

ISSN 2602-8085



Ciencia
Digital

CIENCIA DIGITAL



Revista Científica Indexada
Revisada por pares ciegos

VOL 10 NUM 2
Renovación Científica



ABRIL – JUNIO
2026



www.cienciadigital.org
www.cienciadigitaleditorial.com



Open policy finder
Formerly Sherpa services

La revista Ciencia Digital se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar.

ISSN: 2602-8085 versión electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Tipos de artículos científicos:

- **Estudios empíricos:** Auténticos, originales, que comprueban hipótesis, abordan vacíos del conocimiento.
- **Reseña o revisión:** evaluaciones críticas de estudios o investigaciones, análisis críticos, para aclarar un problema, sintetizar estudios, proponer soluciones.
- **Teóricos:** Literatura investigada, promueven avances de una teoría, analizan las teorías, comparan trabajos, confirma la validez y consistencia de investigaciones previas
- **Metodológico:** Presenta nuevos métodos, mejoran procedimientos, comparan métodos, detallan los procedimientos.
- **Estudio de casos:** Resultados finales de un estudio, resultados parciales de un estudio, campos de la salud, campos de la ciencia sociales.



EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



Contacto: Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. ¹

"Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado".

Albert Szent-Györgyi

¹ Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, una patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV- 18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro, director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063.

PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurando mantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales, ha llevado a quienes hacemos educación, a mejora y capacitarnos continuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadores de personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestra educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico



Índice

1. Impacto del aprendizaje híbrido adaptativo mediado por inteligencia artificial en competencias digitales y rendimiento en matemáticas

(Carlitos Alberto Guano Cárdenas, Nelson Germán Heredia Enríquez, César Armando Enríquez Montenegro , Jenny Patricia Osejo Domínguez)

06-19

2. Impacto del estrés en el desempeño del personal de enfermería en las áreas críticas de los hospitales de Latinoamérica

(Yomar Elizabeth Capus Aguila, Stefanny Karolina Días Ledesma)

20-38

3. Impacto y retos del eye tracking en la publicidad emocional. Un abordaje desde España y Ecuador

(Emma Yolanda Mendoza Vargas, Marco Fernando Villarroel Puma, Luis Edwin Chimborazo Azogue, Harold Elbert Escobar Terán)

39-59

4. Modelo predictivo con regresión lineal múltiple para optimizar la eficiencia alimenticia en granjas avícolas automatizadas

(Edwin Alfredo Riofrio Núñez, Iván Patricio Montaleza Quizhpe, Glen Freddy Robayo Cabrera)

60-82

5. Propuesta de mejora para el departamento de cámara de frío de exportaciones de camarón para el primer semestre del año 2025

(Edimar Steve Salazar Ruano, Roxana Colorado Macías, Alejandro Reigosa Lara)

83-99

6. Impacto del uso de simuladores digitales en la comprensión del movimiento en la asignatura física

(Karen Vanessa Bowen Moreno, Paola Vanessa Vera Cerezo, Zeidy Sandra López Collazo, Wellington Isaac Maliza Cruz)

100-115

7. La gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje de estudios sociales en básica superior

(Gladys Leticia Quindil Masaquiza, Valeria Lisseth Molina Bautista, Rainer Paul Villarreal Contreras , Dayron Rumbaut Rangel)

116-139

8. Transformación digital y eficiencia operativa: análisis del impacto en la microempresa ecuatoriana

(Merly Isabel Suarez Piña , Glen Freddy Robayo Cabrera)

140-156

9. Análisis del riesgo de la titulación de grado considerando factores académicos y administrativos mediante Dashboard interactivos

(Johanna Mariuxi Gonzalez Arias, Carlos Carlos Hernán Suárez Barragán, Jorge Luis Charco Aguirre, Dayron Rumbaut Rangel)

157-170

10. Modelo de gestión estratégica de la seguridad física universitaria para la mejora de la eficiencia operacional

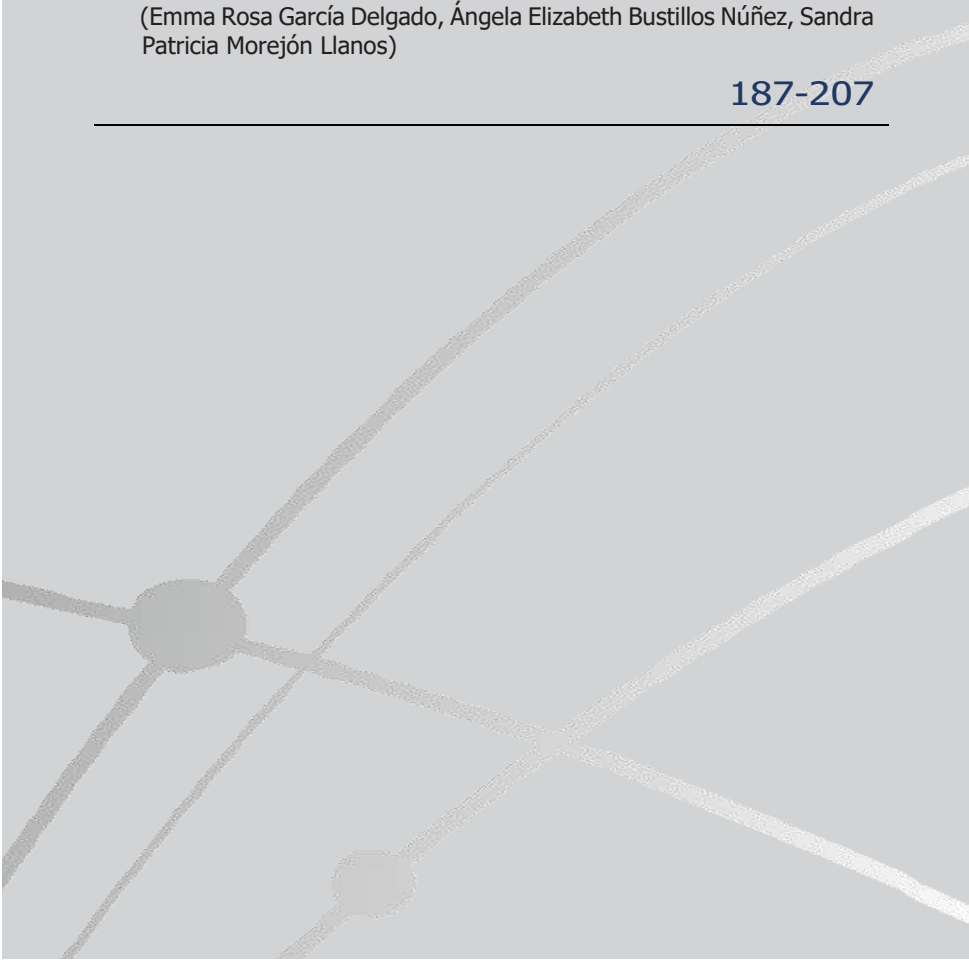
(Leonidas David Guale Moreira, Homero Agustin Vargas Patiño, Marianela de la Caridad Morales Calatayud, Glen Freddy Robayo Cabrera)

171-186

11. La responsabilidad penal por el uso de Deep Learning en delitos cometidos contra menores de edad

(Emma Rosa García Delgado, Ángela Elizabeth Bustillos Núñez, Sandra Patricia Morejón Llanos)

187-207



Impacto del aprendizaje híbrido adaptativo mediado por inteligencia artificial en competencias digitales y rendimiento en matemáticas

Impact of AI-mediated adaptive hybrid learning on digital skills and performance in mathematics

- 1 Carlitos Alberto Guano Cárdenas  <https://orcid.org/0000-0002-7571-2972>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán, Ecuador. Magister en Gerencia en Sistemas
carlos.guano@upec.edu.ec
- 2 Nelson Germán Heredia Enríquez  <https://orcid.org/0000-0001-5219-794X>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán, Ecuador. Magister en Administración de Negocios
nelson.heredia@upec.edu.ec
- 3 César Armando Enríquez Montenegro  <https://orcid.org/0000-0003-0510-8590>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán, Ecuador. Magister en Educación a Distancia y Abierta
cesar.enriquez@upec.edu.ec
- 4 Jenny Patricia Osejo Domínguez  <https://orcid.org/0009-0000-2086-5667>
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán, Ecuador. Magister en Gerencia Educativa
jenny.osejo@upec.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/11/2025

Revisado: 12/12/2025

Aceptado: 27/01/2026

Publicado: 03/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3637>

Cítese:

Guano Cárdenas, C. A., Heredia Enríquez, N. G., Enríquez Montenegro, C. A., & Osejo Domínguez, J. P. (2026). Impacto del aprendizaje híbrido adaptativo mediado por inteligencia artificial en competencias digitales y rendimiento en matemáticas. *Ciencia Digital*, 10(2), 6-19. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3637>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Inteligencia artificial, aprendizaje híbrido adaptativo, competencias digitales, ética en IA, rendimiento académico.

Resumen: La Inteligencia Artificial (IA) ha impulsado la evolución de los modelos de aprendizaje híbrido adaptativo en la educación superior al permitir la retroalimentación inmediata, el ajuste dinámico de actividades y la personalización basada en datos. En los cursos de nivelación de Matemáticas de la UPEC, estas funcionalidades son particularmente relevantes debido a las brechas en las competencias digitales de los estudiantes y la variabilidad en el rendimiento académico. **Objetivo:** Analizar el impacto de un modelo de aprendizaje híbrido adaptativo mediado por IA en las competencias digitales de los estudiantes (DigCompEdu adaptado al contexto matemático) y en el rendimiento académico (pre-post), así como examinar las relaciones entre retroalimentación, aprendizaje adaptativo y el uso ético de la IA. **Metodología:** Se realizó un estudio cuantitativo cuasiexperimental con diseño pretest-postest sin grupo control en dos cohortes de nivelación ($N = 500$). Se administraron pruebas diagnósticas y finales para medir el rendimiento, y se utilizó un instrumento de percepción basado en DigCompEdu para evaluar las competencias digitales. Se realizaron estadísticas descriptivas, correlaciones de Pearson, ANOVA de medidas repetidas y regresión múltiple de la ganancia académica. **Resultados:** El instrumento demostró una alta confiabilidad interna ($\alpha \geq 0,74 - 0,98$). Todas las dimensiones de competencia digital obtuvieron puntuaciones medias superiores a 4.0, con fuertes correlaciones entre índices ($p < ,001$). Sin embargo, el modelo de regresión múltiple no predijo significativamente la ganancia académica ($R^2 = 0,008; p > ,05$), lo que indica que las percepciones favorables y las competencias digitales fortalecidas no se tradujeron directamente en un mejor rendimiento. **Conclusión:** Los entornos de aprendizaje híbrido adaptativo mediados por IA mejoran las competencias digitales y son valorados positivamente por los estudiantes, pero su efecto directo sobre el rendimiento académico no es automático. Se requiere un diseño instruccional robusto, métricas de aprendizaje objetivas y un mayor control experimental, junto con prácticas éticas alineadas con estándares internacionales. **Área de estudio general:** Educación. **Área de estudio específica:** Educación matemática y tecnología educativa. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords: Artificial intelligence, adaptive hybrid learning, digital competence, AI ethics, academic performance.

Abstract: Introduction: Artificial Intelligence (AI) has driven the evolution of adaptive hybrid learning models in higher education by enabling immediate feedback, dynamic adjustment of activities, and data-driven personalization. In UPEC's Mathematics leveling courses, these functionalities are particularly relevant due to gaps in students' digital competences and variability in academic performance. **Objective:** To analyze the impact of an AI-mediated adaptive hybrid learning model on students' digital competences (DigCompEdu adapted to the mathematical context) and academic performance (pre-post), as well as to examine the relationships between feedback, adaptive learning, and the ethical use of AI. **Methodology:** A quantitative quasi-experimental pretest-posttest study without a control group was conducted with two leveling cohorts (N = 500). Diagnostic and final tests were administered to measure performance, and a perception instrument based on DigCompEdu was used to assess digital competences. Descriptive statistics, Pearson correlations, repeated measures ANOVA, and multiple regression of academic gain were performed. **Results:** The instrument demonstrated high internal reliability ($\alpha \geq 0,74 - 0,98$). All dimensions of digital competence obtained mean scores above 4.0, with strong correlations between indices ($p < ,001$). However, the multiple regression model did not significantly predict academic gain ($R^2 = 0,008$; $p > ,05$), indicating that favorable perceptions and strengthened digital competences did not directly translate into improved performance. **Conclusion:** AI-mediated adaptive hybrid learning environments enhance digital competences and are positively valued by students, but their direct effect on academic performance is not automatic. Robust instructional design, objective learning metrics, and greater experimental control are required, alongside ethical practices aligned with international standards. **General area of study:** Education. **Specific area of study:** Mathematics education and educational technology. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

En la última década la Inteligencia Artificial (IA) se consolidó como un eje trans-

formador de la educación superior debido a su capacidad para personalizar experiencias (Lubguban & Bauyot, 2025), ajustar dinámicamente la dificultad y ofrecer retroalimen-

tación inmediata basada en datos de desempeño estudiantil. Las revisiones de literatura y artículos de síntesis coinciden en que la IA, tanto en su vertiente de análisis de datos como en sistemas interactivos, potenciaron funciones tales como el perfilamiento del estudiante, la automatización de diagnósticos formativos y la recomendación de rutas de aprendizaje, con efectos positivos en escenarios universitarios cuando existe alineación pedagógica explícita (Chen et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019). Este conjunto de capacidades aceleró la transición hacia modelos híbrido-adaptativos que integran presencialidad, virtualidad y analíticas de aprendizaje, permitiendo a docentes y estudiantes tomar decisiones instruccionales con mayor oportunidad y pertinencia (Gli-gorea et al., 2023; Hariyanto & Maharani, 2025).

En este mismo marco el aprendizaje personalizado impulsado por IA se reconoce como una de las innovaciones más relevantes para mejorar la eficiencia educativa. Según Cao et al. (2025) los sistemas adaptativos fundamentados en algoritmos avanzados, analíticas de aprendizaje y mecanismos de retroalimentación continua pueden ajustar dinámicamente las actividades y optimizar los resultados académicos, favoreciendo incrementos sostenidos en participación, autonomía y progreso formativo. Los autores reportan que estos enfoques reducen tiempos de aprendizaje y mejoran el rendimiento en comparación con métodos tradicionales, aunque su efectividad depende de la calidad del diseño instruccional, la alineación pedagógica, la gestión ética de datos

y la formación docente (Maphalala & Ajani, 2025; Fernández et al., 2025; Martínez et al., 2019). Esta perspectiva refuerza la pertinencia de estudiar la IA no solo como un recurso tecnológico, sino como una arquitectura pedagógica capaz de transformar procesos formativos si se implementa con criterios de calidad.

En el campo de la educación matemática, la literatura ocupa un lugar estratégico por el nivel de demanda cognitiva de la disciplina y la importancia de la secuenciación de tareas y el andamiaje. Las síntesis Sistemáticas sobre Tutorías Inteligentes (ITS) y sistemas adaptativos muestran que, cuando se integra retroalimentación contingente, modelado del aprendiz y ajustes dinámicos de la dificultad, se observan mejoras en comprensión conceptual, fluidez procedimental y estrategias de resolución de problemas (Niño-Rojas et al., 2024; Son, 2024). Asimismo, la cartografía sistemática evidencia avances en diagnóstico formativo y reducción de carga cognitiva a través de la personalización de secuencias y recomendaciones de práctica, aunque persisten desafíos de escalabilidad, uso responsable y consistencia evaluativa (Ezzaim et al., 2023; Chassignol et al., 2018).

El modelo híbrido-adaptativo se define como una arquitectura que combina modalidades presenciales, semipresenciales y virtuales con mecanismos de ajuste dinámico de actividades, retroalimentación en tiempo real y personalización basada en analíticas de aprendizaje. Este modelo aprovecha trazas de interacción (tiempos, intentos, erro-

res, aciertos) para recomendar contenidos, variar el nivel de dificultad, ofrecer pistas y modular el ritmo de progresión (Chen et al., 2020; Gligorea et al., 2023; García et al., 2025). En el caso de Matemáticas, su efectividad depende de la calidad del andamiaje y de la secuencia de tareas, de modo que los ITS y los sistemas adaptativos funcionan mejor cuando la complejidad instruccional se ajusta explícitamente al desempeño del estudiante (Koedinger et al., 2014; Niño-Rojas et al., 2024). No obstante, el impacto sobre el rendimiento académico no es automático ni lineal, ya que depende del diseño de actividades, la sensibilidad de las pruebas pre y post test, la validez de los instrumentos de percepción y la consistencia en los criterios evaluativos (Zawacki-Richter et al., 2019; Chen et al., 2020). Esto exige prestar atención a la operacionalización de variables, la fiabilidad de subescalas y la posible multicolinealidad entre retroalimentación y adaptatividad (Gligorea et al., 2023).

La consolidación de la IA en educación superior también demanda marcos de ética y gobernanza que garanticen equidad, transparencia, protección de datos y supervisión humana. La recomendación sobre la ética de la IA de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2021) establece principios para el diseño e integración responsable de sistemas que operan con datos sensibles, subrayando la trazabilidad de decisiones y la necesidad de políticas institucionales que resguarden derechos de estudiantes y docentes. De forma complementaria, la literatura en ética algorítmica enfatiza la

evaluación de justicia, responsabilidad institucional y explicabilidad como condiciones fundamentales para alinear la tecnología con los fines formativos (Whittlestone et al., 2019; González et al., 2025). Paralelamente, el desarrollo de la competencia digital adquiere relevancia estratégica: en educación superior se concibe como la capacidad de integrar tecnologías con criterios pedagógicos, técnicos y éticos, articulando selección de herramientas, gestión de datos, diseño de actividades, evaluación y análisis de consecuencias (Castañeda et al., 2018). Integrar IA desde esta competencia implica que la personalización y la retroalimentación funcionen como medios subordinados a objetivos curriculares, evitando sesgos, minimizando riesgos y asegurando aprendizajes medibles y transferibles (Zawacki-Richter et al., 2019; Chen et al., 2020).

Los cursos de nivelación en matemáticas representan un escenario crítico de transición hacia la vida universitaria, en el que convergen heterogeneidad de perfiles de ingreso, brechas en razonamiento y hábitos de estudio, y variabilidad en alfabetización digital. En estos contextos, la implementación de modelos híbrido adaptativos mediada por IA es pertinente por tres razones: (1) permite ajustar la complejidad de tareas según desempeño, incrementando la oportunidad pedagógica; (2) favorece el seguimiento temprano de dificultades y la retroalimentación formativa, apoyando la toma de decisiones docentes; (3) brinda un entorno idóneo para el desarrollo de competencias digitales aplicadas al estudio de contenidos matemáticos (Niño Rojas et al., 2024; Son, 2024; Gligo-

rea et al., 2023). No obstante la pertinencia pedagógica no garantiza por sí sola, mejoras en rendimiento. Las síntesis subrayan que si el diseño instruccional no plantea alineación clara entre objetivos, tareas, retroalimentación y criterios de evaluación, los beneficios sobre el desempeño pueden diluirse o manifestarse sólo en indicadores de participación y percepción (Zawacki Richter et al., 2019; Chen et al., 2020). Por ello el análisis del impacto debe contemplar indicadores objetivos (p. ej., pruebas diagnósticas/finales), junto a instrumentos de percepción fiables que permitan estudiar relaciones entre dimensiones digitales y resultados académicos (Gligorea et al., 2023).

Aunque la literatura internacional reporta avances consistentes en personalización, tutorías inteligentes y plataformas adaptativas, persisten brechas de evidencia respecto de cómo las competencias digitales, la retroalimentación y el aprendizaje adaptativo se asocian con el rendimiento en situaciones reales de nivelación universitaria, especialmente cuando se trabaja con cohortes numerosas y diseños cuasiexperimentales sin grupo control (Zawacki Richter et al., 2019; Chen et al., 2020). Adicionalmente, las investigaciones advierten que el uso de subescalas estrechamente relacionadas (p. ej., retroalimentación y adaptatividad), puede inducir multicolinealidad, reduciendo la capacidad de los modelos de regresión para identificar predictores independientes del rendimiento (Gligorea et al., 2023). En este sentido se requiere evidencia localizada que analice la ganancia pre-post en cursos de nivelación, incorporando instrumentos adap-

tados al contexto matemático y reportando fiabilidad, descriptivos y asociaciones entre dimensiones digitales. La calidad de esta evidencia depende, por un lado, de la operacionalización clara de variables; y, por otro, de la consistencia de la intervención (duración, secuencia, tareas, mecanismos de feedback) y del reporte ético alineado a marcos internacionales (UNESCO, 2021; Whittlestone et al., 2019).

A partir de los antecedentes revisados, se delimita el problema científico de la investigación de la siguiente manera: En los cursos de nivelación en Matemáticas, la integración de modelos híbrido adaptativos mediada por IA fortalece las competencias digitales del estudiantado y genera percepciones favorables, pero no existe evidencia concluyente sobre su capacidad para predecir la ganancia académica (pre-post) medida a través de pruebas de rendimiento, especialmente cuando las dimensiones del instrumento (retroalimentación y adaptatividad) presentan altas correlaciones que podrían afectar el poder explicativo de los modelos. Este problema se sustenta en tres tensiones: (1) Validez: la fiabilidad de subescalas puede ser alta, pero la superposición conceptual compromete la predicción del rendimiento (Gligorea et al., 2023). (2) Sensibilidad: las pruebas pre-post deben ser sensibles al progreso real; su diseño y alineación con la intervención son determinantes (Zawacki Richter et al., 2019; Chen et al., 2020). (3) Diseño: la ausencia de grupo control limita inferencias causales; se requieren diseños robustos y métricas objetivas acompañadas de analíticas de aprendizaje para mejorar el

seguimiento (Hariyanto & Maharani, 2025; Yuensook et al., 2024).

La presente investigación se justifica por su relevancia pedagógica, metodológica y ética. En el plano pedagógico, aporta evidencia sobre la relación entre competencias digitales y rendimiento en un entorno universitario real de nivelación en matemáticas, donde confluyen brechas de ingreso y exigencias de rápida adaptación a la vida académica (Niño Rojas et al., 2024; Son, 2024). En el plano metodológico, describe de forma transparente un diseño cuasiexperimental pre-post sin grupo control, reporta fiabilidad de subescalas, correlaciones e intenta modelar la ganancia académica mediante regresión múltiple, incorporando la discusión sobre multicolinealidad y sensibilidad de instrumentos (Ramos, 2021; Gligorea et al., 2023; Zawacki Richter et al., 2019). En el plano ético se alinea con la UNESCO (2021) y la agenda de ética de algoritmos relativa a equidad, transparencia, protección de datos y supervisión humana, promoviendo prácticas responsables en la adopción de IA en educación superior (UNESCO, 2021; Whittlestone et al., 2019; González et al., 2025). Además, el estudio ofrece insumos para la mejora institucional: andamiajes explícitos, evaluaciones sensibles al progreso, métricas objetivas de uso (trazas, tiempo de interacción, rutas seguidas) y formación docente en competencia digital (Castañeda et al., 2018; Chen et al., 2020).

Objetivo general: analizar el impacto de un modelo híbrido adaptativo mediado por IA

sobre las competencias digitales del estudiantado (DigCompEdu adaptado) y el rendimiento académico (pre-post) en cursos de nivelación de Matemáticas de la UPEC, y examinar las relaciones entre retroalimentación, aprendizaje adaptativo y uso ético de la IA. Objetivos específicos: (1) Describir la fiabilidad interna de las subescalas del instrumento de competencias digitales y uso ético de IA. (2) Caracterizar las tendencias de percepción en alfabetización digital aplicada, resolución de problemas con IA, retroalimentación y aprendizaje adaptativo, y uso ético de IA. (3) Comparar los resultados de rendimiento entre pretest y post test para estimar la ganancia académica. (4) Explorar las correlaciones entre dimensiones de competencias digitales e indicadores de rendimiento. (5) Evaluar la capacidad predictiva de las competencias digitales y del uso ético de IA sobre la ganancia académica, mediante regresión múltiple, considerando multicolinealidad y sensibilidad de instrumentos. (6) Identificar implicaciones didácticas y éticas para diseños instruccionales futuros y para la gobernanza institucional del uso de IA en la educación superior.

2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque predominantemente cuantitativo, orientado a analizar la relación entre las competencias digitales del estudiantado y el rendimiento académico en el marco de un modelo híbrido - adaptativo mediado por Inteligencia Artificial (IA). El diseño correspondió a un estudio cuasiexperimental pretest y post test sin grupo control, aplicado en dos co-

hortes de estudiantes matriculados en el curso Introducción a la Matemática durante los periodos 2025 A y 2025 B. Este tipo de diseño resulta adecuado para contextos educativos reales donde no es posible la asignación aleatoria y permite examinar variaciones intra sujeto luego de una intervención pedagógica (Ramos Galarza, 2021).

La población estuvo constituida por los 500 estudiantes inscritos en el centro de nivelación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Se aplicaron criterios de inclusión que exigían: participación voluntaria, matrícula activa en la asignatura, completitud del pretest y post test, y respuesta íntegra al cuestionario de percepción. Se excluyeron quienes se retiraron de la institución o dejaron instrumentos incompletos. Este procedimiento buscó asegurar la validez interna del estudio eliminando casos con datos faltantes o participación irregular.

La intervención pedagógica consistió en la implementación de un modelo híbrido adaptativo mediante actividades presenciales, semipresenciales y virtuales, apoyadas por herramientas de IA orientadas al ajuste dinámico de tareas, la retroalimentación inmediata y la generación de rutas personalizadas de aprendizaje. Según Chen et al. (2020) estas funciones permiten optimizar el seguimiento del desempeño y aumentar la pertinencia pedagógica de las actividades académicas. Esta lógica coincide con lo planteado por Koedinger et al. (2014) quienes explican que los sistemas adaptativos ajustan la complejidad instruccional en función del desempeño del estudiante. Para ga-

rantizar consistencia pedagógica, las herramientas digitales utilizadas se seleccionaron en función de su equivalencia funcional respecto a retroalimentación, resolución de problemas y andamiaje adaptativo.

Para medir el rendimiento académico se aplicaron una prueba diagnóstica inicial (pretest) y una prueba final (post test), diseñadas para evaluar contenidos fundamentales de razonamiento matemático. Asimismo, se empleó un instrumento estructurado de percepción basado en el marco Dig-CompEdu, adaptado al contexto matemático universitario, con cuatro dimensiones: alfabetización digital aplicada, resolución de problemas con IA, retroalimentación y aprendizaje adaptativo, y uso ético de la IA. La fiabilidad interna se estimó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, cuyos valores oscilaron entre $\alpha = 0,74$ y $\alpha = 0,98$, considerados adecuados para instrumentos de investigación educativa (Gligorea et al., 2023).

Finalmente, se dio cumplimiento integral a los principios éticos establecidos por la UNESCO (2021) para garantizar un uso responsable y seguro de la inteligencia artificial en entornos educativos. Este cumplimiento incluyó la obtención de consentimiento informado por parte de todos los participantes, la aplicación de protocolos estrictos de protección y confidencialidad de datos personales, la presencia de supervisión humana durante todo el proceso formativo, y la transparencia respecto a los objetivos, alcances y condiciones de la intervención mediada por IA. Asimismo, se promovió un ambiente for-

mativo en el que la equidad, la seguridad y la trazabilidad de las decisiones asistidas por IA fueron consideradas elementos fundamentales para resguardar derechos y asegurar la integridad del proceso investigativo.

3. Resultados

La fiabilidad del instrumento presentó niveles adecuados y elevados de consistencia interna en todas las dimensiones analizadas. Como se muestra en la Tabla 1, los coeficientes Alfa de Cronbach obtenidos para las dimensiones de alfabetización digital aplicada a Matemáticas, resolución de problemas matemáticos con apoyo de inteligencia artificial, retroalimentación y mejora del aprendizaje, aprendizaje adaptativo y uso ético de la inteligencia artificial superaron ampliamente el umbral mínimo recomendado ($\alpha \geq 0,70$). Estos resultados evidencian una alta coherencia interna entre los ítems que conforman cada dimensión, lo que respalda la fiabilidad del cuestionario aplicado en el contexto de entornos híbridos adaptativos para la enseñanza mediado por inteligencia artificial en matemáticas.

