 mil y un valor para estar al día aproximado de 79.430. Al visualizar la tabla de detalles se observan operaciones con más de 300 días de mora que se encuentran en la categoría E.

A partir de estos resultados, se puede evidenciar que la combinación de filtros permite delimitar un conjunto muy específico de operaciones para su seguimiento. De esta manera, el tablero ayuda a la identificación con mayor deterioro crediticio y que se necesita orientar de mejor manera el análisis administrativo de la cartera dentro del escenario sintético.

DISCUSIÓN

La gestión de cartera constituye un proceso administrativo fundamental para las entidades financieras, ya que abarca el seguimiento permanente de las obligaciones crediticias, el control oportuno de los atrasos y la identificación de operaciones que requieren atención prioritaria. Un estudio sobre el control interno en cooperativas de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

ahorro y crédito del segmento 4 de Chimborazo evidenció lo determinante que resulta disponer de información contable y administrativa fiable para fortalecer la gestión de riesgo (9). Aunque su investigación se centró en un segmento distinto al nuestro, coincide en señalar que la información bien organizada y verificable es la base sobre la cual se puede supervisar con rigor la actividad financiera; sin ella, cualquier análisis pierde solidez.

En relación con el análisis del riesgo crediticio en el sector financiero ecuatoriano, se combinó la descripción de datos, modelos predictivos y herramientas de inteligencia de negocios para identificar factores que llevan a los socios a dejar de cumplir sus pagos, presentando los hallazgos en tableros de fácil lectura (10). Esta experiencia confirma que integrar distintas variables del crédito permite interpretar la realidad con mayor claridad. Nuestro trabajo, en cambio, se mantiene en un nivel descriptivo, sin incorporar modelos predictivos, lo que responde a las necesidades inmediatas de seguimiento que se presentan en la práctica diaria de las cooperativas.

Los indicadores financieros permiten comprender el comportamiento institucional desde distintos ángulos. Una investigación aplicada a cooperativas del segmento 1 del Ecuador utilizó técnicas estadísticas multivariantes para examinar su estructura financiera, eficiencia operativa y calidad de activos (11). Si bien su enfoque fue institucional, su trabajo recuerda que la elección adecuada de indicadores es clave para que la información tenga sentido y utilidad. En el caso de la gestión de cartera, esto significa observar de manera conjunta los saldos pendientes, los días de atraso y la calificación de riesgo de cada operación, en lugar de revisarlos de forma aislada.

Para aprovechar estos indicadores, los datos deben estar depurados y estructurados previamente. Al analizar el uso de herramientas de inteligencia de negocios en una entidad financiera, se destacó la importancia de los procesos de extracción, transformación y carga (ETL), que preparan la información antes de elaborar cualquier indicador o gráfico (12). En nuestra investigación, estos pasos fueron esenciales para reunir en un solo lugar los registros de agencias, asesores, socios, saldos y resultados de cobranza, permitiendo un análisis integral.

Más allá de la preparación técnica, la forma en que se presenta la información influye directamente en su utilidad. Un experimento con 524 participantes demostró que las características visuales de los tableros inciden en la calidad de las decisiones: cuando la información está completa y bien organizada, la tarea se percibe menos compleja y los responsables se sienten más seguros al actuar (13). Del mismo modo, otro estudio analizó cómo el esfuerzo mental que exige un tablero determina su adopción: el contenido y su distribución pueden decidir si los usuarios lo aprovechan o lo abandonan (14). Esto explica el uso de filtros interactivos en nuestro diseño, que permiten consultar información segmentada sin saturar de datos la vista principal.

Nuestros resultados confirman que integrar y estructurar los registros crediticios con herramientas de inteligencia de negocios facilita el análisis. El proceso ETL permitió organizar los 1 078 registros y definir variables relacionadas con montos, morosidad, distribución geográfica y efectividad de la cobranza, en sintonía con lo señalado por

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

autores que resaltan esta etapa como cimiento de cualquier análisis fiable (15). Los indicadores construidos permitieron examinar la cartera desde tres dimensiones: situación de la mora, seguimiento de gestiones y nivel de riesgo. Esta lógica coincide con la implementación de sistemas automatizados para el monitoreo financiero (16), aunque aquí se enfocó específicamente en la cartera de crédito más que en el desempeño general de la entidad.

Los tableros dinámicos desarrollados permitieron visualizar la información de forma unificada, al igual que se ha propuesto en sistemas de evaluación crediticia con paneles analíticos (17), aunque sin incorporar inteligencia artificial. Incluir los resultados de las gestiones de cobranza contactos, compromisos, respuestas ofrece una perspectiva más completa que solo observar los saldos vencidos; sin embargo, es importante señalar que un compromiso de pago registrado no equivale a dinero recibido, por lo que cada indicador debe interpretarse según su propósito.

La posibilidad de consultar información filtrada por agencia, asesor o calificación responde a la necesidad de adaptar el análisis a cada situación concreta, tal como se ha buscado en otros sectores mediante sistemas de monitoreo organizacional (18). La tecnología por sí sola no garantiza una mejor gestión: se requiere que quienes administran la cartera comprendan los indicadores, den seguimiento constante y actúen sobre la base de la información disponible (19). En definitiva, la combinación de datos estructurados, indicadores bien definidos y tableros interactivos conforma un sistema de información gerencial que fortalece la toma de decisiones en la gestión de cartera (20).

CONCLUSIONES

El estudio mostro como el uso de Power BI puede ser utilizada como apoyo para la toma de decisiones en la gestión de cartera del sector financiero. La combinación de datos crediticios y su presentación en indicadores y tableros interactivos ayudan al análisis de varios componentes relacionados con la morosidad, el seguimiento de las gestiones de cobranza y la detección de operaciones que necesitan mayor atención y soporte administrativo

El proceso ETL y la creación de varios indicadores mediante DAX ayudaron a organizar los datos para su análisis. Asimismo, la creación de los tres dashboards ofrecieron distintas perspectivas de la gestión de cartera y los filtros interactivos permitieron consultas específicas y examinar segmentos según las necesidades. Estos elementos muestran la importancia de combinar el tratamiento de datos y herramientas de visualización dentro de un sistema de información gerencial.

Asimismo, la utilización de sistemas de información gerencial representa una oportunidad para que las instituciones puedan beneficiarse de su data en la planificación orientada al fortalecimiento de su gestión administrativa. De esta manera, se puede utilizar como recurso para la toma de decisiones, evaluar nuevas estrategias y ayudar a un crecimiento institucional sostenible.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pizzarro V, Álvarez H. Riesgo crediticio y sus efectos en la cartera de crédito de las cooperativas de ahorro y crédito en Guayaquill 2021-2022. 593 Digital Publisher CEIT. 2023; 8(4), (334-345).
2. Gavilanez D, De la Torre M. Impacto de la morosidad en la liquidez de las cooperativas de ahorro y crédito segmento 2. Investigación y Negocios. 2025; 18(32)(98-105).
3. Alvarado R, Acosta K, Mata Y. Necesidad de los sistemas de información gerencial para la toma de decisiones en las organizaciones. InterSedes. 2018; 19(39)(17- 31).
4. SEPS. Calificación de activos de riesgo y constitución de provisiones. [Online]; 2023. Disponible en: https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/Calificacion-activos-riesgo.pdf.
5. Bermeo D, Rosales M. Análisis de riesgo de crédito de las cooperativas ecuatorianas del segmento 1, periodo 2021-2023. Decisión Gerencial. 2025; 4(10)(28-39).
6. SEPS. Segmentación de entidades del Sector Financiero Popular y Solidario. [Online]; 2016. Disponible en: https://www.seps.gob.ec/institucion/segmentacion-de-esfps/.
7. Pinyo M, Pinda B, Riomero A. Inteligencia de negocios en el análisis financiero. 2025; 7(esp.1)(288-306).
8. Moreno J, Zúñiga I, Medina P, Calvache C. Power BI en el sector financiero: Cómo transformar datos en decisiones inteligentes.. Journal of Science and Research. 2024; 9(2)(12-29).
9. Ramírez A, Urrutia J, Lach W. El control interno de las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 4 de Chimborazo.. Noesis. Revista Electrónica de Investigación. 2025; 7 (sep.1)(307-327).
10. Pando J, Ramírez P, Reyes M, Cevallos L, Rumbaut D. Análisis de riesgo de crédito en instituciones financieras ecuatorianas: enfoque descriptivo y predictivo integrado con aprendizaje automático e inteligencia de negocios. Neutrosophic, Computing and Machine Learning. 2025; 41(126-142).
11. Llerena G, Rosales F. Análisis de los indicadores financieros de las coopertativas de ahorro y crédito del semento I de Ecuador usando HJ- Biplot y clúster jerárquico. Revista Economía y Política. 2025; 2(42)(81-99).
12. Pesantez M, Cajamarca O. Análisi de datos de una institución financiera de Cuenca ara la toma de decisiones a través de herramientas y estrategias de Business. MQRInvestigar. 2025; 9(2)(38-51).
13. Hjelle S, Mikaelf P, Altwaijry N, Parida V. Toma de decisiones organizacional y análisis de datos: estudio experimental sobre el diseño de dashboard. Información y Management. 2024; 61(6)(104011).
14. Burnay C, Lega M, Bouraga S. nteligencia de negocios y carga cognitiva: propuesta de modelo de adopción dedashboard. DAta y Knowledge Engineering. 2024; 4(21)(34-53).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 94-111