Tabla 1: Fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa de Cronbach

Dimensión	Número de ítems	Alfa de Cronbach
Uso ético de la inteligencia artificial	5	0.94
Alfabetización digital aplicada a Matemáticas	5	0.74
Resolución de problemas matemáticos con apoyo de IA	5	0.88
Retroalimentación y mejora del aprendizaje	5	0.98
Aprendizaje adaptativo	5	0.98
Instrumento global	25	0.98

Nota. datos obtenidos en el estudio (2025)

En particular, los índices de alfabetización digital aplicada a Matemáticas ($M = 4.67$) y resolución de problemas matemáticos con apoyo de IA ($M = 4.61$) alcanzaron las medias más elevadas, lo que sugiere que los estudiantes reconocen a la IA como una herramienta eficaz para comprender conceptos matemáticos, analizar procedimientos y fortalecer estrategias de resolución. Asimismo, los índices de uso ético de la inteligencia artificial ($M = 4.23$), retroalimentación y mejora del aprendizaje ($M = 4.23$) y aprendizaje adaptativo ($M = 4.24$) evidencian una percepción positiva respecto al empleo responsable de la IA, la utilidad del feedback automatizado y el fortalecimiento de la autonomía del estudiante en entornos educativos mediados por tecnologías digitales.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos de los índices analizados

Índice	Media
Uso ético de la inteligencia artificial	4.23
Alfabetización digital aplicada a Matemáticas	4.67
Resolución de problemas matemáticos con apoyo de IA	4.61
Retroalimentación y mejora del aprendizaje	4.23
Aprendizaje adaptativo	4.24

Nota. Escala Likert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en el estudio (2025).

El análisis de correlación de Pearson evidenció asociaciones positivas, altas y estadísticamente significativas entre todos los índices analizados ($p < .001$). Como se muestra en la Tabla 3, lo que sugiere una fuerte interrelación entre las dimensiones que conforman el modelo de aprendizaje híbrido y adaptativo mediado por inteligencia artificial.

En particular, se identificaron correlaciones muy altas entre el uso ético de la inteligencia artificial y la alfabetización digital aplicada a Matemáticas ($r = .83$), así como con la retroalimentación y mejora del aprendizaje ($r = .96$) y el aprendizaje adaptativo ($r = .95$). Estos resultados indican que una comprensión ética y responsable del uso de la IA se asocia estrechamente con el desarrollo de competencias digitales y con la adopción de estrategias de aprendizaje autónomas y adaptativas.

Asimismo, la retroalimentación y mejora del aprendizaje presentó una correlación extremadamente alta con el aprendizaje adaptativo ($r = .99$), lo que evidencia la estrecha relación conceptual y funcional entre ambos constructos en entornos educativos mediados por inteligencia artificial. Finalmente, la alfabetización digital aplicada a Matemáticas mostró una correlación alta con la resolución de problemas matemáticos con apoyo de IA ($r = .77$), lo que refuerza la importancia de las competencias digitales para el aprovechamiento pedagógico de herramientas de inteligencia artificial en la enseñanza universitaria de Matemáticas.

Tabla 3: Matriz de correlaciones de Pearson entre los índices analizados

Índice	1	2	3	4	5
1. Uso ético de la IA	—				
2. Alfabetización digital aplicada a Matemáticas	.83**	—			
3. Resolución de problemas con apoyo de IA	.68**	.77**	—		
4. Retroalimentación y mejora del aprendizaje	.96**	.85**	.66**	—	
5. Aprendizaje adaptativo	.95**	.86**	.66**	.99**	—

Nota. Todas las correlaciones son significativas ($p < .001$). Análisis estadístico realizado en RStudio.

Se estimó un modelo de regresión lineal múltiple con el objetivo de analizar la capacidad predictiva del uso ético de la inteligencia artificial, la alfabetización digital, la resolución de problemas con IA, la retroalimentación digital y el aprendizaje adaptativo sobre la ganancia académica de los estudiantes. Como se muestra en la Tabla 4 los resultados indicaron que el modelo no fue estadísticamente significativo, $F(5, 494) = 0.84$, $p = .52$, explicando un porcentaje mínimo de la varianza en la ganancia académica ($R^2 = .008$). Ninguna de las variables predictoras mostró un efecto significativo individual ($p > .05$).

Estos hallazgos sugieren que, si bien los estudiantes presentan valoraciones altamente positivas sobre el uso de la inteligencia artificial en el aprendizaje de Matemáticas, dichas percepciones no se traducen directamente en incrementos cuantificables del rendimiento académico medido a través de la ganancia de puntaje.

Tabla 4: Modelo de regresión lineal para la predicción de la ganancia académica

Predictor	B	EE	t	p
Uso ético de IA	0.06	0.22	0.26	.79
Alfabetización digital	0.46	0.33	1.38	.17
Resolución de problemas	-0.11	0.21	-0.52	.60
Retroalimentación	-0.64	0.84	-0.76	.45
Aprendizaje adaptativo	0.40	0.80	0.50	.62

Nota. $R^2 = .008$, R^2 ajustado = $-.002$. $N = 500$. Análisis estadístico realizado en RStudio.

La inteligencia artificial mejora la experiencia de aprendizaje, la autorregulación y la percepción del proceso matemático, pero no garantiza automáticamente un aumento del

rendimiento medido en términos de ganancia académica.

4. Discusión

La inteligencia artificial mejora la experiencia de aprendizaje, la autorregulación y la percepción del proceso matemático, pero no garantiza automáticamente un aumento del rendimiento medido en términos de ganancia académica.

Sin embargo, aunque las competencias digitales mostraron niveles elevados en todas sus dimensiones, el análisis de regresión reveló que estas no predijeron significativamente la ganancia académica. Este hallazgo es congruente con investigaciones que indican que el impacto de la IA en el rendimiento depende del diseño instruccional, la calidad del andamiaje pedagógico y la pertinencia de las tareas evaluativas utilizadas (Zawacki Richter et al., 2019). El hecho de que el rendimiento no se vea directamente influenciado por las percepciones o por el desarrollo de competencias digitales sugiere la necesidad de integrar evaluaciones más sensibles al progreso y actividades más alineadas con los objetivos curriculares, tal como enfatizó Chen et al. (2020) en revisiones sobre inteligencia artificial en educación.

Un aspecto relevante del análisis fue la alta correlación entre las dimensiones de retroalimentación y aprendizaje adaptativo, lo que podría indicar solapamiento conceptual. Esta situación fue reportada previamente en estudios donde la retroalimentación basada en IA se integra de manera inseparable a los mecanismos adaptativos, generando estruc-

turas psicométricas estrechamente vinculadas (Gligorea et al., 2023). Este hallazgo contribuye a explicar en parte la nula capacidad predictiva del modelo de regresión, en la medida en que la multicolinealidad reduce la potencia estadística y dificulta identificar efectos independientes sobre el rendimiento.

Desde la perspectiva ética, los resultados confirmaron una percepción favorable hacia el uso responsable de la IA, coherente con los principios internacionales que abogan por la transparencia, la equidad y la protección de datos (UNESCO, 2021). Esta valoración no solo indica sensibilización respecto al uso de tecnologías educativas, sino que también subraya la necesidad de fortalecer políticas institucionales que garanticen gobernanza de datos y prácticas seguras en entornos digitales.

En conjunto, los hallazgos del estudio aportan evidencia que refuerza el valor de los modelos híbrido-adaptativos para respaldar procesos formativos en nivelación universitaria, aunque también muestran que su impacto sobre el rendimiento académico no es automático ni lineal. La incorporación de IA debe ir acompañada de un diseño instruccional robusto, evaluaciones pertinentes y formación docente continua, elementos mencionados de forma reiterada en la literatura especializada (Son, 2024; Ezzaim et al., 2023).

5. Conclusiones

- Los resultados permiten concluir que la implementación del modelo híbri-

do–adaptativo mediado por IA contribuyó de manera significativa al fortalecimiento de las competencias digitales del estudiantado en el contexto de nivelación en matemáticas. Las percepciones favorables hacia la retroalimentación, el aprendizaje adaptativo y el uso ético de la IA evidencian que los estudiantes reconocen el valor pedagógico y la utilidad de las herramientas digitales en su proceso formativo.

- No obstante, el análisis estadístico mostró que las competencias digitales y las percepciones positivas sobre el uso de IA no predicen directamente la ganancia académica. Este hallazgo sugiere que la mejora del rendimiento depende de factores complementarios como el diseño instruccional, la calidad de las tareas, la alineación con los objetivos curriculares y la sensibilidad de las evaluaciones implementadas. En consecuencia, el uso de IA debe comprenderse como un recurso que potencia el aprendizaje, pero cuya efectividad requiere condiciones pedagógicas y evaluativas adecuadas.
- Se recomienda a las instituciones educativas fortalecer la capacitación docente en estrategias de enseñanza asistidas por IA, desarrollar métricas objetivas de seguimiento del aprendizaje y avanzar hacia diseños experimentales con mayor control. Futuras investigaciones deberían profundizar en la relación entre competencias digitales, autorregulación y rendimiento, incor-

porando análisis longitudinales y ampliando la variedad de indicadores objetivos que permitan estimar con mayor precisión el efecto real de la personalización mediada por IA.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas



- Cao, W., Nhu Tam Mai, & Guo, W. (2025). Personalized learning and adaptive systems: AI-driven educational innovation and student outcome enhancement. *International Journal of Education and Humanities*, 20(2), 173–182. <https://doi.org/10.54097/tc5k6825>
- Castañeda, L., Esteve, F. & Adell, J. (2018). ¿Por qué es necesario repensar la com-

- petencia docente para el mundo digital? RED. Revista de Educación a Distancia, 56 (6). https://www.um.es/ead/red/56/castaneda_et_al.pdf
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918315382>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*, 8, 75264–75278. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8974350>
- Ezzaim, A., Dahbi, A., Haidine, A., & Aqqal, A. (2023). AI-based adaptive learning: A systematic mapping of the literature. *Journal of Universal Computer Science*, 29(10), 1161–1197. <https://pdfs.semanticscholar.org/0464/391188371f2ff0d662ffe68e3b823ad0c396.pdf>
- Fernández Morales, D. J., Jiménez Reinoso, N. V., Lagos Ortiz, K., & Tapia Bastidas, T. (2025). Influence of artificial intelligence and its effect on the learning outcomes of first-year high school students. *Conciencia Digital*, 8(1.1), 80-99. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i1.1.3353>
- García Durango, F. T., Peralta Campuzano, A. E., Lara Alejandro, R., & Tobar Farias, G. W. (2025). Impact of the use of artificial intelligence in technical vocational teacher training. *Explorador Digital*, 9(2), 82-108. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v9i2.3493>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: a literature review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/12/1216>
- González Fernández, M. O., Romero-López, M. A., & Sgreccia, N. F. (2025). Marcos normativos para una IA ética y confiable en la educación superior: estado de la cuestión. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 28(2), 181-208. <https://www.redalyc.org/journal/3314/331481521019/>
- Hariyanto, K., & Maharani, R. (2025). Artificial intelligence in adaptive education: A systematic review of techniques for personalized learning. *Discover Education*, 4(1), 458. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00908-6>
- Koedinger, K. R., Booth, J. L., & Klahr, D. (2013). Instructional complexity and the science to constrain it. *Education Forum*, 342(6161):935-937. <https://learnlab.org/wp-content/uploads/2025/07/Instructional-Complexity.pdf>
- Lubguban, N. S. J., & Bauyot, M. M. (2025). Utilizing artificial intelligence for Education 4.0 and beyond: a systematic review. *Asian Journal of Education and*

- Social Studies, 51(6), 162–183. <https://doi.org/10.9734/ajess/2025/v51i61985>
- Maphalala, M. C., & Ajani, O. A. (2025). Leveraging artificial intelligence as a learning tool in higher education. *Interdisciplinary Journal of Education Research*, 7(1), a01. <https://doi.org/10.38140/ijer-2025.vol7.1.01>
- Martínez Nogales, J. M., Carrasco Pilco, L. F., Guilcapi Mosquera, J. R., & Rodríguez Montalvo, R. P. (2019). Entornos virtuales de aprendizaje y su incidencia en el rendimiento en matemáticas. *Explorador Digital*, 3(3.1), 93-104. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v3i3.1.867>
- Niño-Rojas, F., Lancheros-Cuesta, D., Jiménez-Valderrama, M. T. P., Mestre, G., & Gómez, S. (2024). Systematic review: trends in intelligent tutoring systems in mathematics teaching and learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 12(1), 203–229. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1408642.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. <https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>
- Ramos Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *Revista CienciaAmérica*, 10(1), 1–7. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7890336.pdf>
- Son, T. (2024). Intelligent tutoring systems in mathematics education: a systematic literature review using the Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition Model. *Computers*, 13(10), 270. <https://www.mdpi.com/2073-431X/13/10/270>
- Whittlestone, J., Nyrupe, R., Alexandrova, A., & Dihal, K. (2019). Ethical and societal implications of algorithms, data, and artificial intelligence: a roadmap for research. London: Nuffield Foundation. <https://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Ethical-and-Societal-Implications-of-Data-and-AI-report-Nuffield-Foundation.pdf>
- Yuensook, T., Jantakoon, T., & Limpinan, P. (2024). AI-driven adaptive learning systems in higher education: A systematic review. *Journal of Education and Learning*, 15(2), 117. <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jel/article/view/0/52556>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-019-0171-0>

Impacto del estrés en el desempeño del personal de enfermería en las áreas críticas de los hospitales de Latinoamérica

Impact of stress on the performance of nursing staff in critical areas of Latin American hospitals

- 1 Yomar Elizabeth Capus Aguila  <https://orcid.org/0009-0009-8933-8430>
Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Guaranda, Ecuador. Maestría en Salud Pública
yomar.capus@ueb.edu.ec
- 2 Stefanny Karolina Días Ledesma  <https://orcid.org/0000-0003-4176-1300>
Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Guaranda, Ecuador.
sdias@mailes.ueb.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/11/2025

Revisado: 15/12/2025

Aceptado: 16/01/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3641>

Cítese:

Capus Aguila, Y. E., & Días Ledesma, S. K. (2026). Impacto del estrés en el desempeño del personal de enfermería en las áreas críticas de los hospitales de Latinoamérica. *Ciencia Digital*, 10(2), 20-38. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3641>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: estrés laboral, enfermería, desempeño profesional, áreas críticas, síndrome de burnout, hospitales latinoamericanos, salud ocupacional.

Resumen: Introducción: el estrés laboral en el personal de enfermería de áreas críticas representa una problemática relevante en la salud ocupacional latinoamericana, agravada por limitaciones presupuestarias, déficit de recursos humanos y el impacto de la pandemia COVID-19. Objetivo: analizar sistemáticamente la evidencia científica sobre el impacto del estrés laboral en el desempeño del personal de enfermería en áreas críticas de hospitales latinoamericanos durante 2020-2025. Metodología: Revisión sistemática siguiendo directrices PRISMA 2020. Se consultaron bases de datos científicas (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS, SciELO, Dialnet), hasta noviembre 2025. De 135 registros iniciales, se analizaron 28 estudios de alta calidad metodológica evaluados mediante herramientas CASP y Newcastle-Ottawa. Resultados: la prevalencia promedio de síndrome de burnout fue 43.8 %, alcanzando 84.4 % en contextos pandémicos. La sobrecarga laboral se reportó en 85.7 % de estudios. El agotamiento emocional afectó al 62.8 % del personal, despersonalización al 64.9 %, y 77.7 % reportó bajo desarrollo profesional. El estrés impacta directamente en la seguridad del paciente, incrementando errores clínicos. Conclusión: el estrés laboral constituye una consecuencia estructural de deficiencias sistémicas, no un problema individual. Las intervenciones efectivas requieren mejoras organizacionales, apoyo psicológico sistemático y políticas de salud ocupacional. Invertir en salud ocupacional del personal es estratégico para la calidad y sostenibilidad de los sistemas de salud latinoamericanos. Área de estudio general: Ciencias de la Salud. Área de estudio específica: Enfermería / Salud Ocupacional, Tipo de estudio: Revisión bibliográfica sistemática.

Keywords: work-related stress, nursing, professional performance, critical care, burnout syndrome, Latin American hospitals, occupational health.

Abstract: Introduction: work-related stress among critical care nursing staff represents a significant occupational health problem in Latin America, aggravated by budget limitations, human resource deficits, and COVID-19 pandemic impact. Objective: to systematically analyze scientific evidence on the impact of work-related stress on nursing staff performance in critical care areas of Latin American hospitals during 2020-2025. Methodology: systematic review following PRISMA 2020 guidelines. Scientific databases were consulted (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS, SciELO, Dialnet), until November 2025. From 135 initial records, 28

high-quality studies were analyzed using CASP and Newcastle-Ottawa tools. Results: average burnout syndrome prevalence was 43.8 %, reaching 84.4 % in pandemic contexts. Work overload was reported in 85.7 % of studies. Emotional exhaustion affected 62.8 % of staff, depersonalization 64.9 %, and 77.7 % reported low professional development. Stress directly impacts patient safety, increasing clinical errors. Conclusion: work-related stress constitutes a structural consequence of systemic deficiencies, not an individual problem. Effective interventions require organizational improvements, systematic psychological support, and occupational health policies. Investing in staff occupational health is strategic for quality and sustainability of Latin American health systems. General study area: Health Sciences. Specific study area: Nursing / Occupational Health. Type of study: Systematic literature review.

1. Introducción

El estrés laboral se define como un conjunto de reacciones emocionales, psicológicas, cognitivas y conductuales de carácter negativo que emergen cuando las demandas del ambiente laboral exceden la capacidad de respuesta del profesional, representando una de las problemáticas más relevantes en el contexto de la salud ocupacional contemporánea, particularmente en el ámbito de los cuidados críticos. En Latinoamérica, esta problemática adquiere dimensiones especialmente preocupantes debido a las características particulares de los sistemas de salud de la región, que frecuentemente enfrentan limitaciones presupuestarias significativas, déficit crónico de recursos humanos e infraestructura insuficiente. Las áreas críticas hospitalarias, tales como las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), las unidades de terapia intensiva pediátrica, las unidades

de cuidados intensivos neonatales y los servicios de emergencia, se caracterizan por la atención de pacientes en estado crítico que requieren vigilancia continua, intervenciones terapéuticas complejas y toma de decisiones rápidas bajo condiciones de alta presión, factores que intensifican la exposición a situaciones estresantes de manera crónica (Jiménez et al., 2023).

La evidencia científica reciente documenta de manera consistente que el personal de enfermería en áreas críticas experimenta niveles significativamente elevados de estrés laboral y síndrome de burnout en toda la región latinoamericana (Veloso et al., 2024). Estudios en: Chile, Ecuador, Brasil y Perú, revelan que el personal presenta características compatibles con estrés laboral, relacionado principalmente con sobrecarga laboral, exposición continua a situaciones de muerte, y déficit de recursos instituciona-

les (Guillen et al., 2025). La sobrecarga laboral emerge consistentemente como uno de los factores estresores más prevalentes y con mayor impacto sobre el bienestar del personal. Esta sobrecarga se manifiesta en el déficit crónico de personal que resulta en ratios enfermera-paciente inadecuadas, jornadas laborales extendidas, ausencia de períodos de descanso y asignación de responsabilidades que exceden la capacidad individual de respuesta. Un estudio evidencia que enfermeras de 13 países de América Latina sufren estrés laboral superior, sumado a padecimiento de sobrecarga de trabajo y exceso de horas en su jornada laboral, mencionando que las instituciones donde laboran no cuentan con apoyo psicológico (Del Rosario et al., 2021). La unidad de cuidados intensivos presenta mayor cantidad de manifestaciones estresantes, mientras que la unidad de cuidados médicos quirúrgicos representa una mayor sobrecarga laboral (Torrecilla et al., 2021).

Las consecuencias del estrés laboral son múltiples e interrelacionadas, afectando simultáneamente al profesional, a la organización y la calidad de atención. Los altos niveles de estrés hacen que las enfermeras sean más propensas a desarrollar diversas enfermedades físicas y mentales, pérdida del rendimiento y productividad, generando insatisfacción del paciente con respecto a la atención entregada, y la sobrecarga laboral aumenta los niveles de estrés que al ser sobrepasado puede conducir a errores en el cuidado de la persona atendida (Vásquez & González, 2020). El síndrome de burnout en enfermería intensiva tiene influencia directa

en la seguridad del paciente, incrementando el riesgo de eventos adversos relacionados con los cuidados de enfermería (Durán et al., 2021).

La salud mental del personal de salud es una preocupación frecuente, incluso mucho antes de la pandemia, teniendo la ansiedad y el estrés una incidencia significativa en el personal de salud (Torrecilla et al., 2021). Estas condiciones laborales demandantes no solo afectan la estabilidad emocional del personal de enfermería, sino que también repercuten en su capacidad de afrontamiento, adaptación y resiliencia frente a eventos adversos, generando un desgaste progresivo que compromete el equilibrio entre la vida personal y profesional, así como la continuidad y calidad del cuidado brindado (Baldera & Ydrogo, 2022). Al provocar una afluencia masiva de pacientes en estado crítico, la pandemia de COVID-19 cambió radicalmente las prácticas profesionales en las unidades de cuidados intensivos, generando un estrés laboral sin precedentes en los profesionales de salud que laboraban en estas unidades, porque no se contaba con todas las medidas de bioseguridad requeridas para la protección del personal, además los insumos médicos se agotaron y eran escasos (Moncada et al., 2021).

A pesar de la creciente evidencia sobre la prevalencia del estrés laboral en el personal de enfermería de áreas críticas y su impacto documentado sobre el desempeño profesional y la calidad de atención, existe un vacío significativo en el conocimiento consolidado específico para el contexto latinoameri-

cano. No existe una síntesis comprehensiva que integre la evidencia disponible para proporcionar una visión regional del fenómeno, identificando patrones comunes, especificidades contextuales y estrategias de intervención efectivas. Esta carencia limita la comprensión global del problema y dificulta el desarrollo de estrategias de intervención contextualizadas a las realidades sanitarias, económicas y culturales de América Latina (Vega-Falcón, 2022).

La relevancia de esta problemática se magnifica al considerar que las áreas críticas atienden los pacientes más vulnerables, cuyas vidas dependen directamente de la competencia técnica, el juicio clínico y la capacidad de respuesta del personal de enfermería (Fernández, 2024). Cualquier deterioro en el desempeño profesional puede traducirse en consecuencias graves, incremento en morbilidad, prolongación de estancias hospitalarias y aumento de costos. La inversión en formación especializada hace que la rotación y el ausentismo representen pérdidas económicas sustanciales para las instituciones (de Souza Veloso et al., 2024).

Ante este panorama complejo y preocupante, resulta imperativo realizar un análisis sistemático de la evidencia disponible. Por ello, el objetivo general del presente estudio es analizar sistemáticamente la evidencia científica disponible sobre el impacto del estrés laboral en el desempeño del personal de enfermería en áreas críticas de hospitales latinoamericanos durante el período 2020-2025, a través de una revisión sistemática de la literatura.

La ventana de tiempo 2020-2025 se justifica por el impacto transformador de la pandemia de COVID-19, que desde marzo de 2020 cambió radicalmente el ambiente laboral en las UCI, generando una crisis sin precedentes que exacerbó las vulnerabilidades estructurales preexistentes de los sistemas de salud latinoamericanos. Este período permite capturar tanto el efecto agudo de la pandemia como las consecuencias prolongadas en el contexto post pandémico, proporcionando una comprensión integral de la evolución del estrés laboral en este período crítico de la historia de la salud pública regional.

Esta revisión se justifica por múltiples razones que convergen en la necesidad urgente de consolidar el conocimiento disponible y orientar acciones efectivas para proteger tanto la salud del personal de enfermería como la seguridad de los pacientes críticos.

2. Metodología

El presente artículo se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura científica, metodología que representa el estándar de oro para sintetizar de manera rigurosa, transparente y reproducible el conocimiento existente sobre una temática específica mediante la aplicación de criterios explícitos y sistemáticos de búsqueda, selección, evaluación crítica de la calidad metodológica, extracción de datos y síntesis de estudios primarios y secundarios. Este diseño metodológico permite minimizar sesgos inherentes a las revisiones narrativas tradicionales, maximizar la exhaustividad de la búsqueda bibliográfica asegurando que toda la evi-

dencia relevante disponible sea identificada y considerada, y proporcionar conclusiones basadas en el conjunto total de la evidencia disponible en lugar de estudios individuales que pueden presentar limitaciones o resultados contradictorios.

Se excluyeron documentos duplicados, estudios dirigidos a otras profesiones sanitarias y publicaciones sin acceso completo o que no abordaran directamente la relación entre estrés y desempeño laboral.

Para garantizar el rigor metodológico absoluto y la transparencia completa del proceso de revisión, se siguieron estrictamente las directrices establecidas en la declaración PRISMA 2020 La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos científicas internacionales y regionales de reconocido prestigio académico. Las principales bases consultadas fueron: *PubMed/MEDLINE* (*National Library of Medicine*), *Scopus* (*Elsevier*), *Web of Science* (*Clarivate Analytics*) y *LILACS* (*Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud*). Complementariamente, se consultaron bases regionales y repositorios institucionales latinoamericanos para garantizar la inclusión de investigaciones publicadas en el contexto local: *Dialnet*, *Alicia-Concytec*, *SciELO*, *RECIAMUC* y repositorios institucionales de universidades de la región (*UPeU*, *UMA*, *UPSC*, *UNESUM*, *UNACH*).

La última búsqueda se ejecutó en noviembre de 2025, garantizando la inclusión de la evidencia más reciente disponible hasta la fecha de elaboración del presente estudio. La es-

trategia de búsqueda combinó términos controlados (*MeSH/DeCS*) y términos libres en español e inglés, utilizando operadores booleanos para optimizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda. Se emplearon descriptores en español e inglés combinados mediante operadores booleanos: “estrés laboral” AND “enfermería” AND “desempeño profesional” AND “áreas críticas” OR “hospitales” OR “Latinoamérica”; así como sus equivalentes en inglés (*work-related stress, nursing, professional performance, critical care, Latin America*).

Los criterios de búsqueda priorizaron artículos que analizaran el estrés en el personal de enfermería, su relación con la carga laboral y el desempeño profesional, en contextos hospitalarios públicos o privados de América Latina.

La estrategia de búsqueda se detalla en la Tabla 1.

2.1 Criterios de inclusión

- Estudios publicados entre 2020 y 2025 en español o inglés.
- Investigaciones desarrolladas en países latinoamericanos o con muestra de enfermeros de la región.
- Estudios que analicen la relación entre estrés laboral y desempeño profesional del personal de enfermería.
- Artículos originales, tesis de maestría o licenciatura, y revisiones con metodología claramente descrita.

Tabla 1: Estrategia de búsqueda

Base de datos	Estrategia de búsqueda aplicada	Resultados obtenidos
PubMed/MEDLINE	("work-related stress."OR "occupational stress") AND ("nursing."OR "nurses") AND (critical care."OR intensive care") AND "Latin America"	18 artículos
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("work stress.^AND "nursing.^AND critical care.^AND "Latin America")	22 artículos
Web of Science	TS=(.estrés laboral."OR "work stress") AND TS=(.enfermería."OR "nursing") AND TS=(cuidados intensivos."OR critical care")	15 artículos
LILACS	(tw:(estrés laboral)) AND (tw:(enfermería)) AND (tw:(desempeño profesional)) AND (tw:(América Latina))	19 artículos
Dialnet	.estrés laboral.^AND .enfermería.^AND "desempeño profesional"	16 artículos
Alicia (Concytec)	.estrés laboral.^AND .enfermería.^AND "Latinoamérica"	14 artículos
Repositorios institucionales (UPeU, UMA, UPSC, UNESUM, UNACH)	.estrés laboral.^AND "áreas críticas.^AND "hospital"	21 artículos
SciELO	.estrés laboral.^AND .enfermería.^AND cuidados críticos"	10 artículos
Total de registros identificados		135 artículos

Nota: estrategia de búsqueda aplicada en bases de datos internacionales y repositorios latinoamericanos (2020–2025).

2.2 Criterios de exclusión

- Artículos duplicados o con acceso restringido.
- Estudios dirigidos a médicos u otras profesiones de salud.
- Investigaciones sin relación directa entre estrés y desempeño laboral.
- Publicaciones con información insuficiente o sin análisis empírico.

Para garantizar la rigurosidad de la revisión, todos los estudios incluidos fueron sometidos a evaluación de calidad metodológica mediante la herramienta *Critical Appraisal Skills Programme (CASP)* para estudios observacionales y cualitativos, y la escala de

Newcastle-Ottawa para estudios de cohorte y casos-control.

El proceso de evaluación fue realizado de manera independiente por dos revisores, quienes analizaron cada estudio según criterios de validez interna, claridad metodológica, adecuación del diseño, tamaño muestral, control de sesgos y relevancia de los resultados. Las discrepancias entre revisores fueron resueltas mediante consenso y, cuando fue necesario, con la intervención de un tercer revisor. Los estudios con puntuación inferior al 60 % en las escalas aplicadas fueron excluidos por alto riesgo de sesgo. De los 28 estudios finalmente incluidos, el 71.4 % (n=20) fueron clasificados como de alta calidad metodológica, el 25 % (n=7) de calidad moderada, y solo el 3.6 % (n=1) de calidad aceptable, pero con limitaciones reconoci-

das (Figura 1).

3. Resultados

El análisis de los 28 estudios incluidos revela una prevalencia promedio de síndrome de burnout del 43.8 % en el personal de enfermería de áreas críticas latinoamericanas, con cifras alarmantes que alcanzan hasta 84.4 % en contextos específicos, particularmente durante el período pandémico. La sobrecarga laboral fue reportada en el 85.7 % de los estudios analizados, constituyéndose como el factor estresor más prevalente y consistente a través de los diferentes contextos nacionales. El agotamiento emocional se documentó en el 62.8 % del personal evaluado, mientras que la despersonalización afectó al 64.9 %, y el 77.7 % reportó bajo sentido de desarrollo profesional. Estos hallazgos cuantitativos evidencian la magnitud crítica del problema en la región.

La Tabla 2 y Tabla 3 muestra la síntesis de los 28 estudios seleccionados tras aplicar los criterios PRISMA. Cada investigación aborda desde distintos contextos el impacto del estrés laboral en el desempeño profesional del personal de enfermería en áreas críticas de hospitales latinoamericanos. Los hallazgos coinciden en que el estrés es un fenómeno generalizado, con repercusiones físicas, emocionales y organizacionales que afectan la calidad de la atención y la estabilidad del personal.

En los estudios revisados, los resultados cuantitativos evidencian que el estrés laboral se encuentra presente en un alto porcentaje del personal de enfermería que labora en

áreas críticas de los hospitales latinoamericanos. La mayoría de las investigaciones reportan niveles de estrés que superan el 60 %, lo que refleja una tendencia generalizada de agotamiento físico y emocional.

Los países con mayores índices registrados fueron Perú, Ecuador y Brasil, donde las exigencias asistenciales, los turnos prolongados y la falta de recursos constituyen las principales fuentes de tensión laboral. El síndrome de Burnout aparece como una consecuencia frecuente del estrés prolongado, manifestándose en el agotamiento emocional, la despersonalización y la disminución del sentido de logro personal.

En la mayoría de los estudios se identifican factores comunes como la sobrecarga laboral, los horarios extendidos, la supervisión constante y la escasez de personal, los cuales impactan negativamente en la productividad, la motivación y la calidad del cuidado. Además, los porcentajes reflejan una estrecha relación entre el nivel de estrés y el rendimiento profesional, demostrando que los profesionales más expuestos a ambientes laborales hostiles presentan un desempeño significativamente menor.

Estos resultados cuantitativos permiten inferir que el estrés laboral constituye un problema estructural en las instituciones de salud de la región, donde las condiciones organizativas y la falta de apoyo institucional influyen de manera directa en la aparición de síntomas de fatiga, ansiedad y disminución de la eficiencia profesional.

Los resultados cualitativos descritos en la

Figura 1: Diagrama de flujo de acuerdo con Prisma

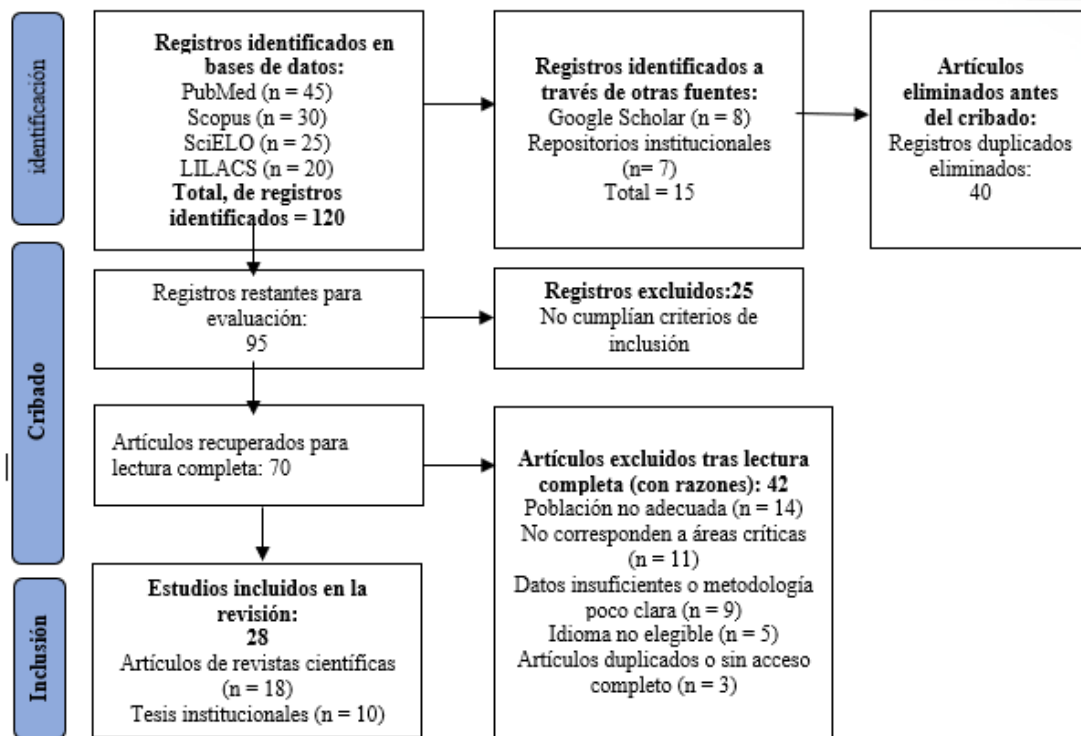


Tabla 3 complementan el panorama numérico al evidenciar las experiencias, percepciones y consecuencias emocionales del estrés laboral. En general los estudios muestran que el personal de enfermería enfrenta una constante presión emocional al atender pacientes en estado crítico, situación que afecta su estabilidad psicológica y su desempeño interpersonal.

De manera general, los hallazgos describen sentimientos de agotamiento, frustración, irritabilidad, desmotivación y pérdida de empatía, los cuales se intensifican ante la falta de reconocimiento profesional y la sobrecarga de funciones. Varios autores coinciden en que la escasez de recursos humanos y materiales, junto con la ausencia de

programas de salud mental o capacitación continua, agravan el problema y dificultan la resiliencia del personal.

También se evidenció que el estrés tiene un impacto directo en la calidad del cuidado y la seguridad del paciente, debido al aumento de errores clínicos, la disminución de la concentración y los conflictos interpersonales dentro del equipo de salud. Algunos estudios proponen estrategias preventivas, como la promoción de espacios de autocuidado, pausas activas, talleres de afrontamiento y programas institucionales de apoyo psicológico, los cuales mostraron resultados positivos en la mejora del clima laboral y la productividad.

Tabla 2: Porcentajes y tendencias de estrés laboral en enfermeros latinoamericanos en áreas críticas

N.º	Referencia	País	Principales hallazgos cuantitativos
1	Matías (2024)	Perú	68 % de enfermeros reportaron niveles altos de estrés; el 60 % manifestó fatiga física y mental.
2	Villacorta (2022)	Perú	70 % de enfermeros experimentan estrés moderado; 55 % señaló impacto directo en desempeño clínico.
3	Franco et al. (2024)	Ecuador	63 % presenta fatiga por compasión; 48 % agotamiento emocional.
4	Espinel et al. (2022)	Ecuador	92 % percibe sobrecarga laboral; 50 % destina más del 25 % del tiempo a tareas administrativas.
5	Calderón & Rivas (2021)	Cuba	74 % de enfermeras reportan estrés por exceso de supervisión.
6	López & Abramonte (2024)	Perú	28 % menciona falta de apoyo institucional; 24 % incertidumbre clínica.
7	Cortez-González et al. (2022)	México	18 % presenta estrés moderado sin diferencias de género.
8	De Souza et al. (2024)	Brasil	62.8 % agotamiento emocional; 64.9 % despersonalización; 77.7 % bajo desarrollo profesional.
9	Das Neves et al. (2021)	Brasil	42 % niveles moderados o altos de Burnout; mayor despersonalización en mujeres.
10	Cruz et al. (2023)	Colombia	Más del 50 % de personal UCI con sobrecarga laboral; menor rendimiento durante turnos prolongados.
11	Acosta-Romo & Maya-Pantoja (2020)	Colombia	Puntaje NAS promedio de 68 indica alta carga laboral; repercute en calidad del cuidado.
12	Rendón et al. (2020)	México	67 % con agotamiento emocional; 53 % con despersonalización.
13	Inoñan & Quispe (2024)	Perú	65 % de enfermeros presenta estrés severo por sobrecarga y falta de recursos.
14	Castillo & Valverde (2024)	Ecuador	68 % del personal con agotamiento físico; 40 % presenta irritabilidad frecuente.
15	López et al. (2023)	Peru	88 % del personal con carga laboral alta y síntomas de fatiga crónica.

Fuente: estudios incluidos en la revisión sistemática (2020–2025).

Tabla 3: Hallazgos descriptivos sobre el impacto del estrés laboral en el desempeño del personal de enfermería

N.º	Referencia	Hallazgos descriptivos relevantes
16	Vásquez & González (2020)	El estrés laboral afecta la relación interpersonal con los pacientes y disminuye la empatía profesional.
17	Comezquira-Reay et al. (2021)	Equipamiento deficiente y retrasos en procedimientos incrementan el esfuerzo físico y reducen el rendimiento.
18	Melendrez (2023)	El 70 % no recibe capacitación; la falta de formación eleva la tensión laboral y el error clínico.
19	Salazar et al. (2024)	La escasez de recursos en hospitales públicos agrava el estrés y reduce la satisfacción laboral.
20	Del Valle (2021)	La presión por tiempo y personal insuficiente afecta la calidad del cuidado y genera fatiga emocional.
21	Chireh et al. (2025)	El estrés se asocia con trastornos de salud mental; se requieren intervenciones institucionales.
22	Omotosho et al. (2025)	Recomienda políticas de salud ocupacional para disminuir la presión laboral.
23	Cueva. (2025)	El estrés afecta la capacidad de comunicación y liderazgo del personal en áreas críticas.
24	Ramírez et al. (2022)	El apoyo psicológico institucional reduce la tensión emocional y mejora el desempeño.
25	Quispe (2025)	El estrés sostenido deteriora la empatía y la relación entre compañeros.
26	Fang et al. (2025)	El agotamiento físico y mental provoca errores frecuentes durante las guardias.
27	Pinedo (2025)	El estrés genera desmotivación, ausentismo y clima laboral negativo.
28	Cueva (2025)	La sobrecarga administrativa es percibida como el principal factor estresante.

Fuente: investigaciones seleccionadas (2020–2025).

En síntesis, el análisis cualitativo revela que el estrés laboral en enfermería no se limita a una sobrecarga de tareas, sino que involucra aspectos emocionales y sociales, que comprometen la estabilidad personal y profesional de quienes ejercen en áreas críticas.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en esta revisión sistemática confirman que el estrés laboral en el personal de enfermería es una problemática multidimensional y persistente en

los hospitales latinoamericanos. Los datos reflejan altos niveles de tensión y agotamiento, derivados de la sobrecarga de trabajo, la escasez de recursos y la presión institucional. Según Matías (2024) el exceso de responsabilidades genera fatiga física y mental, mientras que Villacorta (2022) sostiene que la supervisión constante y la falta de autonomía disminuyen la motivación y la empatía del personal.

La evidencia permite establecer que el estrés prolongado impacta directamente en el des-

empeño profesional, afectando la concentración, la toma de decisiones, el trato humanizado y la calidad del cuidado. Investigaciones realizadas en Brasil (De Souza et al., 2024; Das Neves et al., 2021), evidencian que el agotamiento emocional y la despersonalización son componentes centrales del síndrome de Burnout, muy frecuente en los profesionales de áreas críticas. Los hallazgos de esta revisión son particularmente robustos, ya que el 71.4 % de los estudios incluidos fueron clasificados como de alta calidad metodológica según la evaluación realizada mediante las escalas CASP y Newcastle-Ottawa. Esta solidez metodológica fortalece la confiabilidad de las conclusiones y reduce el riesgo de sesgos en la interpretación de los resultados. La consistencia de los hallazgos a través de estudios con diferentes diseños metodológicos (transversales, longitudinales, cualitativos y mixtos) y contextos institucionales diversos (hospitales públicos, privados, urbanos y rurales) confirma que el estrés laboral en enfermería de áreas críticas constituye un fenómeno estructural más que situacional.

La identificación de estrategias efectivas para mitigar el estrés laboral constituye un hallazgo fundamental de esta revisión. Los estudios analizados evidencian que las intervenciones organizacionales sistemáticas generan resultados positivos significativos. Ramírez et al. (2022) demuestran que el acompañamiento psicológico institucional reduce sustancialmente la tensión emocional y mejora el desempeño profesional, mientras que la implementación de programas de autocuidado, pausas activas durante

la jornada laboral y talleres de afrontamiento del estrés demostrando efectividad en la mejora del clima organizacional y la productividad

Mientras que Felicity et al. (2025) proponen que la formulación de políticas de salud ocupacional con carácter institucional representa el nivel de intervención más efectivo a largo plazo. Estas políticas deben incluir la regulación de ratios enfermera-paciente, la garantía de períodos de descanso adecuados, la provisión suficiente de recursos materiales, y la implementación obligatoria de programas de apoyo emocional. La evidencia sugiere que las intervenciones aisladas tienen efectos limitados, mientras que los enfoques integrales que abordan simultáneamente factores organizacionales, emocionales e institucionales producen mejoras sostenidas en el bienestar del personal y la calidad del cuidado (Chireh et al., 2025).

El análisis de las estrategias de intervención reportadas en los estudios revisados permite identificar. Las pausas activas durante la jornada laboral constituyen intervenciones de bajo costo con resultados significativos en la reducción de tensión muscular y fatiga mental. Estas pausas, que implican breves períodos de 10-15 minutos cada 3-4 horas de trabajo continuo para realizar ejercicios de estiramiento, técnicas de respiración o simplemente desconexión temporal de las demandas laborales, demostraron mejorar la concentración y reducir los niveles de cortisol en personal de áreas críticas. Los talleres de afrontamiento del estrés, por su parte, proporcionan al personal

herramientas psicológicas específicas como técnicas de relajación, reestructuración cognitiva, manejo de emociones y establecimiento de límites profesionales saludables. Vásquez & González (2020) documentaron que estas intervenciones mejoran significativamente la relación interpersonal con los pacientes y restauran la empatía profesional que frecuentemente se ve comprometida por el agotamiento emocional crónico.

Los programas institucionales de autocuidado representan intervenciones más comprehensivas que integran múltiples componentes: educación sobre reconocimiento temprano de síntomas de estrés y burnout, promoción de hábitos saludables de alimentación y sueño, facilitación de espacios físicos de descanso adecuados, y establecimiento de redes de apoyo entre pares. La evidencia sugiere que estos programas son particularmente efectivos cuando se combinan con apoyo psicológico profesional accesible y confidencial. Ramírez et al. (2022) documentaron que el acompañamiento psicológico institucional, cuando es proporcionado de manera sistemática y no solo reactiva ante crisis, reduce sustancialmente la tensión emocional y mejora el desempeño profesional. Sin embargo Melendrez (2023) alertan que el 70 % del personal no recibe capacitación continua ni acceso a estos programas de apoyo, lo que eleva significativamente tanto la tensión laboral como el riesgo de error clínico. Esta ausencia de apoyo institucional sistemático representa una vulnerabilidad crítica en los sistemas de salud latinoamericanos que debe ser abordada con urgencia.

Este enfoque estructural encuentra respaldo en marcos teóricos consolidados de salud ocupacional. El modelo Demanda-Control-Apoyo de Karasek y Theorell establece que el estrés laboral resulta del desequilibrio entre altas demandas laborales, bajo control sobre el trabajo y ausencia de apoyo social, condiciones que caracterizan precisamente el contexto de las áreas críticas latinoamericanas. Similarmente, el modelo de Esfuerzo-Recompensa de Siegrist postula que el estrés surge cuando existe desbalance entre el esfuerzo invertido (alta carga laboral, responsabilidades críticas) y las recompensas recibidas (reconocimiento, desarrollo profesional, compensación adecuada), desequilibrio ampliamente documentado en los estudios revisados. Estos marcos conceptuales refuerzan que las intervenciones efectivas deben enfocarse en modificar las condiciones estructurales del trabajo más que en desarrollar únicamente habilidades individuales de afrontamiento.

En este contexto los sistemas de salud latinoamericanos agravan esta situación, debido a limitaciones estructurales como personal insuficiente, escasez de materiales, bajos salarios y ausencia de políticas de bienestar laboral (Santos et al., 2022). Esto genera un entorno de vulnerabilidad que favorece la aparición de estrés crónico y reduce la capacidad de resiliencia del personal de enfermería.

Los hallazgos de esta revisión confirman de manera contundente que el estrés laboral en enfermería de áreas críticas no constituye un problema individual atribuible a carac-

terísticas personales o falta de resiliencia del profesional, sino que representa una consecuencia directa de la estructura organizativa deficiente de los servicios de salud latinoamericanos. Esta perspectiva estructural es fundamental para orientar intervenciones efectivas, ya que desplaza el foco desde la responsabilidad individual hacia la responsabilidad institucional y sistémica.

La evidencia analizada revela que factores organizacionales como déficit crónico de personal, ratios inadecuadas enfermera-paciente, jornadas laborales extendidas, escasez de recursos materiales, ausencia de protocolos de autocuidado institucional y falta de apoyo psicológico estructurado constituyen determinantes estructurales del estrés que afectan al personal independientemente de sus características individuales. La ausencia de diferencias significativas en los niveles de estrés según edad o género en los estudios analizados refuerza la naturaleza sistémica del problema.

Esta comprensión tiene implicaciones críticas para el diseño de intervenciones: mientras las estrategias centradas exclusivamente en el desarrollo de habilidades individuales de afrontamiento pueden proporcionar alivio temporal, solo las transformaciones estructurales de las condiciones laborales pueden generar mejoras sostenibles. Las instituciones de salud y los formuladores de políticas públicas deben reconocer que invertir en condiciones laborales dignas para el personal de enfermería no es un gasto opcional sino una inversión estratégica en la calidad y seguridad de la atención hospitalaria.

En este sentido, los resultados de esta revisión coinciden en que el estrés laboral no debe ser considerado un problema individual, sino una consecuencia de la estructura organizativa de los servicios de salud.

5. Conclusiones

- El estrés laboral en el personal de enfermería de áreas críticas en Latinoamérica no es un problema de debilidad individual ni de falta de capacidad profesional, sino una consecuencia directa y previsible de sistemas de salud estructuralmente deficientes. Las instituciones hospitalarias de la región normalizaron condiciones laborales insostenibles que inevitablemente deterioran tanto la salud mental del personal como la seguridad de los pacientes más vulnerables.
- La evidencia demuestra sin ambigüedad que cuando los profesionales de enfermería trabajan agotados, emocionalmente exhaustos y sin apoyo institucional, cometen más errores, pierden empatía con sus pacientes y eventualmente abandonan la profesión. Este ciclo destructivo no solo representa una crisis humanitaria para el personal de salud, sino también una amenaza directa para la sostenibilidad de los sistemas hospitalarios y la supervivencia de pacientes críticos.
- Las soluciones superficiales centradas únicamente en enseñar al personal a "manejar mejor el estrés" son insuficientes e incluso ofensivas, pues trans-

fieren la responsabilidad institucional al individuo. Lo que se requiere urgentemente son transformaciones estructurales profundas: ratios adecuadas de personal, provisión suficiente de recursos, jornadas laborales razonables, apoyo psicológico institucionalizado y políticas públicas con fuerza legal que protejan efectivamente al personal de salud.

- La crisis postpandemia ofrece una oportunidad histórica para que los gobiernos y sistemas de salud latinoamericanos reconozcan que proteger la salud mental del personal de enfermería no es un lujo opcional sino una necesidad impostergable para garantizar la calidad, seguridad y viabilidad futura de la atención hospitalaria en la región. La pregunta ya no es si debemos actuar, sino cuánto tiempo más permitiremos que continúe esta crisis evitable

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Acosta-Romo, M. F., & Maya-Pantoja, G. J. (2020). Competencias clínicas y carga laboral del profesional de enfermería en la unidad de cuidado intensivo adulto. *Revista Ciencia y Cuidado*, 17(2), 22–32. <https://doi.org/10.22463/17949831.1698>
- Baldera Rivera, Y. J., & Ydrogo Llatas, M. R. (2022). Nivel de estrés laboral en enfermeras ante la pandemia del sars-cov-2 establecimiento médico “Villa Essalud Ferreñafe”, Perú-2020. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9752>
- Borges, E. M. das N., Queirós, C. M. L., Abreu, M. da S. N. de, Mosteiro-Diaz, M. P., Baldonado-Mosteiro, M., Baptista, P. C. P., ... Silva, S. M. (2021). Burnout among nurses: a multicentric comparative study. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 29, e3432. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.4320.3432>
- Calderón, R., & Rivas, M. (2021). Factores laborales y nivel de estrés en enfermeras de centro quirúrgico. *Revista Cubana de Enfermería*, 37(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192021000400013

- Castillo Merino, Y. A., & Valverde Lucio, M. Vinicio. (2024). Efecto de la sobre carga laboral en el personal de enfermería del Hospital Básico de Jipijapa. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí], Repositorio Digital. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6569>
- Chireh, B., Essien, S. K., Swerhun, K., D'Arcy, C., & Acharibasam, J. W. (2025). Workplace stressors and mental health outcomes among personal support workers: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies*, 168(105093). <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105093>
- Comezquiera-Reay, R., Terán-Ángel, G., & Quijada-Martínez, P. J. (2021). Carga laboral y obstáculos de rendimiento del personal de enfermería en la Unidad de Cuidados Intensivos. *Revista Cubana de Enfermería*, 37(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192021000400009
- Cortez-González, L. C., Pantoja-Herrera, M., Cortes-Montelongo, D. B., Tello-García, M. A., & Nuncio-Domínguez, J. L. (2022). Estrés laboral del personal de enfermería en una institución de tercer nivel de atención de la ciudad de México. *Investigación Y Pensamiento Crítico*, 10(2), 04–22. <https://doi.org/10.37387/ipc.v10i2.288>
- Cruz López, L. N., Quintero Osorio, J. F., Melo Roa, J. D., & Henao Castaño, Ángela M. (2023). Carga laboral de profesionales de enfermería en unidad de cuidado intensivo según nursing activities score. *Revista Cuidarte*, 14(1). <https://doi.org/10.15649/cuidarte.2680>
- Cueva Aguilar, L. M. (2025). Estrés laboral y desempeño profesional en el personal de enfermería del Hospital II-1 de Ilave, Provincia de El Collao, 2025. [Tesis de grado, Universidad Peruana S.C.] <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/1496>
- De Souza Veloso, C., de Souza e Silva, D., Almeida da Silva, V., Diniz dos Santos, S., Matheus Estrela, F., & Fonseca de Souza, A. C. (2024). Síndrome de burnout y factores asociados en enfermeras de cuidados intensivos: un estudio transversal. *Enfermería Global*, 23(2), 223–235. <https://revistas.um.es/eglobal/article/view/577341>
- Del Rosario, F., Cuba, S., & Chasnamote, D. (2021). Estrés del personal de enfermería durante la pandemia COVID-19 en hospitales de Lima Norte. *Revista de Investigación Científica Ágora*, 8(2), 27-32. <https://revistaagora.com/index.php/cieUMA/article/view/190>
- Del Valle Solórzano, K. S. (2021). Sobrecarga laboral por cantidad de pacientes atendidos que influye en la calidad de atención del profesional de enfermería. *Revista San Gregorio*, 1(47). <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i47.1966>
- Durán, R., Gamez, Y., Toirac, K., Toirac, J., & Toirac, D. (2021). Síndrome de burnout en enfermería intensiva y su influencia en





- la seguridad del paciente. *Medisan*, 25(2), 278–291. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192021000200278
- Fang Huerta, M. de L. A., González Salinas, J. F., Meléndez Méndez, M. C., Garza Hernández, R., Del Angel Pérez, B., & Vega Ibarra, B. P. (2025). Nivel de Estrés Laboral del Personal de Enfermería en Áreas Críticas de UCI, UTIP y UCIN de un Hospital Público. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 2273–2281. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10256224>
- Fernández, J. (2024). Estrés y satisfacción laboral de enfermeras en servicios críticos durante la pandemia de COVID-19. *Revista Cubana de Enfermería*, 40(1). <https://revenfermeria.sld.cu/index.php/enf/article/view/6024>
- Franco Coffré, J. A., Oviedo Rodríguez, R. J., Genovesi Anguizaca, G. B., & Tamayo Miranda, M. E. (2024). Factores predictivos de la fatiga por compasión en el cuidado de enfermería. *Revista Polo del Conocimiento*, 9(9), 1616–1632. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8012>
- Guillen Godoy, M. A., Moran León, M. de los S., Centeno Salazar, N. N., Puma Rodríguez, J. M., & Villalva Pacheco, B. A. (2025). Impacto de la sobrecarga laboral en el personal de enfermería de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Liborio Panchana. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 5(1), 158–175. <https://revistasaga.org/index.php/saga/article/view/158>
- Inoñan Rodríguez, R. E., & Quispe Medina, H. M. (2024). Estrés laboral y desempeño profesional en enfermeros de la Unidad de Cuidados Intensivos de un hospital de EsSalud de Iquitos, 2023. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/226cb0f4-2523-4ea8-ad4b-ed3e8c922992>
- Jiménez Jiménez, M. J., Albornoz Zamora, E. J., Vega Falcón, V., Jiménez Jiménez, L. M., & Hermida Cazar, X. A. (2023). Estimación del Estrés Laboral en Personal de Enfermería de Cuidados Críticos del Hospital Quito N°1 de la Policía, abril 2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 12300-12316. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4252>
- López, C., Rene Obregón Blas, O., Durand De Isla, V., & De Jesús, T. (2023). Síndrome de Burnout y factores asociados post pandemia entre profesionales de enfermería de un Hospital de Lima Norte - 2023. <https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/864>
- López Isidro, N. D., & Abramonte Contreras, P. S. (2024). Estrés laboral y calidad del cuidado de enfermería en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital II-2 de Tingo María, 2023. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, Perú]. <https://repositorio.upeu.edu.p>

- e/items/9282b1a2-93b8-43cf-8112-42aa8d39417b
- Matías, M. I. (2024). Estrés laboral del personal de enfermería que labora en el departamento de intensivo de adultos del hospital general San Juan de Dios [Tesis de grado, Universidad Da Vinci de Guatemala, Guatemala]. <https://tesarifocecs.com/wp-content/uploads/2025/06/maria-isabel-matias.pdf>
- Melendrez Diaz, M. L. (2023). Work factors and their relationship with the stress level of nursing staff in the surgical center of the National Hospital Arzobispo Loayza, Lima 2023 [Tesis de grado, Universidad Norbert Wiener] <https://repositorio.uwiener.edu.pe/items/49e2190b-e8f5-4063-a20b-1498ff9ec7cd>
- Moncada, B., Suárez, M., Duque, L., & Escobar, K. (2021). Estrés laboral en personal médico y enfermería de atención primaria ante la emergencia sanitaria por covid-19. *Perfiles*, 1(25), 13–23. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i25.109>
- Omosho, T. F., Alex Omosho, T. O., & Bass, P. (2025). Work-related stress and its associated factors among nurses in public hospitals in the Greater Banjul Area, The Gambia. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 22(100842), 100842. <https://doi.org/10.1016/j.ijans.2025.100842>
- Pinedo Pérez, M. C. (2025). Estrés laboral en el profesional de enfermería de los servicios quirúrgicos de un hospital de Lurigancho, 2025 [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/043a16a2-c4a7-416d-abf2-6edee9487217>
- Quispe Ayuque, A. (2025). Estrés laboral en profesionales de enfermería que trabajan en la unidad de cuidados intensivos adultos de un hospital de Lima Norte, 2025. [Tesis de grado, Universidad María Auxiliadora]. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/2643>
- Ramírez Labán, E. M., García Godos Castillo, G. M., Silva Sandoval, C. I., & Delgado Medina, L. M. (2022). Estrés laboral y el desempeño de los trabajadores de enfermería del servicio de emergencia del Hospital Regional II-2-Tumbes, 2019. *RECIAMUC*, 6(1), 2-14. <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/767>
- Rendón Montoya, M. S. ., Peralta Peña, S. L., Hernández Villa, E. A., Hernández Pedroza, R. I., Vargas, M. R., & Favela Ocaño, M. A. . (2020). Síndrome de burnout en el personal de enfermería de unidades de cuidado crítico y de hospitalización. *Enfermería Global*, 19(3), 479–506. <https://doi.org/10.6018/eglobal.1.398221>
- Salazar Roldan, M. A., Venegas Paute, A. C., & Alarcón Dalgo, C. M. de L. Ángeles . (2024). Carga laboral y obstáculos de rendimiento del personal de enfermería en cuidados intensivos. *Reincisol*, 3(6), 1798–1817. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)1798-1817](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)1798-1817)

- Santos, J. L., Mercês, C. A., Erdmann, A. L., & Silva, D. S. (2022). Burnout e resiliência em profissionais de enfermagem de terapia intensiva frente à COVID-19: estudo multicêntrico. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 30, e3550. <https://www.scielo.br/j/rlae/a/K9wJD9NSCKr9bbQm9cBj8vF/?lang=es>
- Espinel García, J. T., Rojas González, L. R., Santos Zambrano, E., Solorzano, H. M., Pérez Cardoso, C. N., & Martínez Moreira, J. (2022). Sobrecarga laboral en personal de enfermería de unidades de cuidados intensivos. *QhaliKay Revista de Ciencias de la Salud*, 6(2), 21–27. <https://doi.org/10.33936/qkracs.v6i2.4757>
- Torrecilla, M., Victoria, J., & Minz, C. R. (2021). Ansiedad, depresión y estrés en personal de enfermería que trabaja en unidades de terapia intensiva con pacientes con COVID-19. *Revista Argentina de Salud Pública*, 13(1), 25–32. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rasp/v13s1/1853-810X-rasp-13-s1-25.pdf>
- Torrecilla, N. M., Victoria, M. J., & Minzi, M. C. R. de. (2021). Ansiedad, depresión y estrés en personal de enfermería que trabaja en unidades de terapia intensiva con pacientes con covid-19, Mendoza, 2021. *Revista Argentina de Salud Pública*, 13, 25–25. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-810X2021000200025
- Vásquez Mendoza, S., & González Márquez, Y. V. (2022). El estrés y el trabajo de enfermería: factores influyentes. *Más Vita*, 2(2), 51–59. <https://doi.org/10.47606/acven/mv0010>
- Vega-Falcón, V. (2022). Estrés laboral en el personal de enfermería en la pandemia COVID 19. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.62574/rmpi.v2i1.48>
- Veloso, A. T. de S., e Silva, D. de S., da Silva, V. A., dos Santos, S. D., Estrela, F. M., & de Souza, A. C. F. (2024). Síndrome de Burnout y factores asociados en enfermeras de cuidados intensivos: un estudio transversal. *Enfermería Global*, 23(2), 223–259. <https://revistas.um.es/global/article/view/577341>
- Villacorta Leyva, S. (2022). Síndrome de Burnout en el profesional de enfermería de las áreas críticas en un hospital de Lima, 2022 [Tesis de grado, Universidad María Auxiliadora]. <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/1364/TRABAJO%20ACADEMICO-%20VILLACORTA%20LEYVA.pdf>

Impacto y retos del *eye tracking* en la publicidad emocional. Un abordaje desde España y Ecuador

Impact of stress on the performance of nursing staff in critical areas of Latin American hospitals

- 1 Emma Yolanda Mendoza Vargas  <https://orcid.org/0000-0002-0220-4328>
Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador.
emendoza@uteq.edu.ec
- 2 Marco Fernando Villarroel Puma  <https://orcid.org/0000-0001-9288-6221>
Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador.
mvillarroel@uteq.edu.ec
- 3 Luis Edwin Chimborazo Azogue  <https://orcid.org/0000-0001-6423-1287>
Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador.
lchimborazoa@uteq.edu.ec
- 4 Harold Elbert Escobar Terán  <https://orcid.org/0000-0001-9165-6627>
Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador.
hesobar@uteq.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/10/2025

Revisado: 11/11/2025

Aceptado: 10/12/2025

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3642>

Cítese:

Mendoza Vargas, E. Y., Villarroel Puma, M. F., Chimborazo Azogue, L. E., & Escobar Terán, H. E. (2026). Impacto y retos del *eye tracking* en la publicidad emocional. Un abordaje desde España y Ecuador. *Ciencia Digital*, 10(2), 39-59. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3642>

**Ciencia Digital**
Editorial

CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Eye tracking, publicidad emocional, percepción de marca, neuromarketing, percepción visual.