DOI:
https://doi.org/10.56519/yp9a8h63
Noviembre 2026

15. Matayong S, Saebao S, Trakulmaykee N. Sistema de inteligencia de negocios para el análisis de cualificación docente: optimización de flujos ETL para la extracción de indicadores de desempeño. Recent Science and Technology. ; 17(2)(264981).
16. Tian W. Mejora de la toma de decisiones financieras mediante sistemas automatizados de inteligencia de negocios. Internacional Journal of e Collaboration. 2025; 21(1)(1-20).
17. Pamuk M, Schumann M. Hacia AI dashboards en servicios financieros: diseño e implementación de un panel de evaluación crediticia. Machine Learning and Knowledge Extraction. 2024; 6(3)(1720- 1761).
18. Sorour A, Atkins A. El desafío de grandes volúmenes de datos en instituciones de educación superior mediante dashoards de inteligencia de negocios . Journal of electronic Science and Technology. 2024; 22(1)(127-231).
19. Bany A, Al-Okaily M, Qasim D, Khalaf M. omprensión del uso de herramientas de inteligencia de negocios y análisis de datos en el sector bancario: evidencia empírica. International Journal of Information Management Data Insights. 2024; 4(1)(13-25).
20. Quisajosaca D. Diseño de un modelo de gestión para la recuperación de cartera vencida en la Cooperativa de Ahorro y Crédito Integración solidaria Ltda. del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Universidad Estatal de Chimborazo. 2022; 3(2)(56-73).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

GAMIFICACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS ECUACIONES LINEALES EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

GAMIFICATION IN THE LEARNING OF LINEAR EQUATIONS AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Marjuri Pacheco[1], Evelyn Tayo[2], Miguel Tisalema[3]

{mcpachecof@ube.edu.ec[1], ectayoa@ube.edu.ec[2], matisalemas@ube.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 30/09/2026 / Fecha de aceptación: 03/11/2026 / Fecha de publicación: 09/11/2026

RESUMEN: La gamificación se ha ido consolidando como una estrategia educativa enfocada en el aumento de la participación, motivación y aprendizaje de los estudiantes. No obstante, la efectividad en contenidos algebraicos, específicamente con ecuaciones lineales, requiere de una valoración sistemática de evidencia disponible. El objetivo de la investigación fue la de analizar la incidencia de la gamificación en el aprendizaje de las ecuaciones lineales en estudiantes de educación secundaria, identificando aquellas estrategias empleadas como los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento académico, la compresión matemática, motivación, participación y compromiso. De esta manera, se realizó una revisión sistemática por medio de PRISMA 2020, en repositorios de información como ERIC, Redalyc, Scielo, DOAJ y Google Scholar en investigaciones publicadas entre el año 2016 a 2026. Donde se identificaron 701 registros, depurados y cribados a posterior hasta incluir 10 investigaciones que cumplieron con los criterios de inclusión y utilizados para la síntesis narrativa como para la valoración crítica de la calidad metodológica. Los resultados delimitaron una tendencia favorable de la gamificación con respecto al rendimiento académico y la comprensión de las ecuaciones lineales, evidenciando también mejoras en la motivación, participación y el compromiso estudiantil. Las intervenciones hicieron uso de plataformas digitales, recompensas, retos, niveles, retroalimentación constante y actividades cooperativas, aunque en algunos casos la gamificación se combinó con otras metodologías. En cuanto a la solidez metodológica, la evidencia presentó heterogeneidad en cuanto a las muestras de estudio, grupos no aleatorizados y diseños preexperimentales en algunos casos. De esta manera, la gamificación constituye una estrategia prometedora para la enseñanza de ecuaciones lineales, primordialmente cuanto se articulan con objetivos matemáticos claros. Sin

[1]Estudiante de Posgrado, Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-6036-5434; +593995884441.

[2]Estudiante de Posgrado, Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-5553-9015; +593983758400.

[3]Docente, Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-7650-7436; +593988587919

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

embargo, para establecer una mayor precisión sobre la magnitud de sus efectos como la permanencia se requieren de estudios con muestras más amplias, una mayor duración y diseños controlados.

Palabras clave: Gamificación, ecuaciones lineales, aprendizaje matemático, rendimiento académico, motivación

ABSTRACT: Gamification has become increasingly consolidated as an educational strategy focused on enhancing student participation, motivation, and learning. However, its effectiveness in algebraic content, particularly linear equations, requires a systematic assessment of the available evidence. The objective of this study was to analyze the influence of gamification on the learning of linear equations among secondary education students, identifying the strategies implemented and the results obtained in terms of academic performance, mathematical understanding, motivation, participation, and engagement. A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines using information repositories such as ERIC, Redalyc, Scielo, DOAJ, and Google Scholar, covering studies published between 2016 and 2026. A total of 701 records were identified, screened, and subsequently reduced to 10 studies that met the inclusion criteria and were used for the narrative synthesis and critical appraisal of methodological quality. The findings revealed a favorable trend in the use of gamification regarding academic performance and the understanding of linear equations, as well as improvements in student motivation, participation, and engagement. The interventions used digital platforms, rewards, challenges, levels, continuous feedback, and cooperative activities, although some studies combined gamification with other methodologies. Regarding methodological strength, the evidence showed heterogeneity related to sample size, non-randomized groups, and pre-experimental designs in some cases. Therefore, gamification represents a promising strategy for teaching linear equations, particularly when its elements are aligned with clear mathematical objectives. Nevertheless, further studies with larger samples, longer interventions, and controlled designs are required to determine the magnitude and persistence of its effects more accurately.

Keywords: Gamification, linear equations, mathematical learning, academic performance, motivation

INTRODUCCIÓN

La educación en las matemáticas se considera un factor primordial en la formación integral de los estudiantes, debido a su aporte en el razonamiento lógico, la capacidad de abstracción y la resolución de problemas. En la educación secundaria, el aprendizaje del álgebra empieza desde los procedimientos aritméticos hasta la comprensión y el uso de representaciones simbólicas, equivalencias, ecuaciones, variables o de las diferentes formas de representación. En la literatura actual se identifican varias dificultades en este aspecto, como la interpretación exclusivo operacional del signo igual, utilizar letras y números negativos, la traducción entre las representaciones con la aplicación de

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

procedimientos algebraicos sin la suficiente comprensión de las relaciones involucradas (1).

Dichas dificultades generan gran relevancia en el contexto ecuatoriano. Lo expuesto se fundamente además en los resultados de PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) 2025, que delimitan que tan solo el 20% de los estudiantes ecuatorianos de 15 años alcanzan el nivel 2 de competencia matemática, en comparación al 65% del promedio registrados de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Estos resultados delimitan la imperiosa necesidad de realizar un análisis de las estrategias pedagógicas que fortalezcan la participación del estudiante como la comprensión de los contenidos algebraicos y de las ecuaciones lineales (2).

En este sentido, la enseñanza de las ecuaciones lineales puede generar varias dificultades sobre todo en la interpretación de expresiones simbólicas, la comprensión de los procedimientos o la aplicación de los conocimientos matemáticos en diferentes situaciones. Estas limitaciones se evidencian particularmente en la educación básica superior, donde se espera del estudiante la consolidación de habilidades algebraicas necesarias para resolver contenidos de mayor complejidad. En el contexto ecuatoriano, Ayala y otros, desarrollaron su investigación acerca de la gamificación y el aprendizaje de ecuaciones lineales en estudiantes de educación básica. En su análisis, establece una intervención de cuatro semanas, reportando mejoras en la comprensión, rendimiento académico y motivación de los participantes (3).

La gamificación, como una alternativa, se conceptualiza como la incorporación de elementos propios del diseño de juegos, sea desde niveles, puntos a asignar, insignias o la retroalimentación, en actividades que requieren ser aprendidas que no constituyen un juego. Desde la teoría de la Autodeterminación, su aporte se explica desde la satisfacción de las necesidades pedagógicas de competencia, autonomía y relación, asociadas a formas más autónomas de participación y motivación en el aprendizaje (4). Por lo que, las actividades de retroalimentación pueden favorecer en la percepción de competencia, la posibilidad para realizar elecciones genera autonomía y las actividades colaborativas fomentan las relaciones entre estudiantes (5).

Sin embargo, la gamificación debe diferenciarse del aprendizaje basado netamente en juegos. Mientras la primera, incorpora elementos relacionadas con el juego (puntos, insignias, etc.) a una actividad educativa que continuará siendo no precisamente lúdica. Por su parte, el aprendizaje basado en juegos, utiliza estos como el medio principal para generar aprendizaje (6).