Resumen: Introducción: el presente estudio se centra en explorar el impacto del eye tracking en la publicidad emocional y su influencia en la percepción de marca en los contextos culturales de España y Ecuador. Objetivos: analizar el impacto del eye tracking en la publicidad emocional y su influencia en la percepción de marca, comparando los contextos culturales de España y Ecuador. Metodología: utilizando una metodología cualitativa, a través de la revisión de estudios que emplearon el eye tracking como herramienta de neuromarketing, se analizaron las respuestas emocionales y visuales de los consumidores frente a diferentes estímulos publicitarios. Resultados: los resultados muestran que los elementos visuales emocionalmente resonantes captan mayor atención y favorecen la recordación de la marca. Sin embargo, se evidencian diferencias culturales y contextuales en la percepción y respuesta emocional, lo que demuestra la importancia de adaptar las campañas a los contextos en los que se implementen. Conclusiones: la investigación concluye que, si bien el eye tracking es una herramienta eficaz para entender la atención visual y emocional en publicidad, su interpretación requiere de una evaluación contextualizada que considere las diversidades culturales y emocionales de los públicos de cada país o región objeto de estudio. Por ello, se recomienda seguir desarrollando metodologías integradas que combinen análisis cuantitativos y cualitativos para optimizar las estrategias publicitarias emocionales en los distintos mercados. Área de estudio general: comunicación. Área de estudio específica: neuromarketing y publicidad. emocional. Tipo de artículo: revisión bibliográfica narrativa.

Keywords: Eye tracking, emotional advertising, brand perception, Neuromarketing, visual perception.

Abstract: Introduction: This study focuses on exploring the impact of eye tracking on emotional advertising and its influence on brand perception in the cultural contexts of Spain and Ecuador. Objectives: To analyze the impact of eye tracking on emotional advertising and its influence on brand perception, comparing the cultural contexts of Spain and Ecuador. Methodology: Using a qualitative methodology, through a review of studies that employed eye tracking as a neuro-marketing tool, the emotional and visual responses of consumers to different advertising stimuli were analyzed. Results: The results show that emotionally resonant visual elements capture greater attention and promote brand recall. However, cultural and contextual

differences in perception and emotional response are evident, demonstrating the importance of adapting campaigns to the contexts in which they are implemented. Conclusions: The research concludes that while eye tracking is an effective tool for understanding visual and emotional attention in advertising, its interpretation requires a contextualized evaluation that considers the cultural and emotional diversity of the audiences in each country or region under study. Therefore, it is recommended to continue developing integrated methodologies that combine quantitative and qualitative analyses to optimize emotional advertising strategies in different markets. General area of study: communication. Specific area of study: neuromarketing and emotional advertising. Article type: narrative literature review.

1. Introducción

En la era digital actual con el incremento de la saturación de información y la competencia entre marcas, también aumenta la necesidad de comprender cómo los consumidores perciben los anuncios de productos y servicios. En este contexto, la tecnología de eye tracking emerge como una herramienta innovadora que permite rastrear la atención visual de los espectadores al interactuar con estímulos publicitarios. Sin embargo, la interrogante persiste: ¿es realmente el eye tracking una herramienta efectiva para descifrar la percepción de marca en diferentes contextos culturales, como en España y Ecuador?

En tal sentido se comprobó la relevancia de la publicidad emocional en el marketing actual, en tanto, apelar a las emociones puede aumentar la efectividad de los mensajes publicitarios y, en consecuencia, mejorar la memoria y la fidelidad hacia las marcas (Borda et al., 2014). Sin embargo,

muchos negocios y empresas aún enfrentan el desafío de entender qué elementos emocionales activan a sus audiencias. Por ello el eye tracking, al constituir una herramienta integral, puede ofrecer insights valiosos al revelar cómo los espectadores se sienten atendidos o atraídos por distintos elementos visuales de sus anuncios (Angarita & Torres, 2024).

Investigaciones previas sugieren que el eye tracking no solo mide la cantidad de atención que un anuncio recibe, sino que también permite analizar la duración de la atención en elementos específicos (Matthews et al., 2020). A través del estudio de la fijación visual y los movimientos oculares, se pueden identificar patrones que reflejan la conexión emocional de los consumidores con las marcas (García, 2021). Sin embargo, la implementación de esta tecnología en diferentes contextos culturales presenta desafíos, dado que la percepción de marca puede variar entre países y audiencias (Barrientos et

al., 2023).

Los desafíos asociados con la aplicación del eye tracking en el marketing son numerosos. Por un lado, las diferencias culturales en la respuesta emocional pueden influir en cómo se perciben los anuncios y, por otro, la interpretación de los datos de eye tracking debe contextualizarse para ser verdaderamente útil. Esto plantea una problemática significativa, ya que identificar elementos universales en la publicidad puede ser complicado y la falta de una comprensión profunda de estas diferencias culturales puede llevar a conclusiones erróneas sobre la eficacia de una campaña.

A medida que se busca una comprensión más rica y matizada de cómo los consumidores en España y Ecuador responden emocionalmente a los anuncios, este artículo tiene como objetivo explorar el impacto del eye tracking en la publicidad emocional. Se pretende analizar cómo esta tecnología revela la verdadera percepción de las audiencias frente a productos y servicios, y si, efectivamente, puede considerarse una herramienta útil para las marcas en su búsqueda por conectar emocionalmente con sus consumidores. A través de un análisis detallado de estos aspectos, se aspira a contribuir al desarrollo de estrategias publicitarias más efectivas en ambos países.

1.1 Marco Teórico

Este apartado reúne los fundamentos conceptuales y los antecedentes científicos relacionados con el uso del eye tracking en el neuromarketing y la publicidad emocional.

Se presentan las bases del seguimiento ocular, su evolución tecnológica y su vínculo con los procesos de percepción y emoción, además de una revisión de estudios realizados en España y Ecuador, que permiten comprender cómo los estímulos visuales influyen en la atención y la percepción de marca en distintos contextos culturales.

1.1.1 Neuromarketing y seguimiento ocular

De acuerdo con Angarita & Torres (2024) la técnica del eye tracking o seguimiento ocular tiene sus raíces en los métodos primitivos de investigación empleados en la psicología humana y la publicidad durante el siglo XIX. No obstante fue en las últimas décadas, particularmente desde los años noventa del siglo pasado, cuando se observó un avance significativo tanto en el desarrollo tecnológico como en sus aplicaciones científicas. En este contexto las neurociencias desempeñaron un papel central en el análisis del comportamiento humano frente a diversas interfaces, permitiendo una aproximación empírica al estudio de la cognición y la emoción. Para ello, se introdujo la lectura de escaneo o rastreo visual:

Rastreo visual: realizamos movimientos oculares a lo largo de todo nuestro campo visual, o de la parte que nos interesa. En cada uno de los barridos oculares que realizamos, tratamos de cotejar aquello que vemos con lo que estamos buscando. Detendremos el barrido en cuanto reconozcamos la información que estamos buscando (Cabrera, 2003).

Uno de los primeros antecedentes documentados del uso del eye tracking en el ámbito de la usabilidad fue propuesto por Fitts et al. (1950) quienes introdujeron conceptos que posteriormente se integrarían en lo que hoy se conoce como ingeniería de la usabilidad. Más adelante, otros trabajos sentaron las bases para la correlación entre parámetros oculométricos como las fijaciones y procesos cognitivos específicos, constituyéndose como un hito en la relación entre atención visual y procesamiento mental (Brom et al., 2016).

Asimismo, investigaciones más actuales como las de Calvo & Nummenmaa (2007) evidenciaron que el procesamiento emocional mediante rastreadores oculares constituye una ventaja evolutiva al facilitar una respuesta rápida y adaptativa a estímulos ambientales relevantes. En este sentido el eye tracking demostró ser una herramienta transversal, utilizada actualmente en diversos ámbitos como la psicología cognitiva, la inteligencia artificial, la educación y, especialmente, el neuromarketing (De Oliveira et al., 2015), donde se analiza la atención visual como predictor de comportamiento de consumo. El eye tracking fue empleado no solo en contextos de publicidad emocional, sino también en la evaluación de diseño, ya que permite identificar patrones de atención visual y optimizar la disposición de los elementos gráficos (Guerrero, 2023).

Hoy en día se desarrollan innovaciones en la tecnología del eye tracking con el propósito de capturar movimientos oculares con una resolución temporal muy superior a la de

los métodos tradicionales (Angarita & Torres, 2024). Esta capacidad de seguimiento en tiempo real y con alta precisión es crucial para explorar la publicidad emocional, ya que los patrones de fijación de los consumidores pueden revelar reacciones subconscientes a estímulos publicitarios. Al proporcionar acceso a datos más ricos y detallados sobre cómo las personas interactúan visualmente con la publicidad, el estudio brinda herramientas para un análisis más profundo de la atención y las emociones en respuesta a diferentes elementos publicitarios. Esto permite a los investigadores y profesionales del marketing desarrollar estrategias más efectivas que se alineen con las reacciones emocionales del público, maximizando así el impacto de sus campañas publicitarias (Zhao et al., 2023).

1.1.2 *Percepción, emociones y el eye tracking*

Chinga & Alcívar (2025) definen las emociones como respuestas complejas que influyen en la percepción y comportamiento humano, desempeñando un papel crucial en la interacción con el entorno. Estas respuestas están relacionadas con procesos cognitivos que afectan cómo se experimentan y se gestionan los estímulos visuales, impactando así en la toma de decisiones y en la forma en que los individuos se relacionan con su entorno. Los autores destacan que el uso del eye tracking permite capturar de manera precisa los patrones de atención visual y la respuesta emocional ante estímulos.

A través de la medición de variables como

la duración de las fijaciones y el diámetro pupilar, se puede observar cómo las emociones positivas y negativas influyen de manera diferenciada en la atención visual. Por ejemplo, en sus experimentaciones Chinga & Alcívar (2025) observaron que las imágenes con contenido negativo generaron una mayor duración promedio de fijación, lo que sugiere que estos estímulos, aunque emocionalmente intensos, inducen un procesamiento evaluativo más profundo que las imágenes positivas, las cuales, si bien resultan atractivas, no requieren el mismo grado de procesamiento cognitivo.

De ahí que se derive una implicación metodológica crucial: la aplicación del eye tracking debe ser ajustable a los contextos en los que se implementa para maximizar su eficacia interpretativa (Retamosa et al., 2021). Las emociones no solo son estados transitorios, sino que se configuran a partir de múltiples variables contextuales como el entorno cultural, la familiaridad con el estímulo, la experiencia previa del usuario y la intencionalidad de la tarea. Por tanto, el análisis de los patrones oculomotores no puede ser interpretado de manera aislada, sino que debe integrarse dentro de marcos teóricos y situacionales específicos que consideren la variabilidad emocional como una constante inherente al comportamiento humano (García, 2021; Chinga & Alcívar, 2025).

En este sentido autores como Bradley et al. (2008) señalaron que los estímulos afectivos tienen la capacidad de modular tanto la atención sostenida como la respuesta autonómica, lo que refuerza la necesidad de adaptar

los protocolos de eye tracking a las particularidades de cada grupo de estudio. Así, un diseño experimental aplicado en contextos educativos, clínicos o publicitarios deberá atender no solo a la valencia emocional del estímulo, sino también al objetivo cognitivo y afectivo del entorno donde se aplica (Duque & Vázquez, 2013).

La sensibilidad del eye tracking ante la variabilidad emocional constituye tanto una fortaleza como un desafío metodológico. Si bien permite detectar matices relevantes en la atención visual, su eficacia depende en gran medida de la capacidad del investigador para contextualizar adecuadamente los resultados. Esto implica, por ejemplo, establecer umbrales de interpretación diferenciados para poblaciones con diversas características demográficas o culturales, o bien adaptar los estímulos visuales a referentes significativos para los usuarios estudiados (Brom et al., 2016; Angarita & Torres, 2024).

Según Vrtana & Križanova (2023) las apelaciones emocionales en la publicidad influyen directamente en la atención y en el comportamiento de compra, lo que permite diseñar campañas que generen una conexión más profunda entre la marca y el consumidor. Complementariamente estudios como el de Balaskas & Rigou (2024) señalan que el uso de eye tracking en publicidad emocional permiten identificar qué componentes visuales, imágenes o textos, generan mayor atención y respuesta emocional, diferenciando entre apelaciones positivas y negativas; muestran también que el uso de técnicas de eye tracking permiten identificar con

precisión los elementos visuales que despiertan dichas emociones, optimizando así el impacto de los anuncios. Esta información facilita a los anunciantes ajustar el diseño de sus mensajes para maximizar el impacto en el target.

Sin embargo la implementación del eye tracking en publicidad también enfrenta diversos desafíos. Un reto significativo es la interpretación de datos, ya que no se trata solo de identificar qué elementos son vistos, sino de comprender el contexto emocional detrás de esas fijaciones visuales (Chinga & Alcívar, 2025; Barrientos et al., 2023; Bradley et al., 2008). Además, las diferencias individuales en la percepción emocional hacen que la estrategia de publicidad no pueda ser un enfoque de “talla única”. Es esencial que los diseñadores y especialistas en marketing logren traducir los resultados del eye tracking en estrategias efectivas que tengan en cuenta la diversidad emocional de su audiencia, garantizando así un mensaje que resuene de manera más universal y eficaz.

2. Metodología

El presente trabajo parte de la perspectiva de una investigación cualitativa, de tipo y alcance exploratorio, en tanto busca comprender el impacto del eye tracking en la publicidad emocional y su influencia en la percepción de marca entre los públicos de España y Ecuador. La elección de esta metodología responde a la necesidad de analizar aspectos subjetivos, culturales y sociales que subyacen de las respuestas emocionales a la publicidad y cómo estas varían en di-

ferentes contextos culturales. Lo anterior va a lineado con la propuesta metodológica de Mercado et al. (2019) quienes señalan la importancia de métodos cualitativos para entender la percepciones sociales y culturales en el mercado.

El nivel de investigación es exploratorio, puesto que pretende identificar las principales tendencias, percepciones y diferencias en las respuestas a la publicidad emocional mediante el uso de eye tracking en los dos países, sin buscar generalización estadística (Mercado et al., 2019). Para ello se empleó un método bibliográfico y documental, seleccionando artículos, estudios y publicaciones académicas relevantes de los últimos cinco años, considerando la actualidad y pertinencia de esta área de conocimiento y, además, el incremento del interés en el tema que se reflejó en ambos contextos.

La selección de artículos publicados en bases de datos académicas reconocidas, permite obtener una visión variada y actualizada del impacto del eye tracking en publicidad emocional. Los autores consideraron oportuno la comparación entre contextos culturales distintos, como son los casos de España y Ecuador, debido a las diferencias en estilos de consumo, percepción cultural y respuesta emocional frente a la publicidad, aspectos que, de acuerdo con Mercado et al. (2019) enriquecen la comprensión del comportamiento del consumidor en diferentes entornos sociales.

3. Resultados

A partir de la revisión sistemática de la literatura realizada por Bautista et al. (2023) se destaca cómo el eye tracking se colocó como una herramienta efectiva dentro de la publicidad emocional para la obtención de datos precisos sobre la atención visual de los consumidores, incluyendo patrones de fijación y duración de la mirada. Una de las novedades de este estudio frente a otros en el tema del eye tracking, es su enfoque en las áreas cualitativas de la técnica, al considerar no solo los resultados cuantitativos de la atención visual, sino también los procesos cognitivos y emocionales asociados a las decisiones de compra. Esta perspectiva amplía el alcance del uso de la herramienta, sugiriendo que no solamente se puede medir cuánta atención recibe un anuncio, sino también cómo los elementos emocionales en la publicidad afectan la conexión del consumidor con la marca. Así, el artículo propone un marco teórico más completo que puede guiar futuras investigaciones en el campo de la publicidad emocional, ofreciendo orientaciones metodológicas que podrían enriquecer el diseño de campañas más efectivas.

3.1 Análisis comparado España - Ecuador

Se analizaron los principales hallazgos derivados de la aplicación de la herramienta del eye tracking para determinar la efectividad de la publicidad emocional y su influencia en la percepción de marca, tomando como objeto de estudio a países cuyo contexto social, económico y cultural se diferencian:

España y Ecuador.

3.1.1 España

En España el reciente estudio de Gómez et al. (2024) se centró en la atención visual de los consumidores hacia anuncios de enoturismo en Facebook. Al emplear herramientas de eye tracking, los investigadores pudieron cuantificar de manera precisa cómo los usuarios dirigen su mirada hacia diferentes estímulos visuales e identificar qué elementos generan una mejor respuesta emocional. Esto permitió identificar los mecanismos subyacentes que influyen en la atención y el recuerdo de marca, así como el nivel de implicación emocional que los públicos experimentan al interactuar con la publicidad.

Los hallazgos indicaron que las imágenes de personas evocan una mayor atención y un mejor recuerdo en comparación con los anuncios que contenían paisajes y bodegas. Esta información sugiere que el diseño de los anuncios que considera a las emociones se vuelve esencial para influir en la percepción de la marca, ya que la atención sostenida hacia anuncios emocionalmente resonantes se traduce en una mayor lealtad y reconocimiento de la marca. Al demostrar cómo la atención visual se relaciona con el recuerdo y las emociones inducidas, este estudio resalta la importancia del eye tracking como herramienta para desarrollar estrategias publicitarias más efectivas que impacten positivamente en la percepción de marca de los públicos.

Por su parte Gómez-Carmona et al. (2022) emplearon la metodología de eye tracking

para analizar cómo los consumidores responden a diferentes tipos de mensajes publicitarios, especialmente en el área de la publicidad emocional. Al registrar los movimientos oculares de los participantes, se obtuvo información detallada sobre qué elementos del anuncio captan la atención y cómo varía esto según la apelación emocional del mensaje (agradable, neutral o desagradable). Esto favoreció para que los investigadores y profesionales del marketing pudieran identificar qué características del anuncio generan una respuesta emocional y que, en última instancia, pueden influir en la percepción de la marca. La capacidad del eye tracking para medir la atención visual y el procesamiento de información en tiempo real garantiza una comprensión más profunda del impacto emocional de los anuncios en la audiencia.

Los hallazgos del estudio destacan que los estímulos textuales de apelación negativa generan una mayor atención, especialmente entre consumidores con alta preocupación por el medio ambiente. Esto sugiere que la carga emocional de un mensaje puede ser un factor determinante en su efectividad, lo que tiene implicaciones directas para las estrategias de publicidad emocional. En conclusión, al entender cómo los diferentes segmentos de la audiencia responden a los estímulos emocionales, las marcas pueden diseñar campañas más efectivas que no solo capten la atención, sino que también mejoren la conexión emocional con el público, influenciando así su percepción de la marca de manera positiva.

Rajas et al. (2022) en su estudio introduce una novedad en materia científica, en tanto, complementa herramientas tecnológicas avanzadas como el eye tracking con el empleo de otra metodología, la codificación facial, para analizar las respuestas emotivas y cognitivas de los espectadores sobre los anuncios de Heineken utiliza. Al medir en tiempo real la atención visual y las micro expresiones, los investigadores pueden obtener datos objetivos sobre cómo ciertos elementos visuales y narrativos impactan la percepción emocional del espectador. Estos métodos permitieron identificar no solo qué partes del anuncio capturan más atención, sino también cómo estas representaciones evocan emociones que pueden influir en la memoria y la intención de compra, lo que es esencial para la publicidad emocional.

Los hallazgos del estudio indicaron que las emociones predominantes en los anuncios analizados son la alegría y la sorpresa, lo que sugiere que las campañas publicitarias que logran conectar emocionalmente con el consumidor son más efectivas en la promoción de la marca. La investigación revela que los elementos visuales asociados a la pandemia, como el uso de mascarillas y saludos a distancia, son reconocidos y resuenan emocionalmente con el público. Este enfoque sugiere que el uso de eye tracking en la publicidad emocional no solo mejora la comprensión de las respuestas del consumidor, sino que también puede guiar a las marcas en la creación de contenido que fortalezca su conexión emocional con el público, impactando así de manera significativa en la percepción de marca.

Retamosa et al. (2021) realizaron un estudio sobre el etiquetado de botellas de vino, que incorpora la tecnología de eye tracking para entender el impacto de los elementos visuales en la publicidad emocional. Al utilizar esta herramienta del neuromarketing, los investigadores pudieron identificar las áreas de atención en las etiquetas que atraen más a los consumidores, proporcionando datos objetivos sobre cómo los diseños afectan la percepción del consumidor. Los hallazgos del estudio resaltan que las zonas superiores y centrales de las etiquetas capturan significativamente la atención, correlacionándose con un mayor interés por parte de los consumidores.

Estos datos fueron fundamentales para entender el papel del diseño y del diseñador dentro de la publicidad emocional, que se basa en la creación de conexiones significativas entre el consumidor y la marca; y habla de la importancia que tiene cada una de las fases de las estrategias de marketing para conseguir la atención e intención de marca de determinado consumidor. Al comprender qué elementos visuales logran despertar una respuesta emocional positiva, las marcas pueden diseñar su publicidad de manera más efectiva, fomentando un vínculo emocional que influya en la percepción de marca y en la decisión de compra. Este enfoque proporciona un camino claro hacia la mejora de campañas publicitarias que se alineen mejor con las inclinaciones y reacciones emocionales de los consumidores.

Niño et al. (2019) también combinaron el uso del eye tracking con otros métodos y tec-

nologías como la Respuesta Galvánica de la Piel (GSR) y el análisis de expresión facial, para evaluar cómo los individuos responden a la publicidad dentro de los videojuegos. Al clasificar a los participantes según sus patrones de personalidad y observar sus respuestas a estímulos publicitarios, se obtiene información valiosa sobre los aspectos emocionales de la publicidad y su efectividad. Esta combinación metodológica posibilitó medir la atención visual, pero también captar las emociones generadas por la publicidad en un contexto dinámico como es el de los videojuegos, donde la originalidad y la interacción son clave para activar la percepción de marca.

Los hallazgos de este estudio demostraron que los patrones de personalidad pueden influir significativamente en la forma en que los jugadores perciben y recuerdan los anuncios, lo que destaca la importancia de personalizar estrategias publicitarias en función de las características psicológicas del público objetivo, esto en el contexto de la publicidad emocional. La ausencia de diferencias significativas en diferentes variables de expresión facial, combinada con la identificación de patrones visuales distintos según el género, sugiere que los anunciantes deben considerar tanto las variables biométricas como los rasgos de personalidad al diseñar campañas. En conjunto, estos resultados ofrecen un marco práctico para entender cómo la metodología del eye tracking puede ser utilizada para optimizar las campañas emocionales y, en última instancia, mejorar la percepción de la marca en el ámbito de la publicidad (como se muestra en la Tabla 1).

Tabla 1: Hallazgos comparativos del Eye tracking en publicidad emocional en España

Publicaciones y Autores	Técnica de investigación	Criterios medidos	Producto analizado	Hallazgos	Emoción asociada	Muestra utilizada
Eficacia publicitaria en Facebook: Un estudio de eye-tracking aplicado al enoturismo-Gómez et al. (2024)	Eye tracking	Publicidad de enoturismo en Facebook	Atención visual, recuerdo, implicación emocional	Imágenes de personas generan mayor atención y recuerdo, reforzando percepción positiva de marca.	Empatía/ Afinidad	60 participantes en España, usuarios de redes sociales.
Influencia de la apelación del mensaje en la atención. Un estudio de eye-tracking -Gómez-Carmona et al. (2022)	Eye tracking	Mensajes publicitarios con carga emocional	Atención visual, carga emocional	Mensajes con carga emocional negativa atraen mayor atención, especialmente en temas sociales.	Preocupación/ Activación emocional negativa	80 estudiantes universitarios en España.
Análisis cognitivo-emocional de anuncios de Heineken durante la COVID-19-Rajas et al. (2022)	Eye tracking + codificación facial	Anuncios de Heineken	Emociones (alegría, sorpresa), atención visual	Emociones como alegría y sorpresa predominan, fortaleciendo la conexión emocional con el espectador.	Alegría/ Sorpresa	50 espectadores en España durante la pandemia.
Análisis con eye tracking del etiquetado de botellas de vino -Retamosa et al. (2021)	Eye tracking	Etiquetas de botellas de vino	Zonas de atención, interés visual	Zonas superiores de etiquetas captan mayor atención visual, influyendo en intención de compra.	Interés/ Atracción visual	40 consumidores en feria de vinos (España).
Publicidad en videojuegos: análisis exploratorio con expresión facial, GSR y eye tracking-Niño et al. (2019)	Eye tracking + GSR + expresión facial	Publicidad en videojuegos	Atención visual, emociones, patrones de personalidad	Perfiles de personalidad y género modifican la respuesta emocional en videojuegos; se recomienda personalización.	Interés / Afinidad según perfil emocional	100 jugadores españoles clasificados por perfil psicológico.

3.1.2 Ecuador

El reciente estudio de Chinga & Alcívar (2025) desde Ecuador aportan datos interesantes sobre el impacto del eye tracking en la publicidad emocional, al evidenciar cómo las respuestas psicológicas a distintos estímulos visuales influyen en la atención y la percepción de marca. A través de una metodología que involucró la medición de variables como la duración de fijaciones y el diámetro de la pupila en respuesta a imágenes emocionales, los hallazgos indicaron que las imágenes negativas generan una atención más intensa, sugiriendo que los anunciantes deben considerar el tipo de emociones que evocan sus campañas. Esta comprensión puede guiar estrategias publicitarias para maximizar el interés y la conexión emocional con el consumidor, esencial

en un entorno donde la atención es un recurso difícil de lograr e imprescindible dentro de la publicidad emocional.

Sin embargo, el artículo también plantea varios retos en la implementación del eye tracking en la publicidad emocional. Uno de los principales desafíos radica en el costo y la complejidad de la tecnología, lo que podría limitar su uso en campañas más pequeñas o en empresas emergentes. Además, la variabilidad en las respuestas emocionales de diferentes públicos sugiere que no todas las emociones o estímulos generarán el mismo impacto en los consumidores, lo que plantea la necesidad de realizar estudios específicos que consideren el contexto cultural y demográfico al desarrollar contenido publicitario. Esferas como la ética en la manipulación emocional en la publicidad

también son cuestiones críticas que deben ser abordadas, según los autores.

Vasco et al. (2024) se centraron en medir los arquetipos de marca que generan mayor impacto visual mediante el uso de la herramienta del eye tracking. El estudio no solo proporcionó datos cuantitativos sobre la retención de atención, sino que también permitió identificar patrones en la respuesta emocional ante elementos visuales específicos tales como los rostros humanos en las imágenes; los colores empleados; la incorporación de diversos arquetipos de marca, como héroes, cuidadores, amantes, hombre corriente, explorador, inocentes, magos y sabios, entre otros; y muy importante los símbolos asociados a esos arquetipos anteriormente mencionados.

Los resultados del estudio evidencian que existe una relación directa entre las características visuales de las marcas y su capacidad para resonar emocionalmente con los consumidores, destacando la importancia de alinear los elementos visuales con las expectativas y necesidades del público objetivo. Asimismo, se comprueba que ciertos arquetipos generan un mayor enganche y reconocimiento, lo que significa que la publicidad emocional puede ser diseñada más eficazmente al incorporar estos elementos que garantizan la atención. Además, los insights obtenidos sobre las emociones evocadas por distintos elementos visuales ofrecen una valiosa base para optimizar las estrategias de marketing, permitiendo a las marcas activar la percepción en el consumidor. De esta manera, el uso del eye tracking se po-

siciona como un componente esencial para la formulación de campañas publicitarias que buscan maximizar la conexión emocional con la audiencia.

El estudio de Arregui et al. (2023) representa un valioso aporte en el campo del neuromarketing al analizar cómo las emociones, la atención y la percepción de marca se relacionan con la publicidad y degustación de cervezas. La investigación combinó técnicas biométricas como Eye tracking y Electroencefalografía (EEG) junto con encuestas, lo cual permitió medir variables como el interés, la relajación, la atención visual, el enganche emocional y el reconocimiento de marca. Entre los principales hallazgos destaca que la marca Club generó emociones positivas, estados de relajación y mayor conexión emocional, mientras que Pilsener captó una atención visual más intensa. El diseño del anuncio y el producto fueron los estímulos visuales que mayor atención generaron, evidenciando la importancia del contenido visual en la construcción de posicionamiento emocional.

Este estudio demuestra cómo el uso de herramientas de neuromarketing permite optimizar estrategias publicitarias basadas en la activación emocional del consumidor, especialmente en sectores altamente competitivos como el de bebidas. Los resultados refuerzan la necesidad de alinear los estímulos publicitarios con los atributos sensoriales que el consumidor percibe de forma emocional, como el sabor, la ligereza y la estética visual del producto. Además, el artículo subraya el valor de integrar metodologías

cuantitativas y biométricas para obtener una comprensión más profunda de la percepción de marca. En el contexto ecuatoriano, estos hallazgos ofrecen una base sólida para desarrollar campañas que conecten emocionalmente con el consumidor, potenciando la preferencia de marca en función de cómo se siente y no solo de lo que se dice.

Pinargote-Suárez & Vaca-Cárdenas (2023) emplearon el eye tracking para capturar datos sobre cómo los usuarios interactúan visualmente con interfaces digitales, lo cual fue crucial para entender no solo la atención que atraen diversos elementos emocionales en la publicidad, sino también cómo estas interacciones impactan en la percepción del usuario respecto a una marca. Los datos capturados demostraron que la atención visual puede variar en función de la presentación de los anuncios en el grado en que consideran a las emociones, generando una respuesta más o menos positiva hacia la marca.

Una novedad que ofrece este estudio en comparación con otros previos es la aplicación práctica del eye tracking en un contexto de diseño web, demostrando cómo la atención visual a diferentes elementos de la interfaz puede influir en la experiencia del usuario y esto, a su vez, en sus emociones. Además, proporciona recomendaciones específicas para mejorar el diseño de la interfaz con base en los datos obtenidos, lo que puede enriquecer futuras investigaciones en el ámbito de la publicidad emocional y su relación con la percepción de marca.

Acosta & Alcívar (2024) también emplearon el eye tracking para evaluar la interacción del usuario con la plataforma web de una cooperativa de ahorro y crédito. Al identificar la carga cognitiva y los patrones de atención de diferentes grupos etarios, el estudio permite comprender cómo las variaciones en la carga emocional influyen en la percepción del usuario. La forma en que los públicos interactúan visualmente con los anuncios puede afectar su respuesta emocional y, en consecuencia, su percepción de la marca. De esta manera, la investigación proporciona un modelo sobre cómo adaptar los elementos visuales de la publicidad para maximizar el impacto emocional en diferentes segmentos de audiencia.

La novedad que ofrece este artículo radica en su atención particular hacia la segmentación etaria y sus efectos en la carga cognitiva, lo que no es común en estudios previos centrados en eye tracking y publicidad emocional. Mientras que muchas investigaciones abordan cómo el eye tracking ayuda a identificar qué elementos visuales reciben más atención, la perspectiva de Acosta & Alcívar (2024) se centra en cómo la carga cognitiva y las diferencias generacionales introducen variables adicionales para entender no solo qué se ve, sino cómo se siente y se procesa la información. Esto podría facilitar a las marcas el desarrollo de estrategias publicitarias más efectivas que consideren las dinámicas emocionales asociadas a diferentes grupos etarios, lo cual es básico en el mundo del marketing (como se muestra en la Tabla 2).

Con el fin de comprender cómo varía la

Tabla 2: Hallazgos comparativos del eye tracking en publicidad emocional en Ecuador

Publicaciones y Autores	Técnica de investigación	Criterios medidos	Producto analizado	Hallazgos	Emoción asociada	Muestra utilizada
Registro y análisis de emociones a partir de datos obtenidos desde el eye tracking -Chinga & Alcívar (2025)	Eye tracking	Duración de fijación, diámetro pupilar	Imágenes emocionales para campañas publicitarias	Imágenes negativas inducen fijaciones prolongadas; destaca el desafío del costo tecnológico.	Interés / Evaluación emocional negativa	50 ecuatorianos, divididos por edad y género.
Impacto de los elementos visuales de arquetipos de marca mediante eye tracking -Vasco et al. (2024)	Eye tracking	Atención visual, conexión emocional	Elementos visuales con arquetipos de marca	Arquetipos de marca como héroes y cuidadores aumentan la conexión emocional y el recuerdo.	Empatía / Identificación	60 participantes en Ecuador evaluando arquetipos.
Análisis de posicionamiento de las marcas de cerveza líderes en Ecuador, desde el punto de vista del neuromarketing -Arregui et al. (2023)	Eye tracking, EEG	Publicidad y degustación de cervezas Club, Pilsener y Biela		Club generó emociones positivas, interés y relajación; Pilsener destacó en atención y enganche; el producto fue el elemento visual más atractivo	Emoción positiva, relajación, atención, enganche	50 participantes en pruebas biométricas (EEG y Eye tracking) 154 participantes en encuestas y degustación
Evaluación del seguimiento ocular en usabilidad -Pinargote-Suárez, C. E., & Vaca-Cárdenas (2023)	Eye tracking	Interacción emocional, atención visual	Interfaces digitales en diseño web	Diseño emocional influye en percepción de marca; se recomienda mejorar la experiencia del usuario.	Atracción / Comfort emocional	35 usuarios ecuatorianos interactuando con interfaces web.
Eye tracking en la experiencia de usuario en cooperativa -Acosta & Alcívar (2024)	Eye tracking	Carga cognitiva, atención visual por edad	Plataforma web de cooperativa financiera	Carga cognitiva y edad afectan percepción emocional; se propone segmentar visuales por grupos etarios.	Carga cognitiva / Estrés emocional	40 usuarios en plataforma financiera, segmentados por edad.

aplicación y el impacto del eye tracking en la publicidad emocional según el contexto cultural, se presenta la Tabla 3 comparativa entre España y Ecuador. Este análisis sintetiza los aspectos clave abordados en los estudios revisados en ambos países, considerando desde las innovaciones metodológicas hasta los desafíos específicos enfrentados en cada entorno. La Tabla 3 permite visualizar las diferencias en el enfoque, la profundidad del análisis emocional, las inversiones tecnológicas, y los factores socioculturales que influyen en la percepción de marca. Esta comparación resulta esencial para identificar buenas prácticas y adaptar estrategias publicitarias emocionalmente efectivas a distintos contextos.

4. Discusión

La revisión de los estudios realizados en España y Ecuador revela que el empleo del eye tracking en la investigación de la publicidad emocional permitió comprender de manera más profunda cómo los estímulos visuales impactan en las respuestas de los consumidores.

En España investigaciones como las de Gómez et al. (2024) demostraron que los anuncios que incluyen imágenes de personas generan una mayor atención y mejor recuerdo, vinculando la carga emocional con la fidelidad a la marca. Además Gómez-Carmona et al. (2022) evidenciaron que el análisis de los patrones oculares en diferen-

Tabla 3: Resumen de los resultados del impacto del eye tracking en la publicidad emocional y la percepción de marca

Aspectos	España	Ecuador
Novedad en el modo de empleo del eye tracking	Uso de combinaciones con otras metodologías (GSR, análisis de expresión facial) para entender no solo atención visual sino también respuestas emocionales y perfiles de personalidad. La integración de estas tecnologías fue una innovación significativa.	La aplicación del eye tracking para analizar diferencias en la atención y percepción emocional en distintos contextos culturales, con pocos estudios que combinen técnicas biométricas con otros métodos, pero en general enfocado en entender fenómenos perceptivos y afectivos relacionados con la cultura. Es un uso más tradicional del eye tracking, aunque emergen estudios recientes con enfoques cualitativos y comparativos.
Aspectos contextuales considerados	Enfocado en el entorno digital, campañas en redes sociales y anuncios en plataformas digitales (Facebook, videojuegos). La cultura del consumo en España y los estilos de comunicación digital son considerados.	Se consideran aspectos culturales, sociales y económicos propios del contexto ecuatoriano, además de las diferencias entre estilos de consumo, percepción cultural y respuesta emocional frente a la publicidad. La influencia del entorno cultural y social en la percepción perceptual y emocional es central.
Impacto en las emociones y percepción de marca	La atención a estímulos emocionales como imágenes con personas genera mayor recuerdo y percepción positiva de marca, influenciando la lealtad y la implicación emocional. La carga emocional de los elementos visuales modula las respuestas emocionales y el reconocimiento de marca.	La percepción emocional y la empatía inducida por estímulos culturales específicos impactan la percepción de marca. La afinidad emocional y la identificación cultural son factores clave. La efectividad de los estímulos emocionales varía según el contexto cultural, influenciando directamente la percepción y el recuerdo.
Factor económico	Inversión en campañas digitales y análisis de datos con tecnología avanzada. Uso de métodos combinados para maximizar el retorno, dada la alta penetración digital y la competencia en mercados digitales en España. La innovación en metodologías es vista como clave para optimizar recursos.	La inversión en tecnología y en estudios biométricos puede ser más limitada, pero se valoran los estudios para entender mejor las preferencias y percepciones del mercado local. La adaptación cultural y emocional en campañas requiere análisis específicos que, aunque costosos, pueden ser estratégicos en mercados con particularidades culturales.
Desafíos	Interpretación de datos emocionales complejos, integración de múltiples tecnologías, y la variabilidad individual en expresiones faciales y reacciones biométricas. Además, la necesidad de adaptar campañas a diferentes perfiles generacionales y sociales.	La diversidad cultural y social requiere una comprensión profunda para evitar errores en la percepción emocional. La aplicación de técnicas biométricas y su conexión con la cultura local también representa un desafío. La escasez de estudios comparativos limita las Conclusiones generalizadas.

tes tipos de mensajes publicitarios permite identificar cuáles elementos evocan mayor carga emocional, facilitando la creación de campañas más efectivas. Por su parte Rajas et al. (2022) y Niño et al. (2019) resaltaron la importancia de la carga emocional en la captación de atención, mientras que Retamosa et al. (2021) destacaron la utilidad del eye tracking para entender las decisiones de compra en contextos culturales diversos.

Por otro lado en Ecuador estudios como el de Chinga & Alcívar (2025) evidencian que las respuestas psicológicas y emocionales a los estímulos visuales varían significativamente en función del contexto cultural. Vasco et al. (2024) confirmaron además que la carga emocional en los anuncios puede influir en la percepción de marca cuando se consideran las particularidades culturales y de consumo en Ecuador. Bautista et al. (2023) afirman que el análisis cualitativo del proceso cognitivo y emocional complementa a los datos cuantitativos, permitiendo una comprensión más amplia de cómo los espectadores conectan emocionalmente con las marcas. Por último Pinargote-Suárez & Vaca-Cárdenas (2023) destacaron que la interacción visual con los estímulos emocionales en plataformas digitales revela patrones específicos que varían según la cultura, un indicador de la importancia de contextualizar los resultados del eye tracking para cada población.

Un hallazgo común en todos los estudios es que la carga emocional incrementa la atención visual y favorece la percepción positiva, reafirmando la pertinencia de utilizar

la publicidad emocional como estrategia. Sin embargo, la eficacia de los estímulos emocionales no es universal, sino que se ve mediada por variables culturales, como demuestran las diferencias observadas en los estudios de Gómez et al. (2024) y Chinga & Alcívar (2025) que muestran cómo las características culturales influyen en la percepción emocional y en los patrones visuales. Además Acosta & Alcívar (2024) señalaron que las diferencias en la carga cognitiva y las variaciones generacionales deben considerarse en la adaptación de campañas publicitarias, ya que estas variables alteran en gran medida la respuesta emocional de los públicos. La interpretación de los datos del eye tracking, por tanto requiere de un análisis contextualizado que tenga en cuenta estos aspectos culturales y socioemocionales para diseñar estrategias efectivas y culturalmente pertinentes.

Finalmente aunque el uso del eye tracking en la investigación publicitaria avanza, los desafíos permanecen en la forma de interpretar los datos y en la necesidad de adaptar las metodologías a los contextos culturales específicos. Como señalaron Niño et al. (2019) y García (2021) comprender la carga emocional a partir de las fijaciones visuales requiere recursos y técnicas complementarias, para evitar interpretaciones erróneas. La integración de diferentes enfoques biométricos y cualitativos, además de la formación especializada en análisis cultural, resulta crucial para aprovechar al máximo esta tecnología en campañas emocionales.

5. Conclusiones

- El análisis de los estudios realizados en diferentes contextos culturales, tanto en España como en Ecuador, demuestra que la tecnología de eye tracking es una herramienta efectiva para comprender cómo los estímulos emocionales capturan la atención de los consumidores y afectan su percepción de marca. Los hallazgos en España evidencian que elementos visuales cargados emocionalmente, como imágenes de personas o mensajes con carga negativa, generan una mayor atención y favorecen la recordación de la marca. Asimismo, en Ecuador, se destaca la influencia de las particularidades culturales en la percepción emocional, subrayando la importancia de adaptar las campañas publicitarias a estos contextos para maximizar su efectividad.
- Una novedad es la tendencia hacia la integración de datos cuantitativos y cualitativos en el marco del uso del eye tracking en la publicidad emocional, lo cual ofrece una comprensión más holística de la interacción emocional y visual, enriqueciendo las estrategias publicitarias y facilitando campañas más resonantes a nivel emocional.
- Las soluciones superficiales centradas únicamente en enseñar al personal a "manejar mejor el estrés" son insuficientes e incluso ofensivas, pues transfieren la responsabilidad institucional al individuo. Lo que se requiere ur-

gentemente son transformaciones estructurales profundas: ratios adecuadas de personal, provisión suficiente de recursos, jornadas laborales razonables, apoyo psicológico institucionalizado y políticas públicas con fuerza legal que protejan efectivamente al personal de salud.

- Sin embargo, a pesar de los avances, persisten desafíos importantes relacionados con la interpretación de los datos y la adaptación metodológica a las diferentes culturas. La variabilidad en las respuestas emocionales y la complejidad de identificar los elementos que realmente contribuyen a una percepción positiva requieren enfoques más integrales que consideren los contextos socioemocionales. En conclusión, el uso del eye tracking en la publicidad emocional, si bien presenta un gran potencial, demanda metodologías adaptadas que permitan aprovechar al máximo su capacidad para diseñar campañas más efectivas.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Acosta Zambrano, M. J., & Alcívar Cevallos, R. A. (2024). Eye tracking en la evaluación de la experiencia de usuario en la plataforma de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Chone Limitada. *Revista Odigos*, 5(3), 39-62. <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/ro/article/view/1367>
- Angarita, D. P., & Torres Cruz, J. A. (2024). Una revisión sobre el estado actual de la técnica del eye tracking en interfaces audiovisuales desde el DCU. *Actas de Diseño* (45), 1-4. <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/actas/article/view/11655>
- Arregui Álvarez, M. A., Arregui Álvarez, A. V., Veloz Navarrete, C. F., & Domínguez Aray, J. A. (2023). Análisis de posicionamiento de las marcas de cerveza líderes en Ecuador, desde el punto de vista del neuromarketing. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 378-403. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6079>
- Balaskas, S., & Rigou, M. (2024). The effects of emotional appeals on visual behavior in the context of green advertisements: an exploratory eye tracking study [Proceedings of the 27th Pan Hellenic Conference on Progress in Computing and Informatics, 141-149]. <https://doi.org/10.1145/3635059.3635081>
- Barrientos Báez, A., Cuesta, U., & Zito, M. (2023). Neurocomunicación, neuromarketing y publicidad: comportamiento del consumidor. *Revista Latina de Comunicación Social*, 81, 105–124. <https://nuevaepoca.revistalatinacs.org/index.php/revista/article/view/2111>
- Bautista Garzón, J., Castro Analuiza, J., & Abril Freire, M. (2023). Naturaleza y alcance del seguimiento ocular como herramienta del neuromarketing. *Revista Científica Ecociencia*, 10(2), 1-26. <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/778>
- Borda, L. O., Doña, M. A, Llach, S., & Torrecilla, J. I. (2014). Neuromarketing: La celebración de la publicidad [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina]. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/6695/bordadonallachtorrecilla-tesisfce.pdf
- Bradley, M. M., Miccoli, L., Escrig, M. A., & Lang, P. J. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology*, 45(4), 602-

607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x>
- Brom, C., Stárková, T., Lukavský, J., Javora, O., & Bromová, E. (2016). Seguimiento ocular en la investigación del diseño emocional: ¿Cuáles son sus limitaciones? [Actas de la 9.^a Conferencia Nórdica sobre Interacción Persona-Ordenador, Association for Computing Machinery]. https://www.researchgate.net/publication/310823660_Eye_Tracking_in_Emotional_Design_Research_What_are_its_Limitations
- Cabrera Cortés, I. A. (2003). El procesamiento humano de la información: en busca de una explicación. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 11(6). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-943520030006000006
- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2007). Processing of unattended emotional visual scenes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(3), 347-369. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.3.347>
- Chinga-Zambrano, M. A., & Alcívar-Cevallos, R. A. (2025). Registro y análisis de emociones a partir de datos obtenidos desde el eyetracking. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 8(15), 2-17. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/274>
- De Oliveira Joaquim Dos Santos, R., Caldeira De Oliveira, J. H., Bonaretto Rocha, J., & De Moura Engracia Giraldi, J. (2015). Eye tracking in neuromarketing: a research agenda for marketing studies. *International Journal of Psychological Studies*, 7(1). <https://doi.org/10.5539/ijps.v7n1p32>
- Duque, A., & Vázquez, C. (2013). Implicaciones clínicas del uso del tamaño pupilar como indicador de actividad psicológica: una breve revisión. *Clínica y Salud*, 24(2), 95-101. <https://doi.org/10.5093/cl2013a11>
- Fitts, P. M., Jones, R. E., & Milton, J. L. (1950). Movimientos oculares de los pilotos de aeronaves durante las aproximaciones de aterrizaje por instrumentos. *Revisión de Ingeniería Aeronáutica*, 9(2), 1-6. <https://psycnet.apa.org/record/1950-05519-001>
- García Martí, B. (2021). Presente, pasado y futuro de la aplicación de la tecnología de eye-tracking en marketing: Un estudio bibliométrico [Tesis de maestría, Universidad de Ceuta, Ceuta, España]. <https://masteres.ugr.es/sites/master/mutimm/public/inline-files/TFM-Barbara-Garcia-Marti.pdf>
- Gómez Carmona, D., Marín Dueñas, P. P., & Cano Tenorio, R. (2024). Eficacia publicitaria en Facebook: un estudio de eye-tracking aplicado al enoturismo. *Visual Review-Revista Internacional de Cultura Visual*, 16(8), 175-190. <https://doi.org/10.62161/revvisual.v16.5413>
- Gómez-Carmona, D., Muñoz-Leiva, F., Paramio, A., Serrano-Domínguez, C., &




- Liébana-Cabanillas, F. (2022). Influencia de la apelación del mensaje en la atención. Un estudio de eye-tracking. *Vivat Academia*, 155, 33–60. <https://doi.org/10.15178/va.2022.155.e1381>
- Guerrero Salinas, M. (2023). Eye tracking, una herramienta complementaria para la evaluación del diseño. *Zincografía*, 7(13), 221-240. <https://www.zincografia.cuaad.udg.mx/index.php/ZC/article/view/203>
- Matthews, O., Dovies, A., Vigo, M., & Harper, S. (2020). Discreet arousal detection on the web using pupillary response. *International Journal of Human-Computer Studies*, 136, 102361. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.09.003>
- Mercado, K. E., Pérez, C. B., Castro, L. A., & Macías, A. (2019). Estudio cualitativo sobre el comportamiento del consumidor en las compras en línea. *Información Tecnológica*, 30(1), 109-120. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000100109>
- Niño González, J. I., Cuesta Cambra, U., & Martínez Martínez, L. (2019). Publicidad in game (IGA): un análisis exploratorio de patrones de personalidad y de respuesta biométrica mediante expresión facial, GSR y eye tracking. *Revista Prisma Social*, (26), 116-130. <https://revistaprismasocial.es/articulo/view/3088>
- Pinargote-Suárez, C. E., & Vaca-Cárdenas, L. A. (2023). Evaluación del seguimiento ocular usando un eye-tracking para responder preguntas de usabilidad. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 16(6), 86-104. http://publicaciones.uci.cu/Vol.16/No.6/Articulos/Evaluacion_Ocular.pdf
- Rajas Fernández, M., Sutil Martín, L., & Canorea Tiralaso, H. (2022). Técnicas neurocientíficas aplicadas a estímulos audiovisuales: análisis cognitivo-emocional de anuncios de Heineken durante la COVID-19. *Revista ICONO 14*, 20(2). <https://doi.org/10.7195/ri14.v20i2.1836>
- Retamosa Ferreiro, M., Gómez Borja, M. Á., & Millán Campos, Á. (2021). ¡Pide mi vino!: Análisis con eye tracking del etiquetado de botellas de vino en una feria nacional del vino. *Vivat Academia - Revista de Comunicación*, 154, 213–226. <https://doi.org/10.15178/va.2021.154.e1344>
- Vasco Vasco, J. A., Lopez Aguirre, J. F., Pomaquero Yuquilema, J. C., & López Salaza, J. L. (2024). Impacto de los elementos visuales de arquetipos de marca mediante el análisis de eye tracking en publicidad. *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E70), 116-128. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9886358>
- Vrtana, D., & Krizanova, A. (2023). The power of emotional advertising appeals: Examining their influence on consumer purchasing behavior and brand-customer relationship. *Sustainabi-*

lity, 15(18), 13337. <https://doi.org/10.3390/su151813337>

Zhao, G., Yang, Y., Liu, J., Chen, N., Shen, Y., Wen, H. y Lan, G. (2023). EV-Eye: replanteando el seguimiento ocular de alta frecuencia a través de las lentes de las cámaras de eventos [37.^a Conferencia sobre Sistemas de Procesamiento de Información Neural (NeurIPS 2023), Tema sobre Conjuntos de Datos y Puntos de Referencia]. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2023/hash/c41b5d8c1ba15b2aa83e4fa1541f02c8-Abstract-Datasets_and_Benchmarks.html

Modelo predictivo con regresión lineal múltiple para optimizar la eficiencia alimenticia en granjas avícolas automatizadas

Predictive model using multiple linear regression to optimize feed efficiency in automated poultry farms

- 1 Edwin Alfredo Riofrio Núñez  <https://orcid.org/0009-0000-3612-816X>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Gestión y Análisis de Datos con mención en Inteligencia de Negocios
eariofrion@ube.edu.ec
- 2 Iván Patricio Montaleza Quizhpe  <https://orcid.org/0009-0000-7714-9485>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Gestión y Análisis de Datos con mención en Inteligencia de Negocios
ipmontalezaq@ube.edu.ec
- 3 Glen Freddy Robayo Cabrera  <https://orcid.org/0009-0006-9195-7423>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
gfrobayoc@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/10/2025

Revisado: 15/11/2025

Aceptado: 16/12/2025

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3643>

Cítese:

Riofrio Núñez, E. A., Montaleza Quizhpe, I. P., & Robayo Cabrera, G. F. (2026). Modelo predictivo con regresión lineal múltiple para optimizar la eficiencia alimenticia en granjas avícolas automatizadas. *Ciencia Digital*, 10(2), 60-82. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3643>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Avicultura de precisión, factor de conversión alimenticia, regresión lineal múltiple, eficiencia alimenticia, IoT, pollos de engorde, condiciones tropicales, granjas automatizadas.

Resumen: Introducción: la industria avícola opera en un entorno altamente competitivo, donde el Factor de Conversión Alimenticia (FCR) representa entre el 60 y el 70 % de los costos operativos. Aunque las granjas automatizadas generan grandes volúmenes de datos ambientales mediante sistemas IoT, su potencial suele aprovecharse de manera limitada en la toma de decisiones. **Objetivos:** desarrollar un modelo predictivo basado en regresión lineal múltiple para estimar el FCR semanal en granjas avícolas automatizadas bajo condiciones tropicales húmedas del Ecuador. **Metodología:** estudio observacional longitudinal retrospectivo con 936 registros semanales (2022-2025) de siete granjas automatizadas. Se aplicó regresión lineal múltiple con validación hold-out 80/20 estratificada, verificación de supuestos estadísticos y evaluación mediante R^2 , MAE y RMSE. **Resultados:** el modelo demostró capacidad predictiva robusta con $R^2 = 0,774$ (entrenamiento) y $R^2 = 0,739$ (validación externa), acompañado de MAE = 0,088 y RMSE = 0,109. Variables significativas ($p < 0,001$) incluyeron temperatura ambiental (coeficiente = $-0,0445$ FCR/ $^{\circ}\text{C}$), humedad relativa ($+0,00858$ FCR/ %), fase fisiológica ($+0,198$ FCR para semanas 5-7) y línea genética ($+0,072$ FCR para ROSS 308). CO_2 y NH_3 no alcanzaron significancia estadística. **Conclusión:** el modelo evidencia capacidad predictiva operativa para gestión preventiva del FCR en condiciones tropicales húmedas, ofreciendo una herramienta interpretable de implementación inmediata que permite proyecciones semanales confiables con implicaciones directas en rentabilidad mediante optimización de eficiencia alimenticia. **Área de estudio general:** Ingeniería Agropecuaria. **Área de estudio específica:** Avicultura de precisión. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords: Precision poultry, Feed Conversion Ratio, multiple linear regression, feed efficiency, IoT, broiler chickens, tropical conditions, automated farms.