Por lo expuesto, la presente investigación se enfoca en examinar las estrategias didácticas que generen experiencias educativas participativas y fortalezcan la compresión de los contenidos algebraicos. Dentro de estas alternativas se encuentra la gamificación, término que se relaciona con la incorporación de elementos y características dinámicas enfocados en los juegos bajo contextos no propiamente lúdicos. En la educación, esta estrategia puede delimitar varios desafíos, niveles de dificultad, retroalimentación inmediata, recompensas y mecanismos de progresión, con

la finalidad de estimular la participación del estudiante promoviendo su colaboración activa en el proceso de aprendizaje (7). Sin embargo, la aplicabilidad de esta técnica requiere de una articulación adecuada entre las actividades gamificadas, los objetivos curriculares y las características del grupo de estudiantes (8).

Desde un aspecto general, Sailer y Homer, realizaron un estudio que involucra un metaanálisis acerca de los efectos de la gamificación en los resultados cognitivos, motivacionales y conductuales del aprendizaje. Los autores evidenciaron que existen efectos positivos en estas dimensiones, estos resultados también delimitaron la importancia de considerar características desprendidas de las intervenciones educativas. Este antecedente determina varios fundamentos para evaluar a la gamificación como una estrategia pedagógica, con resultados que podrían expandirse a todos los contenidos matemáticos o niveles escolares. Por ello, resulta necesario analizar la evidencia de esta técnica con respecto a las ecuaciones lineales (9).

En el campo educativo de las matemáticas, Holguín y otros, realizan una revisión sistemática acerca de la gamificación en esta área, enfatizando en su relación con el rendimiento académico. Esta investigación represente un antecedente para la comprensión de posibilidades y estrategias dentro de los diferentes contextos educativos (10). En este sentido y conforme a la amplitud de la temática en general sobre matemáticas, resulta apropiado evaluar de manera diferenciada los estudios relaciones con el aprendizaje de ecuaciones lineales con las caracterices de la población perteneciente al nivel secundario.

En Ecuador varias son las investigaciones que se relacionan con las intervenciones educativas que implementan la gamificación en contenidos algebraicos específicos. Tal es el caso de Silva y otros, quienes combinan el aula invertida y la gamificación del aprendizaje en ecuaciones lineales en estudiantes de 13 a 14 años. Mediante un enfoque mixto y una intervención aplicada en cinco semanas, evidenciaron resultados favorables en cuanto a la motivación, desempeño académico y la comprensión conceptual (11). Por su parte, Chávez y otros, analizaron el uso de Worldwall en el aprendizaje de las ecuaciones lineales en estudiantes de décimo año, conforme una comparativa entre grupo experimentales y de control (metodología convencional). En este estudio se evidenció el aumento de calificación promedio del grupo experimental (12). Estos hallazgos aportan evidencia a que la gamificación puede favorecer el aprendizaje de las matemáticas, aunque siempre se debe analizar rigurosamente a la población, el diseño y las estrategias educativas empleadas.

Conforme a los antecedentes expuestos, se han identificado la pertinencia de organizar y analizar la evidencia científica la gamificación y las ecuaciones lineales. No obstante, previo a generar conclusiones generales, resulta pertinente determinar las investigaciones que específicamente evalúan a estudiantes de secundaria, estrategias de gamificación claramente identificables cómo las dimensiones del aprendizaje evaluado. Así también, es importante distinguir los resultados de intervenciones exclusivamente gamificadas y aquellas combinaciones con estrategias pedagógicas, puesto que estas diferencias podrían condicionar la interpretación de sus efectos. En

este sentido, la revisión sistemática permitirá establecer, además, el alcance real de la producción científica disponible en Ecuador y América Latina.

Por lo expuesto, la presente investigación se enfoca en el análisis de la incidencia de la gamificación en el aprendizaje de las ecuaciones lineales en estudiantes de secundaria, mediante una revisión sistemática de la literatura científica entre el año 2016 al 2026. Para ello, se identificarán las estrategias aquellas herramientas de gamificación utilizadas, se analizarán los resultados reportados referentes al rendimiento académico, la motivación, la comprensión matemática, además de la participación estudiantil. Con estos resultados se sintetizarán los hallazgos, características metodológicas y las limitaciones en la aplicación de dicha estrategia educativa. La revisión se basará en el método PRISMA 2020, con la finalidad de establecer un proceso transparente y reproducible que contribuya en la comprensión de posibilidades además de las limitaciones de la gamificación en la enseñanza de este contenido matemático (13).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en base a una revisión sistemática de literatura con una síntesis narrativa, enfocada en el análisis de evidencia científica disponible acerca de la incidencia de la gamificación en el aprendizaje de ecuaciones lineales en estudiantes de secundaria. En este proceso se incluyen varias fases empezando desde la identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios, con el propósito de organizar de forma sistémica la evidencia recopilada sobre estrategias de gamificación, aplicabilidad y resultados obtenidos en el aprendizaje matemático.

La búsqueda de la documentación se realizó en repositorios de revistas científicas como ERIC, Scielo, Redalyc y DOAJ (Directory of Open Access Journals), complementada con Google Académico. Las publicaciones consideradas se encontraron en el periodo entre los años 2016 a 2026, redactadas tanto en español, inglés y portugués. Además, se consideró como población objetivo a los estudiantes de educación secundaria o niveles equivalentes conforma la organización de cada país sin restricción geográfica. Sin embargo, se dio mayor importancia a estudios realizados en Ecuador y América Latina pero no se excluyeron investigaciones internacionales que cumplieron con los criterios de elegibilidad.

Para ello, se estableció una estrategia de búsqueda basada en tres definiciones generales sean la gamificación, ecuaciones lineales y educación secundaria. Para la combinación de estos componentes conceptuales se utilizaron operadores booleanos como AND y OR. En este sentido el operador OR fue el encargado de integrar sinónimos o expresiones equivalentes en un mismo componente, por su parte AND permitió conectar o relacional los componentes estudiados. En este sentido y adecuado a los idiomas antes descritos se generaron las siguientes cadenas para las respectivas consultas:

- ("gamificación" OR "aprendizaje gamificado" OR "estrategias gamificadas") AND ("ecuaciones lineales" OR "ecuaciones de primer grado" OR "álgebra") AND ("educación secundaria" OR "educación básica superior" OR "bachillerato")

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

- ("gamification" OR "gamified learning" OR "gamified strategies") AND ("linear equations" OR "first-degree equations" OR "algebra") AND ("secondary education" OR "secondary school" OR "middle school" OR "high school")
- ("gamificação" OR "aprendizagem gamificada" OR "estratégias gamificadas") AND ("equações lineares" OR "equações do primeiro grau" OR "álgebra") AND ("ensino fundamental" OR "ensino médio" OR "educação secundária")

Conforme la aplicación de estas estrategias se generaron varias coincidencias, dentro de las cuales se destacaron 11 registros en el repositorio ERIC. En Redalyc se obtuvo un total de 46 resultados encontrados entre los tres idiomas. En el caso de Scielo y DOAJ no se encontraron coincidencias. Por su parte, en Google Académico se reportó un total de 644 registros. Por lo tanto, se ha consideró un Universo documental preliminar de aproximadamente 701 trabajos de investigación a ser debidamente analizados y depurados.

En cuanto a los criterios de inclusión se consideraron a las publicaciones relacionadas con la aplicación de la gamificación como una alternativa del aprendizaje de estudiantes de secundaria o de niveles equivalente en el tema de ecuaciones lineales, publicadas tanto en los idiomas descritos como en el periodo de estudio. Se aceptaron estudios cualitativos, cuantitativos, mixtos en trabajos de investigación de posgrado sean de maestrías o doctorados y artículos científicos originales que aportaron perspectivas en cuanto el rendimiento académico, la comprensión matemática, la motivación, el compromiso, la participación activa de los estudiantes como variables vinculadas en el proceso de aprendizaje

Por su parte, los criterios de exclusión rechazaron aquellos estudios duplicados, publicaciones de años anterior al 2016, investigaciones aplicadas a la educación superior, documentos que no abordan el tema de ecuaciones lineales y trabajos que no fueron considerados pertinentes al objeto de estudio. También no fueron aceptados tesis de pregrado, documentos sin acceso libre. Además, se excluyeron intervenciones relacionadas con el aprendizaje basado en juegos, sin elementos de gamificación debidamente definidos.

Posterior a la identificación se procedió a la depuración y eliminación de los registros duplicados (n=29), se excluyeron 580 archivos posterior a leer el título y 19 que no tenían acceso libre, quedando 73 registros cribados de los cuales, 38 fueron descartados después de leer el resumen. A continuación, 35 de los estudios se evaluaron a texto completo, excluyendo 25. Finalmente, el análisis permitió incluir para la síntesis a 10 documentos con los que se trabajaron los resultados de la investigación y que se muestra en la Figura 1.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

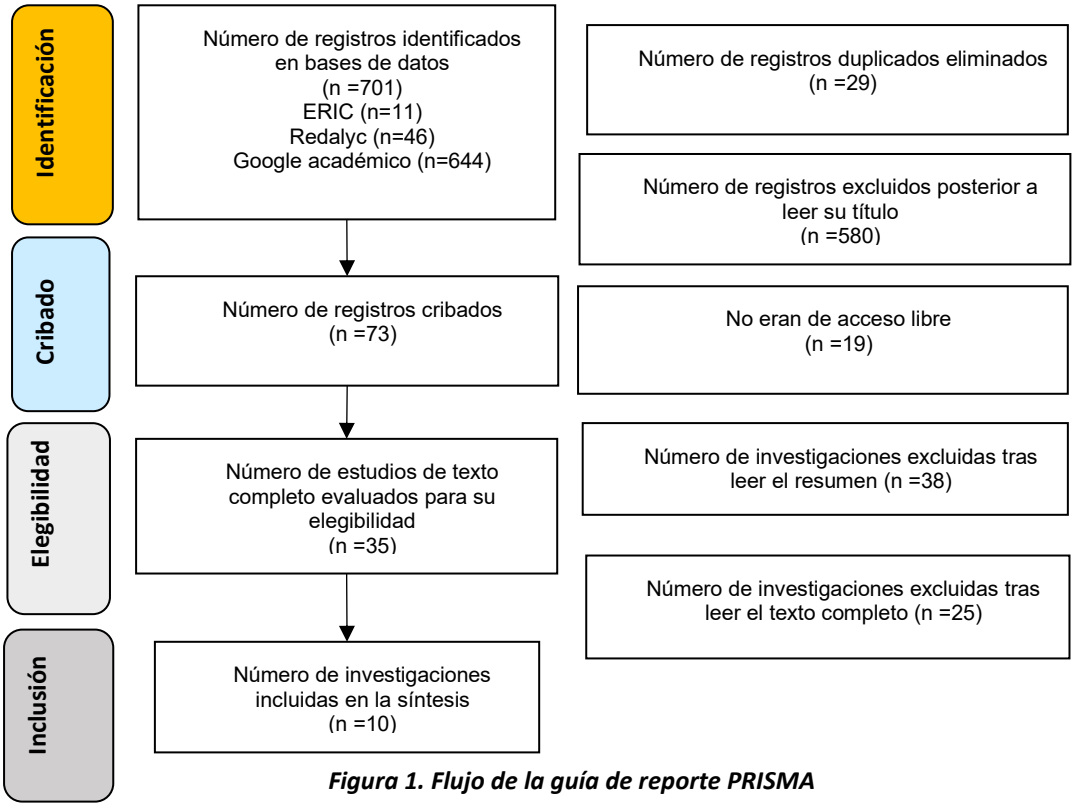


Figura 1. Flujo de la guía de reporte PRISMA

La calidad metodológica como el riesgo de sesgo se valoraron a las 10 investigaciones incluidas por medio de instrumentos de evaluación crítica de acuerdo con cada tipo de investigación. En este sentido los estudios experimentales y cuasiexperimentales se analizaron conforme criterios específicos para intervenciones que poseen o no grupo de comparación. En investigaciones mixtas se validaron los componentes metodológicos. Los criterios fueron registrados si cumplen, no cumplen, es incierto o no es aplicable. La evaluación no se utilizó como un criterio de exclusión, sino como una manera adecuada de ponderar la solidez de los hallazgos como de su interpretación.

En vista de la heterogeneidad de los diseños, muestras, formas de gamificación, contenidos matemáticos e indicadores de resultados, los resultados se generaron por medio de síntesis narrativas como comparativas. De esta manera, los estudios fueron distribuidos conforme el tipo de ecuación abordad, el nivel educativo, las estrategias de gamificación utilizadas y los resultados observados, haciendo una distinción entre el rendimiento académico, la comprensión matemática y variables relacionadas con la motivación.

RESULTADOS

Por medio de PRISMA se seleccionaron 10 investigaciones que se relacionaron directamente con el objeto de estudio como se mostró en la Figura 1. Los estudios que se incluyeron responden a publicaciones realizadas en el periodo 2023 a 2026 realizadas

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

en Ecuador. A continuación, en la Tabla 1 se muestran las investigaciones incluidas en el presente estudio.

Tabla 1. Datos de las investigaciones incluidas.

Autores	País	Población y nivel	Diseño metodológico	Estrategia	Contenido matemático	Resultado principal
Reyes y otros, 2023 (14)	Ecuador	12 estudiantes de 8v EGB	Preexperimental y cuantitativo.	Actividades gamificadas	Ecuaciones de primer grado con 1 incógnita	Mejora significativa en el rendimiento académico
Carapás y otros, 2024 (15)	Ecuador	48 estudiantes de 10mo EGB: 24 experimentales y 24 de control	Cuasiexperimental	Secuencias didácticas gamificadas	Sistemas de ecuaciones lineales	Mejora de calificaciones y aumento en el nivel del dominio
Silva y otros, 2024 (11)	Ecuador	Tamaño muestral, aplicado a 30 estudiantes de 13 a 14 años	Enfoque mixto	Gamificación más *flipped classroom*	Ecuaciones lineales	En 10 sesiones organizadas en 5 semanas se evidencia mejora en la motivación, rendimiento académico y compresión conceptual
Álava, 2024 (16)	Ecuador	24 estudiantes de 8vo EGB distribuidos en 12 de control y 12 experimentales	Cuantitativo con grupos comparativos	Clases gamificadas planificadas	Ecuaciones de primer grao con una incógnita en $\mathbb{Z}$	Grupo experimental alcanza un 9,29 con respecto al 7,71 del de control
Rivadeneira, 2024 (17)	Ecuador	38 estudiantes de 1ero de Bachillerato	Preexperimental con enfoque mixto	Aplicación de talleres gamificados	Sistemas de ecuaciones lineales	Aumento de la media analizada en el postest, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa
Ayala y otros, 2025 (3)	Ecuador	12 estudiantes de 10mo EGB	Experimental de un solo grupo, pretest y postest	Gamificación digital mediante *Kahoot* y GeoGebra	Ecuaciones lineales	Aumento de las calificaciones

ISSN: 3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134
DOI: https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

Chávez y otros, 2025 (12)	Ecuador	68 estudiantes de 10mo EGB, 35 experimentales y 33 de control	Mixto, experimental	*Wordwall*	Ecuaciones lineales	La media experimental ascendió de 6,23 a 8,50
Baquero y Ramírez, 2025 (18)	Ecuador	50 estudiantes del nivel de bachillerato	Cuasiexperimental, pretest y postest con control	Quizizz, Educaplay y Genially. Retroalimentación, niveles y reconocimiento	Ecuaciones de primer grado	Aumento de 5,27 a 8,04 en el grupo experimental. Mejoras en la motivación, participación y reducción de la ansiedad matemática
Lema y Rumiguano, 2026 (19)	Ecuador	67 estudiantes de 2do de Bachillerato, 35 experimentales y 32 de control	Mixto secuencial explicativo y cuasiexperimental	Delimitación de un entorno virtual gamificado con insignias, narrativa, retroalimentación, dificultad adaptativa y desafíos	Sistemas de dos ecuaciones lineales	Mejoras significativas en el rendimiento, comprensión conceptual y motivación intrínseca.
Bolaños y otros, 2026 (20)	Ecuador	50 estudiantes de 1ero de Bachillerato, 25 experimentales y 25 de control	Cuasiexperimental y cuantitativo	Gamificación más aprendizaje cooperativo	Sistemas de ecuaciones lineales	Mejoras significativas en el rendimiento académico frente a la metodología tradicional

A nivel geográfico, los estudios fueron aplicados en Ecuador, con respecto a los diseños metodológicos, existe una tendencia en investigaciones de tipo experimentales y cuasiexperimentales. Con ello, se realizaron intervenciones gamificadas para posterior a ello realizar la comparación de resultados antes y después de su implementación. Varias investigaciones hicieron uso de grupos experimentales y de control, teniendo como finalidad contrastar los efectos de la gamificación con respecto a la metodología tradicional. Otros por su parte realizaron un diseño preexperimental, es decir la evaluación en un solo grupo. Así también, existen estudios donde se aplicó un enfoque mixto, en el cual se complementaron herramientas cuantitativas como la encuesta con elementos cualitativos como entrevistas y observaciones, además de delimitar una experiencia estructurada conforme un experimento de enseñanza.

Además, las investigaciones han abordado distinto contenido matemático. En algunos casos trabajan con ecuaciones de primer grado con una incógnita, otra usa ecuaciones

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

lineales y también se estudian los sistemas de ecuaciones lineales. Esta diferenciación resulta de gran importancia puesto que permite analizar el impacto de la gamificación en las habilidades algebraicas elementales hasta los procesos que demandan una mayor intervención de métodos resolutivos como representaciones.

También, se evidenció que existen varias formas de gamificación. Ciertos estudios han utilizado plataformas digitales como Kahoot, Wordwall, Quizizz, Genially o Educaplay, diseñadas con secuencias gamificadas con insignias, puntos, niveles, desafíos y retroalimentaciones.

Estrategias y herramientas de gamificación

El análisis de las investigaciones evidenció una diversidad de estrategias que incorporan componentes lúdicos para el aprendizaje de ecuaciones lineales. En términos generales, se identificaron intervenciones apoyadas en plataformas digitales, actividades gamificadas presenciales y propuestas combinadas con otras metodologías activas. Los elementos predominantes utilizados se evidenciaron retos, sistemas de puntos, niveles de dificultas, recompensas, trabajo colaborativo, competencias y retroalimentación. La variedad de actividades encontrada demuestra que la gamificación no solamente puede atenderse desde ciertas herramientas específicas, sino que se puede organizar conforme la experiencia del aprendizaje que requiere ser entregado.