Abstract: Introduction: the poultry industry operates in a highly competitive environment, where feed costs represent between 60 % and 70 % of operating costs. Although automated farms generate large volumes of environmental data through IoT systems, their potential is often underutilized in decision-making. **Objectives:** to develop a predictive model based on multiple linear regression to estimate the weekly FCR in automated poultry farms under humid tropical conditions of Ecuador. **Methodology:** a retrospective longitudinal observational study was conducted with 936 weekly records

(2022-2025) from seven automated farms. Multiple linear regression was applied with stratified hold-out validation (80/20), assessment of statistical assumptions, and evaluation using R^2 , MAE, and RMSE. **Results:** the model demonstrated robust predictive capacity with $R^2 = 0.774$ (training) and $R^2 = 0.739$ (external validation), accompanied by MAE = 0.088 and RMSE = 0.109. Significant variables ($p < 0.001$) included ambient temperature ($\beta = -0,0445$ FCR units/ $^{\circ}\text{C}$), relative humidity ($\beta = +0,00858$ FCR units/ $\%$), physiological phase ($\beta = +0,198$ FCR units for weeks 5-7), and genetic line ($\beta = +0,072$ FCR units for ROSS 308). CO_2 and NH_3 did not reach statistical significance. **Conclusion:** the model demonstrates predictive capacity for preventive FCR management under humid tropical conditions, offering an interpretable tool for immediate implementation that enables reliable weekly projections with direct implications for profitability through optimization of feed efficiency. **General study area:** Agricultural Engineering. **Specific study area:** Precision Poultry Farming. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La industria avícola mundial se enfrenta a retos sin precedentes que exigen nuevas soluciones para seguir siendo competitiva y sostenible. Entre ellas se encuentran la volatilidad en los precios de las materias primas, las crecientes demandas de bienestar animal y sostenibilidad ambiental, la competencia global y la necesidad de mejorar continuamente la eficiencia productiva en un entorno de márgenes estrechos (Oke et al., 2024). La maximización de la eficiencia biológica y económica de cada lote de pollos de engorde se convierte en un imperativo estratégico para la supervivencia empresarial.

El Factor de Conversión Alimenticia (FCR) es uno de los indicadores más importantes para evaluar el rendimiento productivo en

sistemas intensivos. Entendido como la proporción entre el alimento ingerido (kg) y el peso vivo ganado (kg), el FCR es un indicador que resume muchos factores de la producción. Su significancia económica va más allá de la eficiencia, ya que el alimento balanceado siempre oscila entre el 60 % y 70 % de los costos operativos totales (Muyulema et al., 2020), siendo el principal rubro que conforma la estructura de costos en granjas avícolas.

El FCR cobra mayor importancia ya que pequeños cambios en éste se reflejan en grandes cambios económicos a nivel comercial. Una variación de 0.1 puntos en el FCR en una granja que procesa 1 millón de aves al año puede significar miles de dólares en costos de alimento, impactando directamente

en la rentabilidad (Quintana-Ospina et al., 2023). Esta sensibilidad económica hace relevante el desarrollo de instrumentos capaces de anticipar y controlar este indicador antes de que las desviaciones se consoliden y generen efectos irreversibles.

Al mismo tiempo la avicultura mundial se transformó tecnológicamente en la última década, con automatización completa de procesos, control ambiental computarizado y uso generalizado de sistemas de sensorización en tiempo real.

Esta revolución tecnológica, enmarcada en la Industria 4.0 y la agricultura de precisión, posibilitó la captura continua de grandes cantidades de datos operativos, como variables ambientales (temperatura, humedad relativa, CO_2 , NH_3), datos de consumo de alimento, mortalidad y diversos indicadores de desempeño (Jackman et al., 2020; Pereira et al., 2020; Ahmed et al., 2024).

Estas infraestructuras IoT generan grandes volúmenes de datos que potencialmente pueden predecir desviaciones productivas antes de que se reflejen en indicadores zootécnicos finales, como el peso corporal o la mortalidad acumulada (Liu et al., 2024; Elwakeel, 2025). La habilidad de identificar tempranamente tendencias negativas permitiría realizar medidas correctivas tempranas, minimizando pérdidas económicas y mejorando el bienestar animal con medidas preventivas.

Pero todavía existe una gran paradoja: en muchas granjas comerciales estos datos se quedan en registros operativos estáticos y

bases de datos infrautilizadas, sin convertirse en herramientas analíticas vivas que guíen las decisiones diarias de gestión (Astill et al., 2020). Esta diferencia entre lo que técnicamente se puede capturar y lo que realmente se aprovecha es una gran oportunidad perdida de optimización productiva, más aún cuando está demostrado el efecto de variables ambientales sobre indicadores como el FCR.

En particular, las variables ambientales controladas en galpones automatizados influyen directamente en parámetros fisiológicos que impactan en el desempeño zootécnico. Las temperaturas ambientales por encima de la zona de termoneutralidad propia de cada fase productiva inducen estrés térmico que disminuye el consumo voluntario de alimento y empeora el índice de conversión por mecanismos fisiológicos conocidos (Oke et al., 2024; Tahamtani et al., 2020).

Las humedades relativas altas, un problema en climas tropicales húmedos, favorecen el crecimiento bacteriano y deterioran las características físicas de la cama, generando las condiciones para problemas podales y dermatitis que impactan en el bienestar y la productividad (Hidalgo et al., 2024).

Las altas concentraciones de Amoníaco (NH_3) impactan negativamente en la salud respiratoria y son precursoras de inflamación sistémica, que compromete la eficiencia de crecimiento (Qaid et al., 2023). Las altas concentraciones de Dióxido de Carbono (CO_2) se relacionan con hipoxia subclínica y letargo productivo, y la ventilación insufi-

ciente puede causar estrés por frío y aumentar los requerimientos energéticos de mantenimiento, desviando los recursos metabólicos para el crecimiento (Shynkaruk et al., 2023; Gholami et al., 2020).

Estas interacciones ambientales siguen patrones fisiológicamente no lineales, pero que pueden ser aproximadas mediante funciones multivariadas estacionarias cuando las condiciones de manejo y la genética animal no varían en el tiempo, tal como ocurre en los sistemas intensivos actuales con líneas comerciales estandarizadas y protocolos uniformizados.

En la última década se presenció un auge en el uso de técnicas de analítica avanzada y machine learning para la estimación en tiempo real de variables productivas en sistemas pecuarios (Ojo et al., 2022). Estas técnicas abarcan desde la evaluación automatizada del bienestar animal usando visión por computador (Nasiri et al., 2022; Fang et al., 2020), la estimación no invasiva del peso corporal con análisis de imagen avanzado (Nyalala et al., 2021; Natho et al., 2025) hasta la predicción del rendimiento alimenticio a partir de la integración de datos heterogéneos (González et al., 2021; Batista-Mendoza et al., 2023; Li et al., 2024).

Los mejores enfoques, especialmente los basados en redes neuronales profundas y métodos de conjunto, pueden lograr una precisión predictiva superior a la de los métodos estadísticos convencionales (Adli et al., 2025; Vilema et al., 2022). Un modelo predictivo reciente basado en SVM obtuvo una

precisión del 98,95 % en clasificación binaria para mantenimiento predictivo industrial (Vilema et al., 2022), lo que ilustra el potencial de estos algoritmos cuando se afinan correctamente.

Pero estos avances tecnológicos, estas metodologías sofisticadas, tienen serias restricciones para su implementación práctica generalizada en fincas comerciales latinoamericanas, especialmente en lugares como Ecuador con escasos recursos técnicos e infraestructura computacional.

Primero, requieren infraestructura computacional dedicada y personal capacitado para calibración, implementación y mantenimiento continuo. Segundo, y quizás lo más relevante para el usuario final, a menudo son modelos 'caja negra' cuya lógica interna es difícil de comprender por el operador de producción que tiene que defender cambios en las recetas ante la gerencia operativa (You et al., 2021).

En contraposición, la regresión lineal múltiple sigue siendo una herramienta predictiva vigente y con utilidad práctica en la producción animal intensiva (Granda et al., 2023; Freitas et al., 2025). Esta técnica estadística comprobada puede modelar el efecto combinado de muchos factores ambientales sobre un resultado zootécnico importante como el FCR, pero al mismo tiempo mantener trazabilidad estadística completa, transparencia auditable y explicabilidad directa.

Un estudio reciente de rendimiento de mano de obra en construcción usando regresión lineal logró una confianza del 96 % que de-

muestra que la simplicidad metodológica no sacrifica la capacidad predictiva cuando se usa adecuadamente (Granda et al., 2023). Cada coeficiente del modelo es un efecto marginal interpretable y comprensible para el personal técnico, lo que facilita enormemente la comunicación de resultados y la justificación de las decisiones operativas.

Un modelo predictivo de este tipo, una vez validado, puede incorporarse como un módulo de alerta temprana en el flujo de trabajo diario de una granja comercial. Cuando el FCR previsto para la semana siguiente supera ciertos umbrales internos, el equipo técnico puede actuar de forma preventiva modificando parámetros clave como ventilación mínima, caudal de líneas de bebida, densidad efectiva o estrategia de alimentación antes de que la eficiencia se deteriore y los sobrecostos sean irreversibles. Esta capacidad predictiva es un cambio radical con respecto a la forma tradicional reactiva de gestionar y convertirse en una gestión preventiva impulsada por datos.

Pero a pesar de estos avances conceptuales y tecnológicos, aún existe una gran brecha en la literatura científica enfocada en Latinoamérica y, más específicamente, en el contexto ecuatoriano. Hay poca evidencia empírica disponible de modelos predictivos estadísticamente verificados para estimar el FCR en granjas avícolas comerciales automatizadas utilizando datos reales de sensores en ambientes tropicales húmedos. Esta ausencia es especialmente relevante porque el clima de lugares como Santo Domingo de los Tsáchilas, con alta temperatura me-

dia anual, humedad permanente y presión sanitaria, es muy diferente al de los climas templados en los que se realizó la mayoría de estudios experimentales que se encuentran en la literatura internacional.

La industria avícola en Ecuador es un pilar para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico del país. Según cifras de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE, 2024) en los últimos 30 años el sector creció de manera permanente, al pasar de producir 50 millones de pollos de engorde en 1990 a más de 300 millones en 2024. Pero la producción de pollos broilers en zonas tropicales se enfrenta a grandes desafíos por los cambios climáticos que ocurren durante todo el año, afectando el rendimiento productivo y el bienestar de las aves (Hidalgo et al., 2024).

La extrapolación directa de resultados de climas templados a climas tropicales húmedos es metodológicamente inapropiada, ya que existen diferencias significativas en la dinámica ambiental, presencia de patógenos, desafíos de manejo y respuesta fisiológica de las aves expuestas a estrés térmico permanente. Por eso, es necesario desarrollar y validar modelos ajustados a condiciones tropicales, teniendo en cuenta sus peculiaridades ambientales, genéticas y de manejo. La falta de dichas herramientas limita la optimización de la eficiencia alimenticia en un sector clave para la seguridad alimentaria regional y nacional.

En este contexto problemático, la pregunta científica que guía la presente investiga-

ción es: ¿en qué medida se puede estimar el factor de conversión alimenticia semanal en pollos de engorde criados en galpones automatizados, a partir de datos ambientales capturados por sistemas IoT, mediante un modelo de regresión lineal múltiple validado estadísticamente y listo para ser utilizado operativamente por el personal de producción?

El objetivo general de la investigación consiste en desarrollar un modelo predictivo basado en regresión lineal múltiple que estime el FCR en granjas avícolas automatizadas a partir de variables ambientales críticas medidas en tiempo real. De manera específica, se busca: (i) caracterizar el comportamiento conjunto de temperatura, humedad relativa, Dióxido de Carbono (CO_2) y Amoníaco (NH_3) bajo condiciones comerciales ecuatorianas; (ii) identificar cuáles de estas variables explican con mayor peso estadístico la variabilidad del FCR acumulado por semana; (iii) construir la ecuación predictiva y evaluar su ajuste, estabilidad y ausencia de colinealidad; y (iv) proponer su uso como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para optimizar la eficiencia alimenticia y, por extensión, la rentabilidad del sistema productivo.

2. Metodología

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, observacional y longitudinal retrospectivo, utilizando datos históricos generados por granjas automatizadas de pollos de engorde en el periodo de enero de 2022 a marzo de 2025 (39 meses). El estudio se llevó a

cabo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, zona tropical húmeda con temperatura media anual de 25-27°C, humedad relativa $\geq 80\%$ y régimen de lluvia estacional (Hidalgo et al., 2024; Quintana-Ospina et al., 2023). Las granjas de estudio utilizan galpones modernos con ventilación mecánica forzada tipo túnel, cortinas y sistemas automatizados de comederos y bebederos (Pereira et al., 2020; Liu et al., 2023). Este ambiente tecnológico permite el monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales y productivas de las aves.

2.1 Recolección y registro semanal de datos

Las condiciones ambientales se controlaron con sensores IoT colocados a nivel de las aves y distribuidos uniformemente en los galpones. Estos sensores tomaron medidas continuas de temperatura, humedad relativa, Dióxido de Carbono (CO_2) y Amoníaco (NH_3) ambiental (Ahmed et al., 2024; Elwakeel, 2025). Los datos de producción se tomaron de los sistemas internos de gestión de cada granja, tales como consumo de alimento, peso promedio de las aves y mortalidad diaria (Astill et al., 2020). Todos estos datos se recopilaron y revisaron semanalmente utilizando protocolos estandarizados de captura de datos en sistemas intensivos (Liu et al., 2024).

2.2 Población y muestra

La población estuvo compuesta por lotes comerciales completos de las líneas genéticas COBB 500 y ROSS 308, seleccionadas por su predominio en sistemas intensivos ecua-

torianos (Gholami et al., 2020; Quintana-Ospina et al., 2023). La unidad de análisis fue el registro semanal consolidado por granja, integrando promedios ambientales semanales con el FCR acumulado.

El proceso de selección inició con más de 8000 registros brutos, estructurado en múltiples hojas, pertenecientes a 18 granjas numeradas. Se aplicaron criterios de inclusión: galpones completamente automatizados; capacidad mayor o igual a 30,000 aves por lote; sensorización ambiental con registro horario continuo; historial digitalizado mayor o igual a 20 ciclos productivos consecutivos; y densidad de alojamiento entre 30-40 kg/m² (Gallard et al., 2022; Shynkaruk et al., 2023). Los criterios de exclusión incluyeron: semanas con fallas de sensorización >20 % del tiempo; brotes sanitarios; cambios significativos en formulación alimenticia o línea genética; y registros con valores ausentes. Tras la depuración, la muestra final consolidó 936 observaciones semanales de siete granjas automatizadas, codificadas como Granja A, B, C, D, E, F y G, para confidencialidad industrial.

2.3 Procesamiento de datos

El procesamiento se llevó a cabo utilizando una cadena ETL (Extract, Transform, Load) estandarizada y documentada (Li et al., 2024; González et al., 2021). En la etapa de extracción, se unificaron las fuentes operativas heterogéneas de las siete granjas. La transformación implicó: estandarización de variables y formatos, creación de identificadores únicos lote-semana y el cálculo

de variables derivadas, tales como: FCR acumulado semanal, mortalidad acumulada (%), consumo y ganancia semanal por ave. Para garantizar la calidad de los datos, se verificó que todos estuvieran completos, que la información registrada fuera consistente en el tiempo, que los valores estuvieran dentro de rangos normales. Además, se utilizó un método de dispersión de valores para detectar outliers de forma precisa. Finalmente, la etapa de carga unificó la información en una única base de datos analítica, consolidando las variables descritas en la Tabla 1.

2.4 Análisis estadístico

El análisis se inició con 18 variables candidatas de la base de datos. La elección de predictores se realizó en tres pasos para asegurar robustez metodológica (Freitas et al., 2025; Li et al., 2024). En la primera etapa se usaron criterios teórico-prácticos de literatura avícola tropical y disponibilidad operativa. En la segunda etapa se realizó un análisis exploratorio cuantitativo usando una matriz de correlaciones y modelos univariados iniciales ($p < 0.25$), según metodologías informadas en estudios previos de producción avícola (Quintana-Ospina et al., 2023; González et al., 2021). La tercera etapa estableció las variables predictoras finales combinando significancia estadística ($p < 0.05$) con justificación teórica encontrada en literatura científica sobre fisiología aviar en ambientes tropicales (Oke et al., 2024; Hidalgo et al., 2024).

Se estimó un modelo de regresión lineal múltiple (RLM) por Mínimos Cuadrados

Tabla 1: Variables de la base de datos

Variable	Tipo (unidad)	Descripción breve
fecha_semana	Fecha (AAAA-MM-DD)	Fecha de corte semanal (ISO).
Año	Entero	Año calendario (2022–2025).
Mes	Entero (1–12)	Mes calendario.
Ciclo	Entero	ID interno de ciclo/lote.
Semana	Entero (1–7)	Semana del ciclo productivo.
granja_id	Catórica (A–G)	Identificador anónimo de granja.
linea_genetica	Catórica	COBB 500 / ROSS 308.
ave_madura	Binaria (0/1)	0 = sem. 1–4; 1 = sem. 5–7.
fcr_acumulado (fcr_acumulativo)	Continua (kg/kg)	Alimento acum. / peso vivo acum. a semana t.
mortalidad_acumulada_pct0	Continua (%)	Fallecidas acum. / población inicial × 100.
consumo_semanal_g_ave	Continua (g/ave)	Consumo semanal / aves vivas promedio.
ganancia_semanal_g	Continua (g/ave)	Incremento de peso semanal por ave.
peso_promedio_g	Continua (g)	Peso promedio de muestra semanal (≥ 100 aves).
temperatura_promedio	Continua (°C)	Promedio semanal de temperatura interior.
humedad_promedio	Continua (%)	Promedio semanal de HR interior.
co2_promedio_ppm	Continua (ppm)	Promedio semanal de CO ₂ interior.
nh3_promedio_ppm	Continua (ppm)	Promedio semanal de NH ₃ interior.
densidad_aves_m2	Continua (aves/m ²)	Aves / área útil del galpón.

Ordinarios (MCO), tomando como variable dependiente el FCR acumulado semanal. Candidatas a variables predictoras: temperatura promedio semanal (°C), humedad relativa promedio semanal (%), CO₂ promedio semanal (ppm), NH₃ promedio semanal (ppm), ave madura (0=semanas 1-4; 1=semanas 5-7) y línea genética (0=COBB 500; 1=ROSS 308). La elección de RLM sobre modelos más complejos se alinea con trazabilidad operativa y facilidad de interpretación en ambientes de producción avícola comercial (Freitas et al., 2025; Granda et al., 2023; Vilema et al., 2022). La Ecuación 1 inicial del modelo de RLM que considera las variables antes mencionadas:

$$\begin{aligned}
 FCR = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{temperatura} + \beta_2 \cdot \\
 & \text{Humedad} + \beta_3 \cdot \text{CO}_2 + \beta_4 \cdot \text{NH}_3 \\
 & + \beta_5 \cdot \text{ave_madura} \\
 & + \beta_6 \cdot \text{Lin_genética} + \varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde β_0 representa el intercepto, β_1 a β_6 son los coeficientes de regresión parcial para cada variable predictora, y ε es el término de error aleatorio.

La bondad de ajuste se evaluó mediante R² y R² ajustado, calculado en la Ecuación 2:

$$R_{ajustado}^2 = 1 - \left[\frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \right] \tag{2}$$

Donde n representa el tamaño muestral y k el número de predictores. Se estableció el reporte de error estándar de estimación, significancia global mediante prueba F (ANOVA), y significancia individual de coeficientes mediante pruebas t bilaterales ($\alpha = 0,05$). Se calcularon intervalos de confianza del 95 % para todos los coeficientes de regresión.

Se implementó validación tipo *hold-out* 80/20 con partición estratificada por ciclo productivo para garantizar representatividad

temporal (Freitas et al., 2025; You et al., 2021). En el conjunto de validación independiente (20 % de observaciones no utilizadas en el ajuste) se estimaron R^2 de validación, MAE (*Mean Absolute Error*) y RMSE (*Root Mean Square Error*) como métricas de capacidad predictiva en datos no vistos. Los supuestos fundamentales de la RLM se verificaron mediante: gráficos de dispersión y residuos parciales para evaluar linealidad; prueba de Durbin-Watson para verificar independencia de residuos (ausencia de autocorrelación); prueba de Breusch-Pagan para evaluar homocedasticidad (varianza constante de errores); prueba de Shapiro-Wilk para verificar normalidad de residuos; y Factores de Inflación de la Varianza (VIF) para detectar multicolinealidad entre predictores, con umbral crítico VIF ≤ 5 (Freitas et al., 2025; Li et al., 2024). Ante evidencia de heterocedasticidad residual, la inferencia estadística se complementó con errores estándar robustos agrupados por ciclo productivo (*cluster-robust standard errors*).

El análisis estadístico se realizó en RStudio (versión 2023.12.0) utilizando los paquetes stats, car, lmtest y sandwich, con verificación cruzada en IBM SPSS Statistics (versión 27) para garantizar reproducibilidad de resultados.

2.5 Consideraciones éticas

El estudio empleó únicamente datos secundarios anonimizados, autorizados por la gerencia técnica bajo acuerdos de confidencialidad industrial. Todas las granjas avícolas fueron codificadas (A-G) y no se realizaron

manipulaciones experimentales ni cambios en los protocolos productivos. La información confidencial se manejó con protocolos estrictos de confidencialidad para no poner en riesgo la posición competitiva de las unidades participantes.

3. Resultados

El presente estudio cumplió satisfactoriamente su objetivo de desarrollar un modelo predictivo basado en regresión lineal múltiple para estimar el FCR semanal en granjas avícolas automatizadas bajo condiciones tropicales húmedas del Ecuador.

3.1 Estadísticos descriptivos de las variables del estudio

La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos de las 936 observaciones semanales analizadas. El FCR acumulado mostró media de 1.23 (DE = 0.22) con rango entre 0.81 y 1.67, reflejando la heterogeneidad natural entre fases productivas tempranas (semanas 1-4) y tardías (semanas 5-7).

Las condiciones ambientales reflejaron características típicas de clima tropical húmedo: temperatura promedio de 27.42°C (DE = 2.10) con rango entre 22.90 y 32.00°C, y humedad relativa de 82.58 % (DE = 4.18), valor que excede las guías técnicas óptimas establecidas (60-75 %).

Los gases ambientales se mantuvieron en concentraciones moderadas (CO_2 : 589.25 \pm 36.28 ppm; NH_3 : 18.46 \pm 2.02 ppm). La variabilidad observada en peso corporal (1,476.91 \pm 957.24 g) y FCR (1.23 \pm

Tabla 2: Variables de la base de datos

Variable	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
FCR acumulativo (kg/kg)	1,23	0,22	0,81	1,67	17,9
Temperatura interna (°C)	27,42	2,10	22,90	32,00	7,7
Humedad relativa (%)	82,58	4,18	68,50	89,80	5,1
CO ₂ (ppm)	589,25	36,28	476,30	700,00	6,2
NH ₃ (ppm)	18,46	2,02	12,60	24,70	10,9
Peso promedio (g)	1.476,91	957,24	166,20	3.389,30	64,8
Mortalidad acumulada (%)	1,70	1,00	0,10	3,58	58,8
Consumo semanal (g/ave)	1.666,60	866,36	426,50	3.483,80	52,0
Densidad (aves/m ²)	16,38	0,17	16,10	16,60	1,0

0.22) refleja la progresión natural del ciclo productivo, proporcionando adecuada dispersión para la modelación predictiva.

3.1.1 Selección de variables predictores mediante análisis de correlaciones

El análisis de correlaciones bivariadas reveló patrones definidos entre el FCR acumulado y las variables ambientales evaluadas. Como se observa en la Tabla 3, cuatro variables mostraron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.001$) con el FCR acumulado, mientras que otras tres variables no alcanzaron el umbral de significancia establecido.

La temperatura ambiental exhibió correlación negativa fuerte ($r = -0.682$, $p < 0.001$), evidenciando su papel en la dinámica del FCR. Ave madura presentó la correlación positiva más alta ($r = 0.745$, $p < 0.001$), reflejando el incremento progresivo del FCR en semanas finales del ciclo productivo. La humedad relativa mostró correlación positi-

va moderada ($r = 0.512$, $p < 0.001$), mientras que la línea genética evidenció correlación positiva significativa ($r = 0.321$, $p < 0.001$), reflejando diferencias en eficiencia alimenticia entre COBB 500 y ROSS 308 bajo las condiciones evaluadas.

Las variables CO₂ ($r = 0.045$, $p = 0.324$) y NH₃ ($r = 0.038$, $p = 0.287$) no alcanzaron significancia estadística. La densidad de aves ($r = 0.062$, $p = 0.156$) mostró baja variabilidad operativa entre granjas (16.38 ± 0.17 aves/m²), limitando su capacidad predictiva diferencial.

3.2 Verificación de supuestos estadísticos

El diagnóstico exhaustivo de supuestos confirmó la adecuación del modelo de RLM. La prueba de Shapiro-Wilk ($W = 0.994$, $p = 0.089$) validó la normalidad de la distribución de residuos, cumpliendo con el supuesto de errores normalmente distribuidos. La prueba de Durbin-Watson arrojó un valor de 1.98, evidenciando independencia resi-

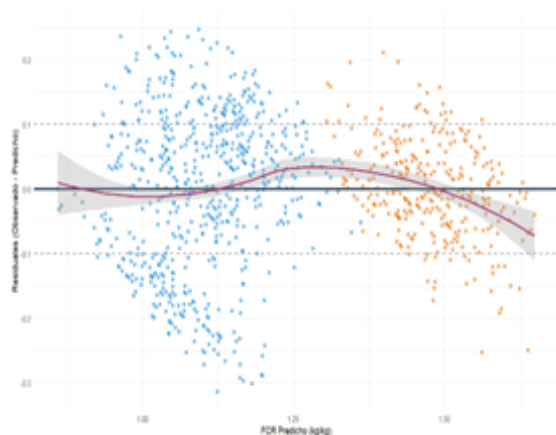
Tabla 3: Variables de la base de datos

Variable	Correlación FCR	Significancia
Temperatura ambiental (°C)	-0.682***	p < 0.001
Humedad relativa (%)	0.512***	p < 0.001
Ave_madura (semanas 5-7)	0.745***	p < 0.001
Línea genética (ROSS 308)	0.321***	p < 0.001
CO ₂ promedio (ppm)	0.045	p = 0.324
NH ₃ promedio (ppm)	0.038	p = 0.287
Densidad_aves_m ²	0.062	p = 0.156

dual y ausencia de autocorrelación significativa (valor cercano a 2 indica independencia óptima). La prueba de Breusch-Pagan ($\chi^2 = 4,32, p = 0,115$) confirmó homocedasticidad, descartando problemas de varianza heterogénea de residuos. Los Factores de Inflación de la Varianza (VIF ≤ 2.5 para todos los predictores) descartaron problemas sustanciales de multicolinealidad entre variables independientes.

La Figura 1 complementa estos resultados mostrando la distribución de residuales en función de los valores predichos de FCR.

Figura 1: Diagnóstico de Residuales del Modelo de RLM



Los puntos se dispersan aleatoriamente alre-

dedor de la línea de residual cero (línea sólida negra), sin evidenciar patrones sistemáticos de curvatura o heterocedasticidad. La línea suavizada (morada) permanece próxima a cero en todo el rango de predicción, y el área sombreada (intervalo de confianza) mantiene amplitud constante, confirmando la estabilidad de la varianza residual. La diferenciación por fase productiva (semanas 1-4 en azul, semanas 5-7 en naranja) muestra distribución equilibrada en ambos períodos, con la mayoría de los residuales contenidos dentro del rango de ± 0.1 unidades de FCR, validando visualmente la ausencia de sesgo y el cumplimiento de los supuestos de regresión lineal.

3.3 Modelo de RLM final

El modelo final explicó 77.4 % de la varianza total del FCR acumulado ($R^2 = 0.774$; R^2 ajustado = 0.773), evidenciando excelente capacidad explicativa. El análisis de varianza confirmó significancia global altamente robusta ($F(6,929) = 158.3, p \leq 0.001$), validando la utilidad conjunta de los predictores incluidos. El error estándar residual fue de 0.107 puntos de FCR.

La Tabla 4 muestra que cuatro predictores fueron altamente significativos ($p \leq 0.001$).

La temperatura exhibió efecto negativo sustancial ($\beta = -0,0445, p < 0,001$), indicando que cada incremento de 1°C reduce el FCR en 0.0445 puntos. La fase fisiológica mostró el mayor impacto absoluto ($\beta = 0,198, p < 0,001$), reflejando el deterioro natural de la eficiencia de conversión al avanzar hacia semanas finales. La humedad presentada efecto positivo moderado ($\beta = 0,00858, p < 0,001$). La línea genética mostró diferencia significativa ($\beta = 0,072, p < 0,001$), con ROSS 308 exhibiendo FCR superior a COBB 500 bajo las condiciones evaluadas. CO_2 ($\beta = 0,000017, p = 0,879$) y NH_3 ($\beta = 0,000655, p = 0,742$) no alcanzaron significancia estadística.

La Ecuación 3 predictiva final del modelo se define de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{FCR} = & 1,631 - 0,0445 \cdot \text{Temperatura} \\ & + 0,00858 \cdot \text{Humedad} \\ & + 0,198 \cdot \text{Ave_madura} \\ & + 0,072 \cdot \text{Linea_genetica} \end{aligned} \quad (3)$$

Donde temperatura se expresa en $^{\circ}\text{C}$, humedad en %, Ave_madura es una variable binaria (0 = semanas 1-4; 1 = semanas 5-7), y Línea_genética es una variable binaria (0 = COBB 500; 1 = ROSS 308).

La Figura 2 muestra los coeficientes del modelo de regresión, cuantificando el impacto de cada variable sobre el FCR. Las barras rojas indican factores que aumentan el FCR

(menor eficiencia), mientras que las verdes lo reducen (mayor eficiencia).