En cuanto a las intervenciones que utilizaron recursos digitales, las plataformas otorgaron distintos aportes. Ayala y otros aplicaron Kahoot para la formulación de cuestionarios interactivos con GeoGebra para actividades competitivas de resolución como la presentación de ecuaciones lineales, añadiendo posteriormente espacios de revisión como retroalimentación (3). En el caso de Chávez y otros, emplearon Wordwall como una estrategia aplicada a estudiantes de décimo año (12). Por su parte, Baquero y Ramírez usaron Educaplay, Quizizz y Genially, combinados con actividades interactivas en base a niveles, puntos, recompensas y retroalimentación instantánea, además de que cada ejercicio o tarea mantenía una dificultad progresiva conforme el avance del estudiante (18).

También, la gamificación fue integrada en un entorno digital de mayor complejidad como lo delimito Lema y Rumiguano, quienes establecieron un entorno virtual de ocho semanas, en el cual se incorporaron actividades como la narrativa contextual, seis niveles de dificultad progresiva, insignias de logro, sistemas de puntos, desafíos y retroalimentación instantánea. Este último componente conjuntamente con los niveles progresivos y las insignias tuvieron la mejor valoración y aceptabilidad, mientras que las tablas de clasificación tuvieron una respuesta más dividida, por la presión competitiva que causó en algunos de los estudiantes (19).

Reyes y otros por su parte combinaron recursos digitales con materiales de apoyo dentro de una secuencia de actividades gamificadas, empleando plataformas como Kahoot, Genially, Quizizz y 99math. La intervención además incorporó mecanismos de puntuación, actividades competitivas, retos como el trabajo individual y grupal, todos estos aspectos fueron incorporados en la planificación de la enseñanza de ecuaciones

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

de primer grado. De esta manera, la gamificación se sustentó principalmente en las dinámicas de retroalimentación y participación dentro del proceso educativo, más que en el uso aislado de los recursos o actividades lúdicas (14). Así también, Carapás y otros ajustaron actividades lúdicas con herramientas digitales dentro de secuencias didácticas, utilizando elementos como recompensas, puntos y retos de aprendizaje que promovieron la participación activa de los estudiantes (15).

Por lo expuesto, se evidenció que varias intervenciones combinan gamificación con ciertas estrategias pedagógicas. Para Silva y otros integraron el *Flipped Classroom* con la gamificación por medio de recursos como *Symbaloo*, *Edpuzzle*, *Kahoot* y *Quizizz* incluyendo actividades prácticas como colaborativas (11). En este contexto, Bolaños y otros combinaron la gamificación con el aprendizaje cooperativo basándose en secuencias didácticas, puntos, juegos, niveles y retos grupales (20).

Tabla 2. Estrategias y herramientas de gamificación identificadas.

Autor	Modalidad	Recursos y Herramientas	Elementos de gamificación utilizados
Reyes y otros, 2023	Gamificación híbrida	Kahoot, Genially, Quizizz, 99math y materiales de apoyo	Puntuación, retos, competencia, retroalimentación, trabajo individual y grupal
Carapás y otros, 2024	Secuencias gamificadas didácticas	Herramientas digitales y actividades lúdicas	Recompensas, puntos y retos
Silva y otros, 2024	Gamificación más *flipped classroom*	Kahoot, Edpuzzle, Quizizz y Symbaloo	Actividades interactivas, niveles, competencia y trabajo colaborativo
Álava, 2024	Gamificación digital	Actividades gamificadas planificadas	Dinámica, mecánica y componentes del juego
Rivadeneira, 2024	Talleres gamificados	Recursos gamificados aplicados	Actividades lúdicas enfocadas al aprendizaje activo
Ayala y otros, 2025	Gamificación digital	Kahoot, GeoGebra	Quiz, resolución de problemas, competencia y retroalimentación
Chávez y otros, 2025	Gamificación digital	Wordwall	Actividades interactivas y retroalimentación
Baquero y Ramírez, 2025	Gamificación digital	Genially, Quizizz y Educaplay	Recompensas, puntos, niveles, desafíos y retroalimentación
Lema y Rumiguano, 2026	Entorno gamificado virtual	Entrono digital propio	Puntos, narrativa, niveles, insignias, desafíos colaborativos y retroalimentación
Bolaños y otros, 2026	Aprendizaje cooperativo más gamificación	Secuencias didácticas	Juegos, retos, niveles, puntos y trabajo cooperativo

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

En conjunto, las estrategias identificadas han permitido delimitar tres maneras de aplicación, sea la primera, la gamificación digital por medio de plataformas educativas. Segunda las secuencias didácticas que incorporan niveles, puntos, retos, recompensas y retroalimentación. Tercero, propuestas híbridas que combinan la gamificación con metodologías educativas como el aula invertida (*flipped classroom*) y el aprendizaje cooperativo. A pesar de que existen diferencias en las intervenciones, se observa una característica común, como lo es la transformación de los ejercicios algebraicos convencionales en actividades como desafíos, interacciones, progresiones y las retroalimentaciones. De esta manera, se utilizó al componente lúdico para fomentar la implicación del estudiante y facilitar la aplicación de los procedimientos, la resolución de problemas como la representación de las relaciones lineales.

La gamificación y su efecto en el rendimiento académico y la compresión matemática

De los estudios incluidos se precisa una tendencia predominantemente favorable con respecto al aprendizaje, posterior a las intervenciones basadas en las estrategias de gamificación. Sin embargo, la magnitud del aporte no puede ser comparada de manera directa por las diferencias de las investigaciones con respecto a los mecanismos de evaluación, diseños metodológicos, tiempo de su aplicación, contenido tratados y tamaño muestral. Por ello, los resultados fueron analizados desde una síntesis narrativa, considerando por separado los estudios conforme sus evaluaciones pretest y postest, aquellas que incorporaron grupos comparativos como de los estudios que aportaron evidencia descriptiva acerca de la comprensión matemática.

Para la interpretación de los resultados inferenciales, debe considerarse que los valores p que sean menores a 0.05 indican diferencias significativas, es decir, los resultados son poco compatibles con la hipótesis nula de ausencia de efecto. En la mayoría de las investigaciones el valor de p se obtuvo al aplicar una prueba estadística las calificaciones registradas del pretest y postest, sea comparan el desempeño de un mismo grupo o entre grupos experimentales y de control.

En los diseños preexperimentales donde se analiza un solo grupo donde se evidenció el incremento posterior a las intervenciones. En el estudio de Reyes y otros, aplicado a estudiantes de octavo grado, se reportó en el pretest un promedio de 6.25/10 y en postest se alcanzó un 9.25/10, es decir, alcanzaron los aprendizajes requeridos. En este sentido, se aplicó la prueba de Wilcoxon a los resultados de los test, determinando una diferencia significativa de $Z=-3.062$; $p=0.002$, esto determina que un cambio entre ambas mediciones difícilmente puede ser explicado por una variación aleatoria (14). También Rivadeneira, encontró un incremento en el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales, ascendiendo de 36.94 en el pretest a 45.80 en el postest, con un nivel de significancia de $p<0.001$, valor menor a 0.05 lo que indica una diferencia significativa entre los valores obtenidos (17).

Cuando se realizaron las investigaciones con grupos de comparación, también se evidenciaron resultados favorables con la implementación de la gamificación. Carapás y otros analizaron en primera instancia medias diagnósticas para el grupo experimental

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

alcanzaron un 6.86 y para el de control 6.17. Posterior a la intervención, la media de los experimentales alcanzó el 9.01 y tan solo a 6.92 el de control. También dentro del primero grupo se obtuvieron puntuaciones iguales o mayores a 7/10 (15). De manera similar Álava obtuvo un promedio del postest de 9.29/10 en el caso de experimental y en cuanto al de control 7.71/10, con un resultado de la prueba de U de Mann-Whitey de $p<0.001$, evidenciando una diferencia estadísticamente sólida a favor del grupo que se aplicaron estrategias de gamificación (16).

El estudio realizado por Chávez y otros, quienes usaron Wordwall, identificaron medias de 6.23 en el grupo experimental y en el de control de 5.91. Con la aplicación de la estrategia gamificadas los valores ascendieron a 8.50 y hubo un descenso de 5.44 respectivamente, ante este resultado se evidenció el aporte que tiene este tipo de intervenciones en el aprendizaje y resolución de ecuaciones lineales (12). Por su parte, Baquero y Ramírez precisaron una tendencia similar en estudiantes de bachillerato, en el grupo experimental un aumento de 5.27 a 8.04, con una diferencia estadística significativa en las valoraciones antes y posterior a la intervención, evidenciando un cambio al aplicarse dicha estrategia (18).

Dentro de los estudios analizados, los resultados estadísticos con mayor detalle lo presentaron Lema y Rumiguano. La intervención por medio de un entorno virtual gamificado generó varias diferencias significativas frente al grupo de control en cuanto al rendimiento académico ($F=28.73$; $p<0.001$; $\eta^2p=0.31$), además de mostrar el efecto causado a la comprensión conceptual ($\eta^2p=0.33$). En este sentido, el valor p confirma la significancia estadística de las diferencias y el η^2p describe la magnitud del efecto que se le atribuye a la intervención. Por tanto, los resultados mostrados demuestran que la intervención no solamente promovió el aumento de las calificaciones, sino que además se relacionó con la compresión de los sistemas de ecuaciones lineales (19).

Además, se encontraron resultados favorables en la combinación de la gamificación con otras metodologías. Silva y otros integraron flipped classroom con la gamificación en 30 estudiantes, cuyos indicares como la compresión conceptual ascendieron de 55% a 80%, al igual que el desempeño académico de 65 al 85% (11). En este mismo contexto, Bolaños y otros, quienes en sus intervenciones combinaron la gamificación con el aprendizaje cooperativo, en su grupo experimental alcanzaron un promedio superior a 8.92 y en su grupo de control un valor menor de 5.92, con un valor $p<0.001$ (20). En este sentido se registra una diferencia significativa entre las mediciones antes y después de la intervención, lo que respalda que existió un cambio positivo relacionado a la estrategia aplicada.

En cuanto a la comprensión matemática, Ayala y otros reportaron que posterior a la utilización de Kahoot y GeoGebra, los estudiantes lograron identificar correctamente el concepto de ecuación lineal, la resolución de las ecuaciones propuestas y la identificación de una recta representada por una ecuación (3). Los hallazgos mostrados, han permitido delimitar que las mejoras no solamente se efectúan en los procedimientos sino también en la identificación y representación de las relaciones lineales.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

Tabla 3. Rendimiento y comprensión matemática.

Autor	Indicador analizado	Resultado principal
Reyes y otros, 2023	Rendimiento académico	Pretest 6.25 Postest 9.25 p=0.002
Carapás y otros, 2024	Rendimiento académico	Grupo experimental 9.01 Grupo control 6.92
Silva y otros, 2024	Comprensión y desempeño	Comprensión de 55% a 80% Desempeño de 65% a 85%
Álava, 2024	Rendimiento académico	Postest experimental 9.29 Postest control 7.71 p<0.001
Rivadeneira, 2024	Aprendizaje y rendimiento	Aumento del 36.94 al 45.80 p<0.001
Ayala y otros, 2025	Comprensión y resolución	Mejora en la resolución, identificación y representación de las ecuaciones lineales
Chávez y otros, 2025	Aprendizaje de ecuaciones	Grupo experimental 6.23 a 8.50 Grupo control 5.91 a 5.44
Baquero y Ramírez, 2025	Rendimiento académico	Grupo experimental 5.27 a 8.04 Grupo control 4.53 a 6.18
Lema y Rumiguano, 2026	Rendimiento y comprensión	F=28.73; p<0.001; η2p=0.31 Comprensión η2p=0.33
Bolaños y otros, 2026	Rendimiento académico	Experimental >8.92 Control < 6.92 p<0.000

En conjunto, los resultaos determinan una convergencia favorable en cuanto a la mejora del desempeño posterior a las intervenciones gamificadas, sea en ecuaciones de primer grado como lineales y sistemas de ecuaciones. Las investigaciones con mayor consistencia se evidencian en la que asumen grupos de comparación, puesto que contrastan los resultados con estudiantes que mantuvieron una metodología convencional. A pesar de ello, las diferencias en los diseños como en el tipo de intervención sugieren evitar una interpretación uniforme de la magnitud del efecto.

La gamificación y su efecto en la motivación, participación y compromiso del estudiante

En las investigaciones identificadas no solamente se evaluaron los resultados académicos, sino también se analizaron factores como la motivación, participación, el compromiso y la actitud de los estudiantes con respecto al aprendizaje de las ecuaciones lineales. Resulta pertinente comunicar que las mencionadas dimensiones no fueron evaluadas de manera uniforme en las investigaciones incluidas, puesto que se usaron varias herramientas como escalas específicas, encuestas de percepción, observación en el aula o descripciones cualitativas.

Dentro de los resultados con mayor detalle, lo presentó Lema y Rumiguano, quienes evaluaron la motivación por medio de una escala adaptada complementada con un análisis del aprendizaje y entrevistas. Las estrategias de gamificación promovieron un incremento de la motivación intrínseca (d=1.67) y redujeron la desmotivación (d=1.16).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

Además, la tasa media de finalización de actividades ascendió a 84.2%, estableciendo un mayor nivel de involucramiento en las ocho semanas de intervención (19). Por su parte, los elementos con mayor valoración obtenida fue ron, la retroalimentación instantánea, los niveles progresivos de dificultas y las insignias al logro. No obstante, Las tablas de clasificación tuvo respuestas diversas, puesto que, generaban una presión competitiva que no fue acogida por los participantes.

De igual forma, Baquero y Ramírez reportaron resultados favorables, haciendo uso de Educaplay, Quizizz y Genially, conjuntamente con un plan de recompensas, niveles y retroalimentación, lograron un aumento de la motivación como la participación activa y minimizaron la ansiedad matemática. Así también, describieron que se mejoró la autoconfianza, la responsabilidad del estudiante y promovieron la actitud positiva hacia esta asignatura, evidenciando que la gamificación intervino favorablemente en la experiencia del aprendizaje (18).

Silva y otros, que combinaron el método *flipped classroom* con la gamificación, obtuvieron un mayor porcentaje de estudiantes interesados en las matemáticas, ascendiendo del 60% al 90%, como también la participación activa que pasó del 50% al 90%. Los resultados se presentan como un aporte a mejoras considerables en la predisposición para el desarrollo de las actividades por parte de los estudiantes, pero no podría solo considerarse la atribución exclusivamente a la gamificación puesto que fue una intervención combinada (11).

En la investigación de Ayala y otros también identificaron un resultado favorable hacia las actividades lúdicas. Previo a la intervención, el 50% de los estudiantes consideraron que sería “muy divertido” aprender matemáticas mediante juegos y el restante 50% solo “a veces”. Se incluyó para la intervención Kahoot y GeoGebra, herramientas que permitieron fomentar la participación, competencia grupal y la retroalimentación al momento de las resoluciones de las ecuaciones lineales (3).

Para Carapás y otros, como Bolaños y otros, en sus estudios describen varios cambios conductuales positivos. Los primeros autores señalaron que el emplear recompensas, puntos y retos aportaron en gran medida a elevar el interés, el compromiso y la participación activa de los estudiantes en el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales (15). Para los segundos autores, donde establecieron una combinación de la gamificación y el aprendizaje cooperativo, evidenciaron una mayor predisposición del aprendizaje, trabajo colaborativo entre compañeros, incluyendo el desarrollo de habilidades comunicativas dentro del grupo experimental (20).

A nivel general, las investigaciones determinaron que las intervenciones gamificadas tienen una tendencia favorable hacia el aumento de niveles de motivación, participación y compromiso. No obstante, la evidencia del rendimiento académico fue heterogénea por los instrumentos utilizados y la validación principalmente por percepción u observación.

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

Tabla 4. Motivación, participación y compromiso.

Autor	Indicador analizado	Resultado principal
Silva y otros, 2024	Motivación y participación	Interés de 60% a 90% Participación activa de 50% a 90%
Carapás y otros, 2024	Interés y compromiso	Incremento del interés, compromiso y participación activa
Ayala y otros, 2025	Motivación y disposición	Aprendizaje por medio de juegos (Percepción positiva)
Baquero y Ramírez, 2025	Participación, motivación y ansiedad	Mayor participación y motivación Reducción de la ansiedad matemática
Lema y Rumiguano, 2026	Motivación y engagement	Motivación intrínseca d=1.67 Desmotivación d=1.16 Finalización 84.2%
Bolaños y otros, 2026	Colaboración y participación	Mayor colaboración, predisposición y trabajo grupal

La tendencia evidenciada es favorable en cuanto los resultados cognitivos y afectivos, sin embargo, por la heterogeneidad de los métodos empleados, se requiere la interpretación de la calidad metodológica y el tipo de instrumento empleado de las investigaciones incluidas. Por ello, el siguiente apartado presentará la evaluación de sesgo de las 10 investigaciones incluidas que determinaron la síntesis final.

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La evaluación metodológica fue aplicada a las 10 investigaciones que fueron incluidas en la síntesis final, de acuerdo con las características de sus diseños. En estos estudios se validaron criterios como la existencia y comparabilidad de grupos, mediciones, confiabilidad de los instrumentos incluyendo la pertinencia de los análisis estadísticos. Cada aspecto fue registrado con un Sí (S), No (N), No claro (NC) o No aplica (NA), sin establecer una valoración global o determinar un criterio de exclusión.

Por lo expuesto, seis estudios incorporaron grupos experimentales y de control, esta característica permitió contrastas los resultados obtenidos de la aplicación de estrategias gamificadas frente a otros métodos de enseñanza. En este contexto, Carapás y otros trabajaron con un grupo de 24 estudiantes, donde comprobaron que inicialmente no existía una diferencia significativa entre ellos (p=0.468), lo que fortaleció la comparabilidad previa a la intervención (15). Lema y Rumiguano comprobaron también la equivalencia inicial de sus grupos analizados, en variables como la edad, el rendimiento matemático (previo la intervención) y la ansiedad matemática. Posteriormente las puntuaciones del pretest fueron controladas con ANCOVA (19).