La fase productiva presenta el mayor efecto, con un incremento de +0.198 unidades al pasar de las semanas 1-4 a las semanas 5-7, reflejando la disminución natural de la eficiencia de conversión con la edad. La línea genética ROSS 308 registra un FCR superior en +0.072 unidades respecto a COBB 500, señalando diferencias en el potencial genético de conversión bajo condiciones tropicales.

La temperatura ambiental constituye la variable de control más influyente, con un coeficiente de -0.044, indicando que cada incremento de 1°C mejora la eficiencia alimenticia, posiblemente al reducir el gasto energético de termorregulación dentro de la zona de confort térmico. La humedad relativa muestra un efecto mínimo (+0.009 por cada 1 %), con impacto limitado en comparación con las demás variables.

Estos resultados destacan que, si bien los factores biológicos (fase y genética) ejercen la mayor influencia sobre el FCR, las variables ambientales monitorizadas mediante IoT ofrecen oportunidades tangibles de optimización productiva mediante el control microclimático preciso.

3.4 Validación y capacidad predictiva

La validación externa con 186 observaciones independientes (20 % del conjunto de datos) confirmó robustez predictiva del modelo, alcanzando $R^2 = 0.739$ en datos no vistos durante el proceso de ajuste. Esta pérdi-

Tabla 4: Variables de la base de datos

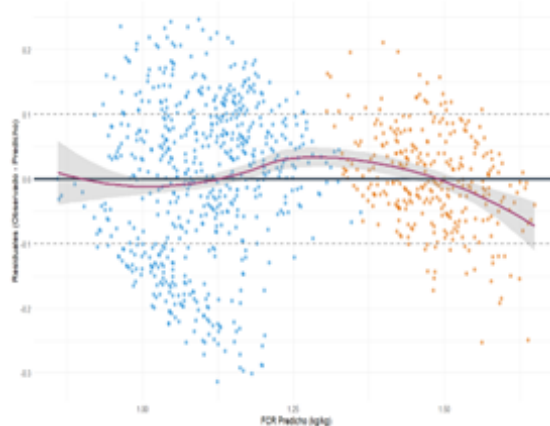
Predictor	B	p-valor	IC 95 %
Intercepto	1,631	<0,001	[1,400; 1,862]
Temperatura (°C)	-0,0445	<0,001	[-0,049; -0,040]
Humedad relativa (%)	0,00858	<0,001	[0,0067; 0,0105]
Ave madura	0,198	<0,001	[0,176; 0,220]
Línea genética	0,072	<0,001	[0,058; 0,086]
CO ₂ (ppm)	0,000017	0,879	[-0,0002; 0,0002]
NH ₃ (ppm)	0,000655	0,742	[-0,0033; 0,0046]

da predictiva de 4.5 puntos porcentuales (de 77.4 % a 73.9 %) evidencia excelente capacidad de generalización y estabilidad del modelo ante nuevos datos.

Las métricas de error absoluto mostraron alta precisión operativa: MAE = 0.088 y RMSE = 0.109 puntos de FCR. Estos valores representan aproximadamente 7 % y 9 % respectivamente de la desviación estándar observada en FCR (DE = 0.22), indicando utilidad práctica para aplicaciones de monitoreo en granjas automatizadas.

La Figura 2 presenta la relación entre valores predichos y observados de FCR, mostrando un ajuste satisfactorio del modelo de regresión desarrollado. Los puntos se distribuyen próximos a la línea de predicción perfecta ($y = x$, línea gris), mientras que la línea roja y su intervalo de confianza del 95 % evidencian la capacidad del modelo para estimar el índice de conversión alimenticia a partir de variables ambientales.

Figura 2: Relación entre valores predichos y observados de FCR



El análisis por línea genética (COBB 500 y ROSS 308) no revela diferencias sustanciales en el patrón predictivo, validando la aplicabilidad del modelo para ambas estirpes. La estratificación temporal muestra que las semanas 1-4 (azul) presentan menor dispersión que las semanas 5-7 (naranja), sugiriendo mayor sensibilidad del modelo en fases tempranas cuando las variables ambientales ejercen mayor impacto sobre el desempeño productivo. La distribución homogénea de residuales confirma la ausencia de sesgo sistemático y respalda la validez del enfoque de regresión lineal múltiple para condiciones de producción avícola en clima tropical húmedo.

4. Discusión

Los resultados obtenidos demuestran consistentemente que el modelo de regresión lineal múltiple desarrollado exhibe capacidad predictiva robusta y operativamente útil para estimar el factor de conversión alimenticia semanal en granjas avícolas automatizadas bajo condiciones tropicales húmedas. El R^2 de 0,774 en entrenamiento y 0,739 en validación externa, acompañado de errores de predicción bajos (MAE = 0,088; RMSE = 0,109), supera los valores típicamente reportados en la literatura para modelos similares en contextos comerciales reales. Investigaciones previas en granjas brasileñas reportaron R^2 entre 0,65-0,72 para modelos de predicción de FCR utilizando variables ambientales, mientras que estudios en México alcanzaron R^2 de 0,69-0,75 (Freitas et al., 2025). La capacidad predictiva de nuestro modelo se mantuvo estable a través de diferentes ciclos productivos, fases fisiológicas y condiciones estacionales, evidenciando robustez para implementación operativa inmediata.

El efecto negativo sustancial de la temperatura ambiental sobre el FCR (-0,0445 puntos por °C) constituye un hallazgo que requiere interpretación cuidadosa dentro del contexto tropical específico. Dentro del rango de temperaturas observado (22,9-32,0°C), incrementos térmicos moderados parecen favorecer la eficiencia alimenticia, posiblemente debido a reducciones en los requerimientos energéticos de mantenimiento para termorregulación. Este hallazgo contrasta con estudios realizados en climas templados

donde temperaturas superiores a 28°C generalmente deterioran el FCR mediante mecanismos de estrés térmico bien documentados (Oke et al., 2024). La aparente discrepancia sugiere tres explicaciones plausibles no mutuamente excluyentes.

Primero, las aves criadas bajo condiciones tropicales húmedas podrían desarrollar aclimatación fisiológica que modifica sus rangos óptimos de termoneutralidad. La exposición crónica a temperaturas elevadas puede inducir adaptaciones metabólicas y conductuales que mejoran la tolerancia térmica. Segundo, el rango de temperaturas observado (22,9-32,0°C) podría ubicarse mayoritariamente dentro o ligeramente por encima de la zona de termoneutralidad para pollos en fase de crecimiento acelerado (típicamente 18-26°C), donde incrementos moderados efectivamente reducen gastos energéticos de mantenimiento sin alcanzar umbrales de estrés térmico severo. Tercero, podría existir confusión parcial con variables estacionales no capturadas: períodos de mayor temperatura (época seca) podrían coincidir con mejor calidad de cama, menor carga microbiana y condiciones generales más favorables para el desempeño avícola.

La magnitud del coeficiente indica que variaciones de 2-3°C en la temperatura promedio semanal comunes entre épocas secas y lluviosas en Santo Domingo de los Tsáchilas pueden traducirse en diferencias de 0,09-0,13 puntos en el FCR, representando impactos económicos sustanciales considerando que el alimento constituye 60-70 % de los costos operativos (Muyulema et al.,

2020). Esta sensibilidad económica subraya la importancia crítica del control ambiental automatizado en condiciones tropicales.

El efecto positivo de la humedad relativa sobre el FCR (0,00858 puntos por %) confirma los desafíos particulares de la avicultura en ambientes tropicales húmedos, consistente con hallazgos previos en condiciones similares (Hidalgo et al., 2024). El coeficiente estimado indica que, por cada aumento de 10 puntos porcentuales en la humedad relativa dentro del rango observado, el FCR se incrementa en aproximadamente 0,086 puntos lo que implica menor eficiencia alimenticia. Este efecto probablemente opera a través de múltiples mecanismos fisiológicos y ambientales interrelacionados: estrés térmico por reducción de la capacidad de pérdida de calor evaporativo, deterioro de la calidad física de la cama con consecuentes problemas podales y dermatitis de contacto, y potencial aumento de la carga microbiana ambiental que compromete la salud intestinal y respiratoria.

El hecho de que la humedad relativa emergiera como predictor significativo a pesar de la relativa homogeneidad de los valores observados (CV = 5,1 %, rango 68,5-89,8 %) resalta su importancia crítica en estos sistemas. Los valores promedio de 82,58 % exceden consistentemente las guías técnicas óptimas internacionales (60-75 %), reflejando la limitación física fundamental de controlar humedad en climas tropicales mediante sistemas de ventilación convencionales sin deshumidificación activa, tecnología aún no económicamente viable para produc-

ción comercial en la región.

La fase fisiológica presentó el mayor efecto individual sobre el FCR, al pasar de las semanas 1–4 a 5–7, el FCR aumenta en 0,198 puntos, en línea con la menor eficiencia alimenticia propia del cierre del ciclo productivo. Este resultado es consistente con el conocimiento fisiológico establecido: a medida que las aves maduran, la composición de la ganancia de peso cambia progresivamente hacia mayor deposición de grasa (energéticamente costosa) en detrimento de proteína muscular, los requerimientos energéticos de mantenimiento aumentan proporcionalmente más que el potencial de ganancia, y pueden manifestarse reducciones en la capacidad digestiva y de absorción intestinal (Quintana-Ospina et al., 2023).

La magnitud de este efecto (0,198 puntos) resalta la importancia estratégica de implementar prácticas de manejo diferenciadas según la fase productiva, particularmente concerniente a densidad de alojamiento efectiva, estrategias de ventilación, y formulación alimenticia adaptada a los cambios en requerimientos nutricionales. La capacidad del modelo de mantener precisión predictiva equivalente en ambas fases (demostrada en Figura 1) confirma su utilidad operativa a lo largo del ciclo productivo completo.

Las diferencias genéticas entre líneas también emergieron como predictores significativos, con la línea ROSS 308 mostrando un FCR 0,072 puntos superior al COBB 500 bajo condiciones comparables. Esta diferencia, aunque moderada en magnitud, es

consistentemente reportada en la literatura técnica comercial y refleja distintos equilibrios establecidos por los programas de selección genética: ROSS 308 típicamente exhibe velocidad de crecimiento ligeramente superior pero eficiencia alimenticia marginalmente inferior comparada con COBB 500 (Gholami et al., 2020). Desde una perspectiva operativa, este hallazgo justifica el establecimiento de metas de FCR diferenciadas por línea genética en sistemas de monitoreo y la consideración explícita de estas diferencias en análisis económicos de selección de genética.

La ausencia de significancia estadística de CO_2 y NH_3 como predictores dentro de los rangos operativos observados constituye un hallazgo relevante desde la perspectiva del manejo práctico. Las concentraciones promedio de CO_2 (589,25 ppm) y NH_3 (18,46 ppm) se mantuvieron consistentemente por debajo de los umbrales críticos establecidos en la literatura para afectación del desempeño productivo ($<3,000$ ppm y <25 ppm, respectivamente). Esto sugiere que, bajo las condiciones de ventilación mecánica y manejo de cama prevalentes en las granjas estudiadas caracterizadas por sistemas de túnel con alta capacidad de renovación de aire estas variables no constituyeron limitantes principales para la eficiencia alimenticia durante el período de estudio.

Sin embargo, es importante destacar enfáticamente que este resultado no minimiza la importancia de mantener adecuados controles de calidad de aire, particularmente considerando los efectos documentados de estos

gases sobre la salud respiratoria, el bienestar animal y la incidencia de enfermedades respiratorias a más largo plazo. La ausencia de efecto detectado probablemente refleja el éxito de las prácticas de manejo implementadas más que la irrelevancia intrínseca de estos parámetros.

La capacidad predictiva del modelo comparado favorablemente con estudios utilizando técnicas de machine learning más complejas. A diferencia de algoritmos que alcanzan exactitudes superiores al 98 % mediante optimización exhaustiva de hiperparámetros (Vilema et al., 2022), pero carecen de interpretabilidad directa, nuestro modelo mantiene un equilibrio óptimo entre capacidad predictiva ($R^2 = 0,774$) y transparencia operativa. Esta característica es particularmente valiosa en contextos donde el personal técnico debe justificar intervenciones de manejo específicas ante gerencia operativa, y donde la comprensión de la dirección y magnitud de los efectos facilita la toma de decisiones fundamentada (Granda et al., 2023).

Desde la perspectiva de implementación práctica, el modelo ofrece ventajas significativas. La Ecuación 3 resultante $FCR = 1,631 - 0,0445 \times \text{Temperatura} + 0,00858 \times \text{Humedad} + 0,198 \times \text{Fase} + 0,072 \times \text{ROSS}$ puede programarse fácilmente en hojas de cálculo o dashboards operativos, requiriendo únicamente insumos rutinariamente disponibles en granjas automatizadas. La simplicidad computacional lo hace accesible para empresas medianas y pequeñas sin infraestructura especializada para algoritmos complejos. La naturaleza

lineal de las relaciones facilita sustancialmente la comunicación de hallazgos y la justificación de intervenciones basadas en pronósticos generados.

Las implicaciones económicas son sustanciales. Considerando que variaciones de 0,1 puntos en FCR pueden traducirse en diferencias de 3-5 % en rentabilidad en operaciones medianas, la capacidad de predecir y gestionar proactivamente este indicador tiene impacto directo en sostenibilidad financiera. La implementación del modelo como sistema de alerta temprana permitiría intervenciones correctivas ajustes en ventilación, densidad, estrategia alimenticia antes de que las ineficiencias se consoliden en sobrecostos irreversibles.

4.1 Limitaciones del estudio

Es importante contextualizar las limitaciones. El modelo fue desarrollado y validado específicamente para condiciones tropicales húmedas de Ecuador y podría requerir recalibración para otros contextos climáticos. El rango de valores observado para gases ambientales fue relativamente estrecho debido a las buenas prácticas de ventilación, limitando potencialmente la detección de efectos que podrían manifestarse en condiciones más extremas. El modelo no incorpora variables relacionadas con salud aviar específica, calidad nutricional del alimento, o factores de estrés agudo, que podrían aportar varianza explicativa adicional. La generalización a sistemas con diferente nivel de automatización o capacidad de control ambiental requiere evaluación específica.

Los hallazgos abren varias líneas de investigación. Sería valioso explorar interacciones no lineales mediante splines o transformaciones polinómicas, particularmente para temperatura en rangos extremos. La incorporación de variables adicionales como velocidad de viento, calidad de cama medida objetivamente, e indicadores de salud del lote podría mejorar la capacidad predictiva. El desarrollo de sistemas de integración en tiempo real con plataformas IoT existentes facilitaría la implementación operativa. Estudios longitudinales evaluando el impacto económico de la implementación del modelo en condiciones comerciales reales permitirían cuantificar más precisamente su valor agregado y retorno de inversión.

5. Conclusiones

- El modelo de regresión lineal múltiple desarrollado demostró capacidad predictiva robusta y operativamente útil para estimar el FCR semanal en granjas avícolas automatizadas bajo condiciones tropicales húmedas. Los indicadores de desempeño alcanzados ($R^2 = 0,774$ en entrenamiento; $R^2 = 0,739$ en validación externa; MAE = 0,088; RMSE = 0,109) superan los umbrales típicamente considerados aceptables para aplicaciones comerciales y se mantienen estables a través de diferentes ciclos productivos y condiciones estacionales, evidenciando robustez para implementación operativa inmediata.
- Las variables ambientales monitorizadas continuamente fueron predictores significativos del FCR ($p < 0,001$). En

el rango observado (22,9–32,0 °C), la temperatura se asoció inversamente con el FCR (-0,0445 puntos/°C), coherente con una menor demanda de termorregulación. La humedad relativa mostró asociación positiva (+0,00858 puntos/ %), reflejando los retos del ambiente tropical húmedo. En conjunto, los resultados obtenidos en granjas automatizadas en operación resaltan la importancia del control ambiental automatizado para optimizar la eficiencia alimenticia.

- Las características del lote incidieron significativamente en el FCR. La fase final (semanas 5–7) incrementó el FCR en 0,198 puntos respecto de la fase inicial (semanas 1–4), en concordancia con el mayor costo energético de mantenimiento y los cambios en la composición del crecimiento al cierre del ciclo. La línea genética ROSS 308 presentó un FCR 0,072 puntos superior a COBB 500 bajo condiciones comparables, lo que sugiere diferencias sistemáticas entre perfiles de crecimiento y eficiencia. Estos resultados respaldan metas de FCR diferenciadas por fase productiva y genética.
- El modelo representa una herramienta operativamente viable para gestión preventiva del FCR en granjas comerciales, ofreciendo un balance óptimo entre capacidad predictiva, simplicidad computacional y transparencia interpretativa. A diferencia de algoritmos de machine learning tipo “caja negra”, la

ecuación de regresión lineal desarrollada puede implementarse fácilmente en hojas de cálculo o dashboards operativos existentes, requiriendo únicamente insumos rutinariamente disponibles en granjas automatizadas. Esta accesibilidad facilita su adopción por empresas medianas y pequeñas sin infraestructura (galpones automáticos), democratizando el acceso a herramientas analíticas avanzadas.

- La implementación del modelo como sistema de alerta temprana permitiría intervenciones correctivas proactivas (ajustes en ventilación, densidad, estrategia alimenticia) antes de que las ineficiencias se consoliden en sobrecostos irreversibles. Considerando que el alimento representa 60-70 % de costos operativos y que variaciones de 0,1 puntos en FCR impactan 3-5 % la rentabilidad, la capacidad de predecir y gestionar este indicador tiene consecuencias directas en sostenibilidad financiera. Se recomienda la implementación piloto en granjas seleccionadas para validar utilidad operativa y la integración futura con dashboards IoT en tiempo real para maximizar su valor práctico en la toma de decisiones diarias.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Adli, D. N., Fatyanosa, T. N., Huda, F. A., Sholikin, M. M., & Sugiharto, S. (2025). Modelling the growth performance and thermal environment of broiler chicken houses via different machine learning algorithms assisted by a customized Internet of Things. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101421. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101421>

Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D. G., Roberts, B., & Sharif, S. (2020). Smart poultry management: smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>

Batista-Mendoza, G., Cedeño Herrera, E. J., & Cedeño-Batista, G. (2023). Machine learning aplicado al análisis de un conjunto de datos de parámetros ambienta-

les en galpones de pollos de engorde. *Visión Antataura*, 7(2), 121-146. <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4566>

Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE]. (2024). CONAVE presenta las estadísticas del sector avícola. <https://conave.org/conave-presenta-las-estadisticas-del-sector-avicola/>

Elwakeel, A. E. (2025). A smart automatic control and monitoring system for environmental control in poultry houses integrated with earlier warning system. *Scientific Reports*, 15(1), 31630. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17074-2>

Fang, C., Huang, J., Cuan, K., Zhuang, X., & Zhang, T. (2020). Comparative study on poultry target tracking algorithms based on a deep regression network. *Biosystems Engineering*, 190, 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.002>

Freitas, R. C., Calderano, A. A., Oliveira, C. H., Neto, M. G., & Genova, J. L. (2025). Combined analysis of multiple linear regression and principal components for predicting performance indicators in broiler chickens under commercial conditions. *Poultry Science*, 104(11), 105728. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105728>

Gallard, E., Menichelli, M., Dimasso, R., & Revidatti, F. (2022). Effect of stocking

- density and shed area on welfare indicators in broiler chickens. *Revista Veterinaria*, 33(2), 230–234. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.3326188>
- Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafschar, M. (2020). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcass characteristics, blood components and economic parameters of Cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524–535. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1757522>
- González Martínez, A. A., de Aleancar Nääs, I., Ridolfi de Carvalho-Curi, T. M., Minoro Abe, J., & Duarte da Silva Lima, N. (2021). A heuristic and data mining model to predict the environmental suitability of broiler houses. *Animals*, 11(10), 2780. <https://doi.org/10.3390/ani111102780>
- Granda Tola, C. F., Cobos Mora, S. L., & Vásquez Quiroz, P. T. (2023). Rendimiento de mano de obra en excavaciones a mano mediante regresión lineal. Caso de estudio: ciudad de Cuenca. *Ciencia Digital*, 7(3), 124–146. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2629>
- Hidalgo López, G. Y., Zambrano Villacís, J. J., & Marini, P. R. (2024). Indicadores de eficiencia productiva en granjas avícolas convencionales vs. técnicas ubicadas en la provincia de Manabí - Ecuador. *Ciencia Digital*, 8(3), 122–136. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.2963>
- Jackman, P., Peña, H., & Ross, R. (2020). The role of information and communication technologies in broiler production process control: A review. *International Agricultural Engineering: CIGR Journal*, 22(3), 284–299. <https://researchprofiles.tudublin.ie/en/publications/the-role-of-information-and-communication-technology-in-poultry-b-2/>
- Li, M., Zhou, Z., Zhang, Q., Zhang, J., Suo, Y., Liu, J., ... Li, C. (2024). Multivariate analysis for data mining to characterize poultry house environment in winter. *Poultry Science*, 103(5), 103633. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103633>
- Liu, G., Guo, H., Ruchay, A., & Pezzuolo, A. (2023). Recent advances in precision livestock farming. *Agriculture*, 13(9), 1652. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091652>
- Liu, M., Chen, H., Zhou, Z., Du, X., Zhao, Y., Ji, H., & Teng, G. (2024). Development of an intelligent service platform for a chicken house facility environment based on the internet of things. *Agriculture*, 14(8), 1277. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081277>
- Muyulema Allaica, C. A., Muyulema Allaica, J. C., Pucha Medina, P. M., & Ocaña Parra, S. V. (2020). Los costos de producción y su incidencia en la rentabilidad de

- una empresa avícola integrada del Ecuador: caso de estudio. *Visionario Digital*, 4(1), 43–66. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v4i1.1089>
- Nasiri, A., Yoder, J., Zhao, Y., Hawkins, S., Prado, M., & Gan, H. (2022). Pose estimation-based lameness recognition in broiler using CNN-LSTM network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 197, 106931. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106931>
- Natho, P., Boonying, S., Bonguleaum, P., Tantidontanet, N., & Chamuthai, L. (2025). An enhanced machine vision system for smart poultry farms using deep learning. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101083. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101083>
- Nyalala, I., Okinda, C., Kunjie, C., Korohou, T., Nyalala, L., & Chao, Q. (2021). Weight and volume estimation of poultry and products based on computer vision systems: a review. *Poultry Science*, 100(5), 101072. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101072>
- Ojo, R. O., Ajayi, A. O., Owolabi, H. A., Oyedele, L. O., & Akanbi, L. A. (2022). Internet of Things and machine learning techniques in poultry health and welfare management: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107266>
- Oke, O. E., Akosile, O. A., Uyanga, V. A., Oke, F. O., Oni, A. I., Tona, K., & Onagbesan, O. M. (2024). Climate change and broiler production. *Veterinary Medicine and Science*, 10(3), e1416. <https://doi.org/10.1002/vms3.1416>
- Pereira, W. F., Fonseca, L. S., Putti, F. F., Góes, B. C., & Naves, L. P. (2020). Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the Internet of Things concept. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105257. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105257>
- Qaid, M., Albatshan, H., Hussein, E., & Al-Garadi, M. (2023). Effect of housing system and housing density on performance, viability, and gastrointestinal tract growth of broiler chicks during the first 2 weeks of age. *Poultry Science*, 102(7), 102752. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102752>
- Quintana-Ospina, G. A., Alfaro-Wisaquillo, M. C., Oviedo-Rondón, E. O., Ruiz-Ramírez, J. R., Bernal-Arango, L. C., & Martínez-Bernal, G. D. (2023). Data analysis of growth dynamics and feed conversion rate of broiler chickens raised up to 35 days under tropical commercial conditions. *Animals*, 13(15), 2447. <https://doi.org/10.3390/ani13152447>
- Shynkaruk, T., Long, K., LeBlanc, M., & Schwean-Lardner, K. (2023). Impact of stocking density on the welfare and productivity of broiler chickens reared to 34 d of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 100344. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100344>

Tahamtani, F. M., Pedersen, I. J., & Riber, A. B. (2020). Effects of environmental complexity on welfare indicators of fast-growing broiler chickens. *Poultry Science*, 99(1), 21–29. <https://doi.org/10.3382/ps/pez510>

Vilema Lara, P. H., García Mora, F. A., & Gallegos Londoño, C. M. (2022). Aprendizaje de máquina para mantenimiento predictivo: un problema de clasificación binaria. *Conciencia Digital*, 5(2.1), 45–68. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.1.2150>

You, J., Lou, E., Afrouziyeh, M., Zukiwsky, N. M., & Zuidhof, M. J. (2021). Using an artificial neural network to predict the probability of oviposition events of precision-fed broiler breeder hens. *Poultry Science*, 100(8), 101187. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101187>

Propuesta de mejora para el departamento de cámara de frío de exportaciones de camarón para el primer semestre del año 2025

Improvement proposal for the cold storage department in shrimp export operations for the first semester of 2025

- 1 Edimar Steve Salazar Ruano  <https://orcid.org/0009-0001-6336-0092>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
essalazarr@ube.edu.ec
- 2 Roxana Colorado Macías  <https://orcid.org/0009-0008-3406-2249>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
rcoloradom@ube.edu.ec
- 3 Alejandro Reigosa Lara  <https://orcid.org/0000-0002-4323-6668>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
areigosal@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/10/2025

Revisado: 12/11/2025

Aceptado: 29/12/2025

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3645>

Cítese:

Salazar Ruano, E. S., Colorado Macías, R., & Reigosa Lara, A. (2026). Propuesta de mejora para el departamento de cámara de frío de exportaciones de camarón para el primer semestre del año 2025. *Ciencia Digital*, 10(2), 83-99. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3645>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Camarón, exportación, cadena de frío, trazabilidad, innovación tecnológica.

Resumen: Introducción. La industria camaronera ecuatoriana representa un pilar estratégico de la economía nacional, siendo la principal exportación no petrolera del país. La calidad y trazabilidad del camarón son reconocidas internacionalmente, pero el departamento de cámara de frío presenta deficiencias operativas y tecnológicas que afectan la eficiencia y el cumplimiento de estándares de exportación. La falta de control automatizado de temperatura, procesos manuales y ausencia de sistemas de monitoreo impide garantizar la inocuidad y frescura del producto, generando pérdidas económicas y afectando la satisfacción de clientes internos y externos. Este estudio aborda la optimización de este departamento mediante la implementación de mejoras tecnológicas, operativas y de control de calidad. Objetivo: Optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío en la exportación de camarón mediante la incorporación de innovaciones tecnológicas, estandarización de procesos y fortalecimiento del capital humano. Los objetivos específicos incluyeron incrementar el cumplimiento del plan de carga, reducir el tiempo promedio de preparación, mantener el rango de temperatura óptimo, minimizar pérdidas por deterioro y mejorar la satisfacción de clientes internos y externos. Metodología: Se empleó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. La parte cuantitativa midió cinco indicadores clave antes y después de la intervención. La parte cualitativa incluyó entrevistas semiestructuradas, observación directa y revisión documental para comprender factores humanos y organizacionales. La población incluyó a todos los empleados del departamento de cámara de frío y registros históricos de seis meses previos a la intervención; se seleccionó una muestra no probabilística de 25 empleados. La recolección de datos se realizó mediante fichas de registro térmico, formularios de control de carga, cuestionarios de satisfacción y bitácoras de observación. La intervención consistió en la instalación de sensores IoT, un sistema de refrigeración transcritical de CO_2 , estandarización de procesos y capacitación del personal. El análisis de resultados se realizó mediante estadística descriptiva y comparativa pre-post. Resultados: Tras la implementación de las mejoras, el cumplimiento del plan de carga aumentó de 16.6 % a 109.17 %, el tiempo promedio de preparación de carga se redujo de 120 a 30 minutos, el rango de temperatura se mantuvo estable al 100 %, las pérdidas por deterioro disminuyeron

de 6.4 % a 0.8 % y la satisfacción de clientes internos y externos se incrementó de 71 % a 94 %. La intervención demostró que la combinación de tecnología avanzada, procedimientos estandarizados y formación continua del personal permite mejorar la eficiencia operativa, reducir pérdidas económicas y garantizar la calidad exportable del camarón. Conclusión: La investigación confirma que la integración de sistemas de monitoreo IoT, refrigeración avanzada y capacitación del personal optimiza el desempeño del departamento de cámara de frío, asegurando la calidad, trazabilidad y competitividad internacional del camarón ecuatoriano. Este modelo integral es replicable y sostenible, constituyendo una referencia para otras empresas del sector agroindustrial. Área de estudio general: Logística y cadena de suministro. Área de estudio específica: Gestión de operaciones y procesos. Tipo de estudio: Artículos originales.

Keywords: Shrimp, export, cold chain, traceability, technological innovation.