Por otra parte, Reyes y otros, al igual que Rivadeneira y Ayala, optaron por realizar mediciones antes y después de la intervención a un único grupo. Esta metodología permitió la identificación de cambios temporales en el aprendizaje, aunque sin un grupo

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

control se limitó la posibilidad de atribuir que la gamificación sea la estrategia exclusiva para los cambios obtenidos. Teniendo como fortaleza y mayor sustento, Reyes obtuvo la validación del instrumento por tres especialistas de la enseñanza matemática (14). También, Rivadeneira realizó la validación por expertos y una comprobación de supuestos estadísticos previo a la aplicación de la prueba correspondiente (17).

Tabla 5. Criterio de evaluación metodológica.

Estudio	Comparabilidad inicial	Grupo control	Medición Pre/post	Instrumentos validados	Análisis estadístico
Reyes y otros, 2023	NA	N	S	S	S
Carapás y otros, 2024	S	S	S	S	S
Silva y otros, 2024	NC	NC	S	NC	NC
Álava, 2024	NC	S	S	S	NC
Rivadeneira, 2024	NA	N	S	S	S
Ayala y otros, 2025	NA	N	S	NC	S
Chávez y otros, 2025	NC	S	S	NC	S
Baquero y Ramírez, 2025	NC	S	S	NC	NC
Lema y Rumiguano, 2026	S	S	S	S	S
Bolaños y otros, 2026	NC	S	S	NC	S

Nota: NC = no claro, esta categoría indica que en el documento no se encontró la información suficientemente clara en cuanto a este criterio, pero no se interpreta como incumplimiento. NA= No aplica.

La opción No claro (NC), se evidenció en algunos de los criterios en el estudio de Silva y otros, donde presenta evidencias diagnósticas, encuestas, rúbricas y observaciones, pero se limita en la presentación como la descripción de los procedimientos de validación al igual que la comparación metodológica (11).

Las investigaciones con información metodológica más completa fueron dos principalmente y se describen a continuación. Carapás incluyó grupos experimentales como de control, mediciones diagnósticas y finales, añadiendo pruebas estadísticas para la comprobación de las equivalencias iniciales como las diferencias posteriores (15). Al igual que Lema y Rumiguano, que incluyeron adicionalmente tamaños de efecto como control estadístico de las diferencias iniciales, aportando mayor información para la valoración de la magnitud de los resultados obtenidos (19).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

En cambio, la investigación de Reyes y otros, posee varias limitaciones, siendo la principal el uso de un diseño preexperimental con un grupo limitado de 12 estudiantes, lo que impide contrastar aquellos cambios observados en un grupo de comparación. Sin embargo, se presentan varias fortalezas en cuanto a la aplicación de un pretest y postest, la validación de los instrumentos por expertos en matemáticas para finalmente realizar la prueba de rango con signo Wilcoxon (p=0.002) para el análisis de diferencias entre los resultados de las pruebas. Álava presenta algunas inconsistencias en cuanto a la explicación las pruebas de normalidad, aunque finalmente prueba U de Mann-Whitney para comparar los grupos (16).

Por último, los estudios de Silva y otros, como de Bolaños y otros, quienes combinaron la gamificación con otras estrategias pedagógicas como *Flipped Classroom* y el aprendizaje cooperativo, respectivamente. En este sentido, los resultados se evidencian como una intervención fusionada o integrada, lo que no permite una valoración individual de la gamificación. Los primeros autores tuvieron una intervención basada en diez sesiones de cinco semanas con la aplicación de diferentes instrumentos de evaluación (11). Bolaños y otros, por su parte usaron grupos de comparación, evaluaciones diagnósticas, finales y finalmente la prueba estadística U de Mann-Whitney (20).

En conjunto, se evidenciaron varias fortalezas metodológicas relevantes en varias de las investigaciones, principalmente en aquellas que incluye grupos de comparación, evaluaciones pretest y postest, validación de los instrumentos y análisis estadísticos. También, se identificaron varias limitaciones relacionadas con la ausencia de aleatorización, diseños de un solo grupo e información metodológica poco detallada. Lo expuesto se consideró para la descripción de los resultados, sin que ello conlleve a considerarse como un criterio de exclusión de las investigaciones que fueron incluidas.

DISCUSIÓN

Las diez investigaciones incluidas determinan una tendencia favorable a la gamificación y el aprendizaje de las ecuaciones lineales en estudiantes de secundaria, aunque con diferente solidez metodológica. Esta tendencia se presentó en estudios preexperimentales además de estudios que incluyeron grupos de comparación, lo que estableció una diferente solidez metodológica. Reyes y otros, Ayala y otros y el autor Rivadeneira evidenciaron mejoras posteriores a la intervención, datos recopilados por medio de un pretest como postest.

De lo autores descritos, los primeros, encontraron diferencias estadísticamente significativas con un p=0.002 (14), por su parte, Ayala y otros evidenciaron un incremento promedio de 5,12 a los 9,41 (3), el último autor, obtuvo una media que aumentó de 36,94 a 45,80 en las pruebas, con una diferencia significativa p<0.001. Resultados que mantienen una coherencia con los obtenidos por Bai y otros, quienes realizan un metaanálisis con 30 intervenciones y 3202 participantes, encontrando un efecto moderado y significativo de la gamificación sobre el rendimiento académico (g=0.504; p<0.001). A pesar de la información obtenida, los autores también receptaron respuestas menos favorables en varios participantes, evidenciando ansiedad en algunos

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

casos y en otros una percepción de una utilidad escasa, en este sentido se advierten ciertos efectos no del todo uniformes (21).

La evidencia mantiene mayor constancia en los estudios donde se incorporaron grupos experimentales y de control. Carapás y otros, Álava, Chávez y otros, Baquero y Ramírez, Lema y Rumiguano como los autores Bolaños y otros, todos mostraron diferencias favorables en los grupos intervenidos con la gamificación. Por ejemplo, Lema y Rumiguano, evidenciaron un efecto significativo en el rendimiento de (η^2p=0.31) y de la compresión conceptual de η^2p=0.33 (22) (19). Debido a la heterogeneidad de los deseños, instrumentos, muestras y resultados evaluados, la presente revisión realiza una síntesis narrativa y no estima un tamaño de efecto combinado.

En este sentido, Rathinho y otros, mediante su revisión sistemática y metaanálisis orientado específicamente a la gamificación de la enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria y superior, identificaron resultados predominantemente favorables con respecto a la motivación y el compromiso. A pesar de que también reportaron una heterogeneidad en las intervenciones y ciertos efectos negativos. Esta variabilidad se relaciona directamente con la presente revisión, donde los resultados favorables se encuentran condicionadas al diseño pedagógico empleado, la duración, las características de la muestra y los elementos de gamificación empleados (23).

Esta interpretación resulta especialmente relevante, en el estudio de Lema y Rumiguano, donde observaron un efecto favorable con respecto a la retroalimentación inmediata, las insignias, los niveles progresivos, factores que obtuvieron una valoración favorable. Mientras que las tablas de clasificación produjeron respuestas divididas (19). De manera concordante, Almeida y otros, identificaron que varios componentes competitivos, como clasificación, insignias o puntos, generan efectos no deseados cuando su aplicación no responde a las características de los estudiantes (24). Por tanto, los resultados sugieren que la efectividad de la gamificación depende de una incorporación integral de elementos lúdicos con los objetos matemáticos, la retroalimentación, la progresión y las necesidades de los estudiantes.

En cuanto a las variables afectivas también se evidenció una tendencia favorable. En la investigación de Silva y otros, evidenciaron que el interés por el aprendizaje de las matemáticas se acrecentó de un 60% a un 90% y que la participación activa pasó del 50% al 90% (11). En este mismos sentido, Lema y Rumiguano obtuvieron un incremento considerable de la motivación intrínseca (d=1.67) (19). Resultados que se asocian directamente a lo obtenido por Kalogiannakis y otros, quienes revisaron 24 investigaciones identificando una tendencia de resultados positivos de la gamificación con respecto a la motivación, el compromiso y el aprendizaje. A pesar de ello, también encontraron resultados no significativo y diferencias que se precisan con relación a los elementos de juego, la metodología e instrumentos de evaluación utilizadas (25).

Dentro del contexto mencionado justamente no todos los elementos gamificados generan las mismas respuestas. En el caso de Lema y Rumiguano, la retroalimentación inmediata como los niveles progresivos o las insignias tuvieron una mejor valoración mientras que las tablas de clasificación presentaron repuestas más heterogéneas (19).

ISSN:
3091-1796
Vol. 4 No. 11 PP. 112-134

DOI:
https://doi.org/10.56519/s0jetx55
Noviembre 2026

Hallazgo que coincide con el expuesto por Almeida y otros, que identificaron 87 investigaciones que delimitaron efectos no deseados referentes a componentes como la competencias, clasificaciones, insignias y puntos incluyendo problemas no deseados enfocados en la motivación, dificultades en la comprensión, ausencia de afecto o el deterioro del desempeño, por lo que resulta establece una estrategia adecuada de gamificación (24). Por ello, el solamente incorporar elementos al juego no garantiza que por sí sola la gamificación pueda generar una experiencia educativa favorable.

Lo anteriormente expuesto, también lo respalda la investigación de Li y otros, que con el metaanálisis realizado a 41 estudios y 5071 participantes se evidenció un efecto global elevado de la gamificación en el aprendizaje (g=0.822). Sin embargo, también demostraron que la magnitud del efecto depende directamente del tipo de usuario, principios de diseño, la disciplina, el entorno educativo y la duración (26). Lo que ayudaría a explicar la heterogeneidad determinada en las 10 investigaciones incluidas, sobre todo en los estudios de Silva y otros como el de Bolaños y otros, donde la intervención de gamificación se combinó con el aula invertida (Flipped classroom) y el aprendizaje cooperativo (11) (20), lo que impidió que se atribuyan todos los cambios exclusivamente al componente gamificado.

Por tanto, conforme al análisis realizado, la comparación entre las investigaciones incluidas más la literatura reciente se considera a la gamificación como una estrategia prometedora para el aprendizaje de ecuaciones lineales, pero no universalmente efectiva. Dentro de la tendencia observada se encuentran los resultados favorables en componentes como el rendimiento, la compresión y la motivación pero que su efectividad incluye el abordaje adecuado del diseño pedagógico, la progresión de las dificultades, la retroalimentación, el perfil del estudiante como la integración adecuada de elementos lúdicos y el desarrollo de objetivos matemáticos alcanzables.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática incluyó 10 investigaciones, estableciendo por medio de los resultados obtenidos que la gamificación establece una tendencia favorable en el aprendizaje de ecuaciones lineales en estudiantes de secundaria. En la mayor parte de los estudios se reportaron mejorías posteriores a las intervenciones sobre todo en el rendimiento académico, la resolución de ecuaciones, la comprensión de los conceptos entre otras habilidades asociadas a las matemáticas. Los resultados mostraron mayor consistencia en estudios que analizaron a grupos experimentales y de control, a pesar de que se evidenciaron avances significativos también en los diseños preexperimentales. Por lo cual, la gamificación se delimitaría como una alternativa pedagógica con un alto potencial para complementar la enseñanza de contenidos algebraicos que tradicionalmente suelen generar dificultades en los estudiantes.

Las estrategias identificadas determinaron su efectivad en la gamificación no solamente con el uso de herramientas digitales, sino complementados con elementos lúdicos articulados con objetivos matemáticos. En este sentido varias plataformas fueron utilizadas, entre las cuales se destacan, Kahoot, Quizizz, Wordwall, GeoGebra, Genially y Educaplay, las cuales, se combinaron con actividades delimitadas como desafíos,

recompensas, niveles, retroalimentación instantánea, actividades cooperativas y dinámicas de progresión. Además de la importancia a nivel cognitivo, varias investigaciones evidenciaron mejoras en la motivación, compromiso estudiantil y la participación. Sin embargo, también los hallazgos determinaron que algunos componentes competitivos pueden causar tensión o estrés en los estudiantes. Adicional a ello, la gamificación puede combinarse con otras metodologías como el aula invertida o con el aprendizaje cooperativo, aunque la valoración de efectividad de la gamificación no pueda ser exclusiva.

La evaluación metodológica validó que la evidencia cuenta con diferentes niveles de solidez, puesto existen diferentes muestras utilizadas, grupos escolares anteriormente conformados, ausencia de aleatorización y diseños aplicados a un solo grupo. A pesar de ello, estas condiciones no invalidan la tendencia favorable identificada, pero requieren una moderada generalización de los resultados. Por lo expuesto, futuras investigaciones podrían incorporar muestras más amplias, grupos de comparación, intervenciones con mayor tiempo de duración y evaluaciones de seguimiento, con la finalidad de establecer con mayor precisión los componentes de gamificación con mayor efectividad para la enseñanza de las ecuaciones lineales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Klee I, Peters A, Rott B. Algebra Education for Secondary Students with Difficulties: A Review of the Literature From 2019 to 2023. Int J of Sci and Math Edu. 2026; 24(55): p. 1-36.
2. OCDE. Resultados PISA 2025 (Volumen I): Ecuador. [Online]; 2026. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2025-results-volume-i-country-notes_2d4ff9ea-en/ecuador_87262a3e-en.html.
3. Ayala D, Vera D, Sornoza D. Gamificación Como Estrategia Didáctica Para Mejorar El Proceso Enseñanza-Aprendizaje De Ecuaciones Lineales A Estudiantes De Educación Básica. REFCALE. 2025; 13(1): p. 1-22.
4. Ryan R, Deci E. Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. Contemporary Educational Psychology. 2020; 61(101860): p. 101860.
5. Li L, Foon K, Du J. Gamification enhances student intrinsic motivation, perceptions of autonomy and relatedness, but minimal impact on competency: a meta-analysis and systematic review. Educational technology research and development. 2024; 72: p. 765–796.
6. Fernández M. Clarifying the methodological differences between gamification and game based learning. Discover Education. 2026; 5(1092): p. 1-11.
7. Franco Á. Importancia de la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Polo del Conocimiento. 2023; 8(8): p. 844-852.
8. Peralta C. Gamificación en la educación: experiencias de aplicación. Apunt. cienc. soc. 2023; 11(01): p. 102-11.

9. Sailer M, Homner L. The Gamification of Learning: a Meta-analysis. Educational Psychology Review. 2020; 32: p. 77-112.
10. Holguín F, Holguín E, García N. Gamificación en la enseñanza de las matemáticas. ELOS. 2020; 22(1): p. 62-75.
11. Silva M, Guerrón J, Chillagana M. El Impacto del Flipped Classroom y la Gamificación en la Enseñanza y Aprendizaje de Ecuaciones Lineales en Estudiantes de 13 a 14 Años. Estudios y Perspectiva. 2024; 4(4): p. 780-796.
12. Chávez P, Ruiz N, Guagcha C, Quituisaca C, Pilco E. La gamificación como estrategia didáctica para el aprendizaje de ecuaciones, utilizando Wordwall en estudiantes de décimo año. Redilat. 2025; 6(2): p. 729-742.
13. Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardiol. 2021; 74(9): p. 790–799.
14. Reyes J, Delgado J, Vivanco C, Morocho L, Torres A. Gamificación como estrategia didáctica en el rendimiento académico de ecuaciones de primer grado con una incógnita. Ciencia Latina. 2023; 7(1): p. 9497-9515.
15. Carapás A, Granda C, Cangás H, Carapás A, Bolaños A. La gamificación como estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje de sistema de ecuaciones lineales. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. 2024; 5(5): p. 2173-2186.
16. Álava F. La gamificación como recurso didáctico en ecuaciones de primer grado con una incógnita en Z y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes de octavo años de educación básica superior. Tesis de maestría. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
17. Rivadeneira J. Gamificación para el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones lineales. Tesis de maestría. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
18. Baquero G, Ramirez J. Evaluación de la Gamificación en la Enseñanza y Resolución de Ecuaciones Algebraicas en el Bachillerato: Un Estudio Cuasiexperimental. Ciencia Latina. 2025; 9(5): p. 10885-10904.
19. Lema L, Rumiguano G. Uso de entornos virtuales gamificados para motivar el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales mediante estrategias didácticas innovadoras interactivas digitales. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. 2026; 7(1): p. 2632-2656.
20. Bolaños A, Perugachi K, Viveros S, Aupaz M, Ávila M. Aprendizaje cooperativo y gamificación para mejorar el aprendizaje de sistema de ecuaciones lineales en estudiantes de bachillerato. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. 2026; 7(2): p. 2914-2926.
21. Bai S, Foon K, Huang B. Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. Educational Research Review. 2020; 30(100322).
22. Robiana A, Handoko dH. Pengaruh Penerapan Media UnoMath untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa. Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika. 2020; 9(3): p. 521-532.
23. Ratinho E, Figueiredo M, Estêvão D, Faísca L, Martins C. Gamification on Mathematics Engagement and Motivation in Secondary School and Higher

Education: A Systematic Review and Meta-Analysis. Educational Psychology Review. 2026; 38(16): p. 1-33.

24. Almeida C, Kalinowski M, Uchoa A, Feijó B. Negative effects of gamification in education software: Systematic mapping and practitioner perceptions. Information and Software Technology. 2023; 156(5): p. 107142.
25. Kalogiannakis M, Papadakis S, Zourmpakis A. Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. Edu. Sci. 2021; 11(22): p. 2-36.
26. Li M, Ma S, Shi Y. Examining the effectiveness of gamification as a tool promoting teaching and learning in educational settings: a meta-analysis. Front. Psychol. 2023; 14: p. 1-17.



Revista Multidisciplinaria Ecuacientífica

ISSN: 3091 -1796

Edición especial

Noviembre 2026

Ecuador

Código Postal 060102

Contacto +593 97 911 9620

publicaciones@ecuacientifica.com