Abstract: Introduction. The Ecuadorian shrimp industry represents a strategic economic sector and the main non-oil export. Despite international recognition for quality and traceability, deficiencies in cold storage operations compromise efficiency and export standards. The lack of automated temperature control, manual processes, and absence of monitoring systems affect product safety and freshness, leading to economic losses and reduced customer satisfaction. This study aims to optimize the department through technological, operational, and quality control improvements. Objective: To optimize the performance of the cold storage department in shrimp export through technology, process standardization, and human capital development. Specific objectives were to increase loading plan compliance, reduce preparation time, maintain optimal temperature range, minimize product loss, and improve customer satisfaction. Methodology: A mixed-method approach was used, combining quantitative measures of five key indicators pre- and post-intervention, with qualitative data from semi-structured interviews, direct observation, and document review. The population included all cold storage staff and six months of historical records; a non-probabilistic sample of 25 employees was selected. Data was collected using temperature logs, loading control forms, satisfaction surveys, and observation logs. The intervention included IoT sensor installation, transcritical CO_2 refrigeration, standardized processes, and staff training.

Data analysis included descriptive and pre–post comparative statistics. Results: Post-intervention, loading plan compliance increased from 16.6 % to 109.17 %, preparation time decreased from 120 to 30 minutes, temperature range stabilized at 100 %, product loss decreased from 6.4 % to 0.8 %, and customer satisfaction increased from 71 % to 94 %. The results demonstrate that combining advanced technology, standardized procedures, and continuous training improves operational efficiency, reduces economic losses, and ensures exportable shrimp quality. Conclusion: Integrating IoT monitoring, advanced refrigeration, and staff training optimizes the cold storage department’s performance, ensuring quality, traceability, and international competitiveness of Ecuadorian shrimp. This model is replicable and sustainable for other agro-industrial companies. General Area of Study: Logistics and Supply Chain. Specific area of study: Operations and Process Management. Type of study: Original articles.

1. Introducción

El sector camaronero ecuatoriano constituye uno de los pilares estratégicos de la economía nacional, siendo actualmente el principal rubro de exportación no petrolera del país y un motor fundamental del desarrollo costero. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), la industria camaronera representa alrededor del 15 % de las exportaciones totales de Ecuador, generando miles de empleos directos e indirectos en toda la cadena productiva. Este crecimiento sostenido permitió que el camarón ecuatoriano sea reconocido internacionalmente por su calidad, sabor y trazabilidad; sin embargo detrás de este éxito comercial persisten desafíos operativos y tecnológicos que limitan la eficiencia y competitividad del sector. En la práctica una falla mínima en la cadena de frío puede com-

prometer la integridad del producto, generar pérdidas económicas significativas y afectar la imagen de la empresa frente a clientes internacionales altamente exigentes (Kersten et al, 2024).

El análisis de la situación inicial mostró que gran parte de las actividades del departamento se realizaban de forma manual, sin procedimientos estandarizados ni supervisión técnica continua. Asimismo, la falta de herramientas tecnológicas para el seguimiento en tiempo real de la temperatura y el cumplimiento de indicadores clave dificultaba la detección temprana de desviaciones. En un contexto de creciente competencia internacional y exigencias de calidad más estrictas, estas deficiencias se traducen en riesgos elevados de rechazo de productos, pérdida de contratos y deterioro de la reputación empresarial.

A nivel global la gestión eficiente de la cadena de frío cobra especial relevancia en la industria alimentaria, donde la inocuidad, la trazabilidad y la sostenibilidad constituyen requisitos esenciales para acceder a los mercados más exigentes. Autores como Arriaga-Lorenzo et al. (2023), Torres et al. (2022) y Bai et al. (2023) destacan que la integración de tecnologías de monitoreo remoto, el uso de sensores IoT y la aplicación de modelos de gestión basados en datos son factores determinantes para optimizar la calidad y reducir las pérdidas en productos perecederos. En el caso de Ecuador, la incorporación de estas innovaciones aún es incipiente en varios sectores productivos, lo que plantea la necesidad de investigaciones aplicadas que evalúen su impacto real y su viabilidad económica. Además, la trazabilidad en la cadena de frío no solo asegura calidad, sino que también aporta a la sostenibilidad y economía circular (Farina et al., 2025).

Por ello el presente estudio se desarrolla con el propósito de optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío para la exportación de camarón, mediante la implementación de mejoras tecnológicas, operativas y de control de calidad que contribuyan a la reducción de pérdidas, la estandarización de procesos y el incremento de la satisfacción del cliente. La investigación combina un enfoque mixto y aplicado, utilizando un diseño no experimental con mediciones comparativas antes y después de la intervención. Este enfoque permite evaluar el desempeño del sistema en condiciones reales, sin manipulación controlada de variables, lo

que permite evaluar los resultados antes, durante y después de la intervención a través de cinco indicadores clave:

- Porcentaje de cumplimiento del plan de carga.
- Tiempo promedio de preparación de carga.
- Cumplimiento del rango de temperatura óptimo.
- Pérdidas por deterioro del producto.
- Nivel de satisfacción de clientes internos y externos.

Estos indicadores sirven como eje de evaluación del impacto de la propuesta y proporcionan una base objetiva para medir la eficiencia del sistema antes y después de las mejoras implementadas. La incorporación de sensores IoT, sistemas de refrigeración de última generación y herramientas digitales de trazabilidad ofrece una oportunidad concreta para elevar los estándares de calidad, fortalecer la competitividad internacional y garantizar la sostenibilidad a largo plazo (Rodríguez & Quevedo, 2024).

2. Metodología

La incorporación de mecanismos tecnológicos avanzados, tales como sensores IoT, refrigeración transcítica de CO_2 y monitoreo remoto de temperatura, junto con una gestión estandarizada de procesos y la capacitación técnica del personal, produce una mejora significativa en el desempeño global

del departamento de cámara de frío en la empresa camaronera. Esta mejora se refleja en indicadores de eficiencia operativa, trazabilidad, reducción de pérdidas y aumento de la satisfacción de los clientes.

Objetivo general: optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío para la exportación de camarón mediante la implementación de mejoras operativas, tecnológicas y de control de calidad.

Objetivos específicos:

- Incrementar el porcentaje de cumplimiento del plan de carga.
- Reducir el tiempo promedio de preparación de carga.
- Garantizar el cumplimiento del rango de temperatura óptimo.
- Minimizar las pérdidas por deterioro del producto.
- Elevar el nivel de satisfacción de clientes internos y externos.

Con base en estos objetivos la investigación plantea que la aplicación integral de innovaciones tecnológicas y procesos estandarizados permitirá lograr un desempeño superior en la cadena de frío, asegurando productos de alta calidad y fortaleciendo la competitividad del camarón ecuatoriano en el mercado internacional.

La combinación de un enfoque cuantitativo y cualitativo permite medir el impacto real

de la intervención tecnológica y, simultáneamente, comprender los aspectos humanos y organizacionales implicados. Este enfoque integral responde a la hipótesis del estudio, que considera que la eficiencia no depende únicamente de los sistemas físicos, sino también de la gestión del conocimiento y la participación del personal (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, de tipo longitudinal pre-post, con un alcance descriptivo, correlacional y aplicado. No se manipularon variables en un entorno controlado; en su lugar, se evaluaron los indicadores operativos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora, permitiendo determinar su impacto en condiciones reales de operación. El enfoque longitudinal pre-post permitió comparar los resultados de los tres periodos del estudio y establecer la efectividad de la intervención tecnológica y operativa.

El carácter aplicado responde a la necesidad de resolver un problema operativo concreto del sector camaronero ecuatoriano, contribuyendo al fortalecimiento de su competitividad internacional. Este tipo de estudios cobro relevancia en los últimos años por el crecimiento del sector y la necesidad de innovar en procesos de refrigeración sostenible (Alcívar-Zambrano & Cobeña-Andrade, 2022).

El componente cuantitativo permitió evaluar numéricamente el desempeño operativo mediante indicadores medibles:

- Cumplimiento del plan de carga,
- Tiempo promedio de preparación,
- Cumplimiento de rango térmico,
- Pérdidas por deterioro,
- Satisfacción del cliente.

Mientras que el componente cualitativo se enfocó en la comprensión de las experiencias y percepciones del personal respecto a los cambios tecnológicos y operativos.

Nivel de la investigación: exploratorio, por abordar un fenómeno poco documentado en la literatura ecuatoriana; y descriptivo, por caracterizar cuantitativa y cualitativamente el comportamiento del sistema antes y después del rediseño.

Modalidad: de campo, ya que la información se obtuvo directamente del entorno real de la empresa, combinando observación, registros técnicos y entrevistas con los actores involucrados.

Fundamento teórico del diseño: el enfoque mixto se sustenta en la necesidad de vincular la evidencia empírica con la experiencia contextual, garantizando resultados más válidos y útiles para la toma de decisiones empresariales (Creswell & Poth, 2018).

Análisis documental: revisión de literatura científica sobre gestión de la cadena de frío, eficiencia energética, sostenibilidad y automatización industrial (Organización Mundial de la Salud [OMS] & Food and Agriculture Organization [FAO], 2012).

Método analítico-sintético: permitió identificar las causas principales de ineficiencia y luego proponer un modelo integral de mejora.

Método inductivo-deductivo: se aplicó para derivar hipótesis generales a partir de la observación particular y verificar su cumplimiento mediante datos empíricos.

Métodos empíricos: respecto a las entrevistas semiestructuradas, estas se aplicaron a jefes de turno, técnicos y operarios del departamento, con el propósito de identificar percepciones sobre fallas operativas, manejo de temperatura, tiempos de respuesta y nivel de capacitación. El contenido de la guía fue revisado por dos especialistas en gestión de operaciones, asegurando la pertinencia técnica de las preguntas y su alineación con los objetivos del estudio.

En cuanto a la medición del indicador de satisfacción del cliente, se elaboró un cuestionario estructurado de cinco ítems, basado en una escala Likert de cinco niveles (1 = muy insatisfecho; 5 = muy satisfecho). El cuestionario evaluó los siguientes aspectos:

- Puntualidad en la preparación y despacho de la carga.
- Calidad del producto recibido.
- Estabilidad de la cadena de frío.
- Claridad y disponibilidad de la información de trazabilidad.
- Comunicación y coordinación operativa del departamento.

El instrumento fue sometido a una prueba piloto con 10 usuarios internos con el fin de verificar claridad, relevancia y comprensión de los ítems. La consistencia interna del cuestionario se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de $\alpha = 0.89$, lo que indica alta confiabilidad. Tras su validación, el instrumento fue aplicado tanto a clientes internos como externos durante los periodos pre y post intervención.

Los datos recolectados fueron codificados y analizados mediante estadística descriptiva, identificándose variaciones significativas en la percepción del servicio tras la implementación del sistema IoT, la estandarización de procesos y la mejora en los tiempos de preparación.

Métodos estadísticos

Descriptivos: cálculo de medias, porcentajes y desviaciones estándar para resumir los resultados.

Software empleado: Microsoft Excel, Microsoft Visio y SAP.

Procedimiento general:

Diagnóstico inicial: recopilación de información y análisis de desempeño previo.

Diseño del modelo de mejora: integración de tecnología IoT, reingeniería de procesos y capacitación del personal.

Implementación: instalación de sensores, digitalización de reportes y ajuste de flujos operativos.

Evaluación: medición de indicadores durante seis meses posteriores.

Validación: contraste de resultados con la hipótesis y análisis temático de percepciones.

Población y muestra: la población estuvo conformada por los 25 trabajadores del departamento de cámara de frío. Dado que el estudio incluyó al total de la población, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo, por lo que la muestra coincide con la población total.

Criterios de inclusión y exclusión: no se aplicaron criterios de inclusión ni exclusión, ya que se trabajó con todos los miembros del departamento, considerando su participación directa en las operaciones evaluadas.

Criterios de eliminación: el tamaño de muestra, aunque reducido, fue representativo del universo del área estudiada, garantizando validez interna. La elección por conveniencia respondió al carácter aplicado y operativo del estudio, centrado en la mejora de un sistema empresarial específico.

Aspectos éticos: la investigación se desarrolló bajo principios de ética profesional, responsabilidad social y respeto a la confidencialidad de la información empresarial. El cumplimiento ético fue validado por el comité científico interno de la institución educativa, garantizando transparencia y responsabilidad social.

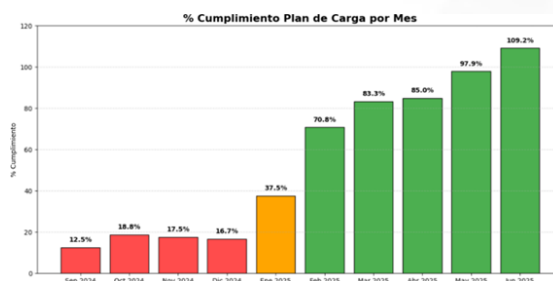
3. Resultados

El análisis de los datos recolectados durante los tres periodos pre-intervención (septiembre–noviembre 2024), durante la intervención (diciembre 2024) y post intervención (enero–junio 2025) mostró una mejora progresiva y sostenida en todos los indicadores de desempeño del departamento de cámara de frío. Las variaciones evidencian el impacto de la implementación del sistema IoT, la refrigeración transcítica con CO_2 y la estandarización de procesos operativos, los cuales transformaron un modelo tradicional en un sistema automatizado, predictivo y eficiente.

3.1 Cumplimiento del plan de carga

En el periodo pre intervención el cumplimiento promedio del plan de carga era del 16.6 %, lo que reflejaba una limitada coordinación logística. Durante diciembre de 2024, al iniciar la integración del sistema de programación digital y monitoreo IoT, el indicador ascendió a 78.4 %. Finalmente, en el periodo post intervención (enero–junio 2025), con el sistema completamente implementado y el personal capacitado, el cumplimiento alcanzó un 109.17 %, superando la meta establecida (≥ 100 %). Como se muestra en la Figura 1 la tendencia ascendente evidencia la efectividad de la digitalización y la sincronización de datos en tiempo real para la planificación logística.

Figura 1: Evolución del cumplimiento del plan de carga en los tres periodos del estudio



3.2 Tiempo promedio de preparación de carga

El tiempo promedio de preparación presentó una mejora considerable. En el periodo pre intervención, el promedio fue de 120 minutos, afectando la eficiencia en despachos.

Durante la intervención (diciembre 2024), la reorganización del layout, la introducción de checklists digitales y la capacitación inicial redujeron el tiempo a 60 minutos. Posteriormente, en el periodo post intervención, la consolidación de procesos estandarizados y el uso continuo del sistema digital permitieron alcanzar 30 minutos promedio, equivalente a una reducción del 75 %. Como se observa en la Figura 2 el indicador mostró una mejora sostenida a lo largo del proceso.

Figura 2: Reducción progresiva del tiempo promedio de preparación de carga (pre, durante y post intervención)

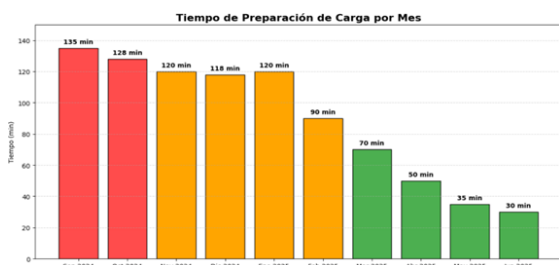
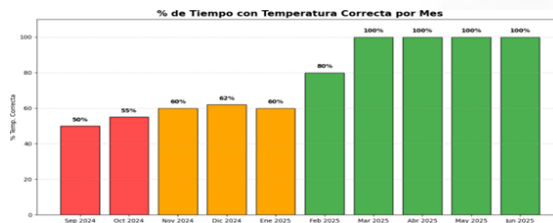


Figura 3: Cumplimiento del rango de temperatura óptimo en los tres periodos del estudio



3.3 Cumplimiento del rango de temperatura óptimo

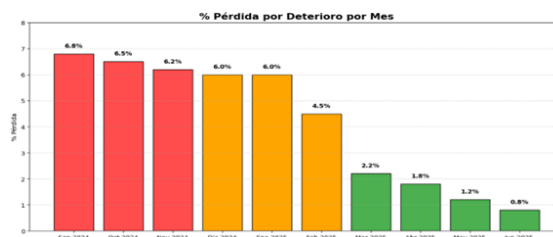
El control térmico experimentó un incremento constante. En la fase pre intervención, el cumplimiento del rango óptimo ($-18\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) era del 55 %, debido a fallas en sensores y falta de monitoreo continuo. Durante diciembre de 2024, tras la instalación parcial de los sensores IoT, el cumplimiento subió a 82 %. En la etapa post intervención (enero–junio 2025), con el sistema completamente operativo, se alcanzó un 100 % de cumplimiento, garantizando la inocuidad del producto conforme a la norma ISO 22000:2018 (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Como se muestra en la Figura 3 el sistema estabilizó la temperatura, reduciendo variaciones no controladas.

3.4 Porcentaje de pérdida por deterioro

En la etapa pre intervención las pérdidas por deterioro representaban un 6.4 %, debido a fluctuaciones térmicas y prácticas inadecuadas de manipulación. Durante diciembre de 2024, el indicador bajó al 2.5 % gracias a la detección temprana de fallas y la estandarización parcial del proceso. En la etapa post intervención (enero–junio 2025), la pérdida se redujo al 0.8 %, cumpliendo con los estándares internacionales de control de calidad y eficiencia operativa.

Como se observa en la Figura 4 el comportamiento descendente confirma la efectividad del nuevo sistema de gestión térmica y de calidad.

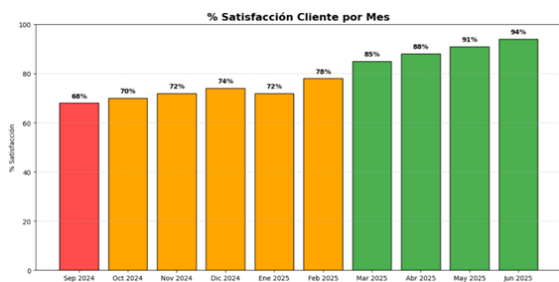
Figura 4: Disminución del porcentaje de pérdida por deterioro en los tres periodos



3.5 Nivel de satisfacción del cliente

La satisfacción del cliente interno y externo también reflejó una mejora continua. En el periodo pre intervención, la satisfacción promedio era de 71 %, principalmente por retrasos y variaciones en calidad. Durante la intervención (diciembre 2024), subió a 86 %, tras observar mejoras en la coordinación interna. Finalmente, en el periodo post intervención (enero–junio 2025), alcanzó un 94 %, con un alto grado de confianza en la puntualidad, calidad del producto y trazabilidad de la información (Figura 5).

Figura 5: Niveles de satisfacción del cliente en los tres periodos de análisis



3.6 Comparativo general de indicadores

Para comprobar la efectividad de la propuesta, se aplicó una validación cruzada basada en tres métodos:

- Comparación estadística pre–post: Se analizaron los valores de los cinco indicadores mediante pruebas de significancia ($p < 0.05$), confirmando diferencias sustanciales después de la intervención.
- Validación operativa: Supervisores y

jefes de área confirmaron la aplicabilidad y sostenibilidad de los cambios introducidos.

- Validación con clientes externos: Se realizó un seguimiento posventa durante tres meses, obteniendo retroalimentación positiva sobre la consistencia del producto y la puntualidad de las entregas.

Los resultados mostrados en la Tabla 1 confirman que la propuesta cumple con los principios de eficiencia, trazabilidad, sostenibilidad y mejora continua, pilares de la competitividad del sector camaronero ecuatoriano.

4. Discusión

El análisis comparativo de los tres periodos de estudio pre intervención (septiembre–noviembre 2024), durante la intervención (diciembre 2024) y post intervención (enero–junio 2025) permite valorar de forma crítica los efectos reales de la implementación del modelo de gestión tecnológica y operativa en el departamento de cámara de frío. Los resultados obtenidos evidencian una mejora integral en todos los indicadores evaluados, validando la hipótesis de que la integración de tecnologías digitales y metodologías estandarizadas incrementa la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad del proceso.

4.1 Valoración crítica de los resultados

El incremento del cumplimiento del plan de carga, que pasó de 16.6 % a 109.17 %, demuestra una transformación estructural en la

Tabla 1: Cumplimiento de indicadores

Mes/Año	% Cumpl. Plan Carga	Tiempo Prep. Carga (min)	% Temp. Correc-ta	% Pérdida por Deterioro	Satisfacción Cliente (%)
Sep 2024	12.5 %	135	50 %	6.8 %	68 %
Oct 2024	18.75 %	128	55 %	6.5 %	70 %
Nov 2024	17.5 %	120	60 %	6.2 %	72 %
Dic 2024	16.67 %	118	62 %	6.0 %	74 %
Ene 2025	37.5 %	120	60 %	6.0 %	72 %
Feb 2025	70.83 %	90	80 %	4.5 %	78 %
Mar 2025	83.33 %	70	100 %	2.2 %	85 %
Abr 2025	85.00 %	50	100 %	1.8 %	88 %
May 2025	97.92 %	35	100 %	1.2 %	91 %
Jun 2025	109.17 %	30	100 %	0.8 %	94 %

planificación logística. Este resultado coincide con lo planteado por Arriaga-Lorenzo et al. (2023) quienes afirman que la automatización de procesos logísticos mediante software de control predictivo permite reducir la variabilidad humana y aumentar la confiabilidad del flujo operativo. Además, la integración de sensores inteligentes con sistemas interoperables mejora la transparencia y eficiencia de la cadena de frío (Zhou et al., 2025).

Sin embargo se identificó que durante el periodo inicial de implementación se presentaron leves inconsistencias en la sincronización de datos, atribuibles al proceso de adaptación del personal a la nueva plataforma.

En cuanto a la reducción del tiempo promedio de preparación de carga, que pasó de 120 a 30 minutos, se confirma el impacto positivo de la reestructuración física del área y la capacitación del personal en procedimientos estandarizados. Esto respalda las conclusiones de Womack & Jones (2003) sobre la efectividad del enfoque Lean para eliminar desperdicios y tiempos muertos. No obstante el estudio reconoce como limi-

tación que no se cuantificó de manera separada el tiempo de respuesta en condiciones de alta demanda, lo cual podría influir en la variabilidad futura del indicador.

El cumplimiento del rango de temperatura óptimo, que alcanzó el 100 %, reafirma la importancia del control automatizado y la supervisión digital continua. La OMS & FAO (2021) sostiene que la estabilidad térmica en la cadena de frío es esencial para garantizar la inocuidad de los productos de origen marino. Transformar las cadenas de suministro mediante monitoreo digital permite reducir riesgos y mejorar la seguridad alimentaria (Zhou et al., 2025).

Respecto a la reducción de pérdidas por deterioro, que descendió de 6.4 % a 0.8 %, los resultados reflejan el éxito del sistema preventivo basado en monitoreo y alarmas tempranas. Esto coincide con los hallazgos de Torres et al. (2022) quien demostró que la detección automatizada de anomalías térmicas puede reducir hasta en un 80 % las mermas por descongelamiento parcial o roturas de cadena. Sin embargo, se debe considerar que este resultado puede variar en función de la capacidad de respuesta del personal

técnico ante las alertas generadas.

Finalmente, el aumento del nivel de satisfacción del cliente, de 71 % a 94 %, muestra la repercusión directa de la modernización del sistema sobre la percepción del servicio. De acuerdo con Cardona-Contreras & Ave-daño-Briones (2023) la trazabilidad digital incrementa la confianza del cliente y consolida la reputación corporativa en mercados internacionales, lo cual se reflejó en el fortalecimiento de las relaciones comerciales durante el periodo post intervención.

4.2 Alcances y limitaciones del estudio

Los resultados alcanzados demuestran que la combinación de tecnología IoT, refrigeración ecológica y estandarización de procesos constituye un modelo de innovación aplicable en industrias de alimentos y exportación. Este enfoque integrador tiene un alto potencial de replicabilidad en otras plantas procesadoras del sector camaronero ecuatoriano y de América Latina, ya que integra eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y mejora continua.

Sin embargo, se reconocen las siguientes limitaciones:

- La investigación se desarrolló en un único centro de operación, lo que restringe la generalización de los resultados a toda la industria.
- La evaluación del desempeño humano se basó en autoevaluaciones internas, lo que podría introducir sesgos de percepción.

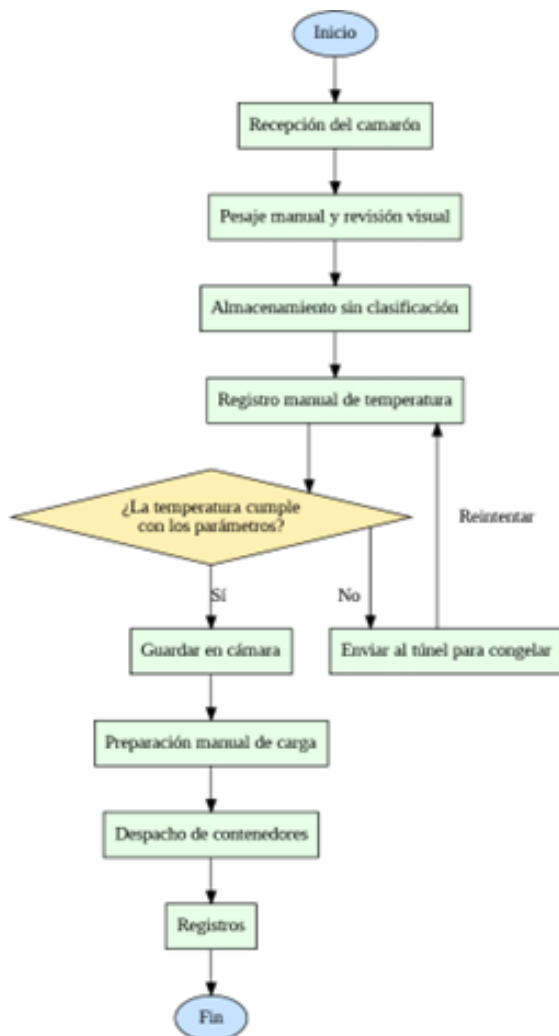
- El seguimiento post intervención abarcó solo seis meses, por lo que se recomienda ampliar el horizonte temporal en estudios futuros.

A pesar de estas limitaciones los hallazgos confirman que el modelo aplicado generó mejoras medibles, sostenibles y alineadas con los estándares internacionales de calidad (ISO, 2018), posicionando al caso de estudio como un referente técnico para la innovación en la cadena de frío camaronera ecuatoriana.

4.3 Diagrama de flujo del antes y después de la mejora

La Figura 6 muestra el proceso antes de la mejora, que comienza con la recepción del camarón, seguido por un pesaje manual y una revisión visual para verificar su estado. Luego el producto se almacena sin clasificación y se registra la temperatura de forma manual. Si la temperatura cumple con los parámetros establecidos, el camarón se guarda en cámara para su conservación. Posteriormente se realiza la preparación manual de carga, el despacho de contenedores y finalmente, se llevan los registros correspondientes. En caso de que la temperatura no cumpla con los parámetros, el camarón se envía al túnel para congelación y se vuelve a registrar la temperatura, repitiendo el ciclo. Este proceso presenta varias actividades manuales que pueden generar demoras y errores en el control de calidad.

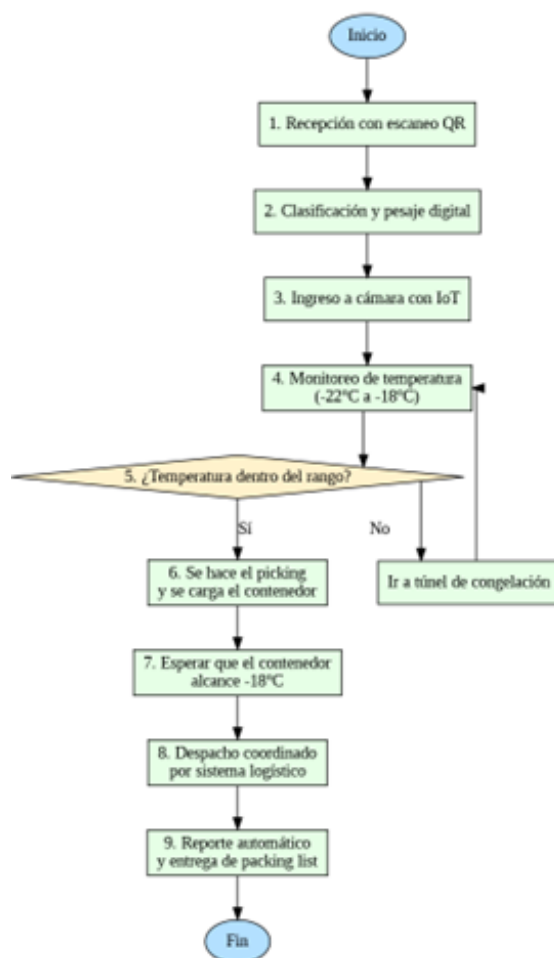
Figura 6: Proceso antes de la mejora



La Figura 7 presenta un proceso modernizado y digitalizado para el manejo del camarón. El proceso inicia con la recepción del producto mediante un escaneo de código QR, que facilita la identificación automática. Posteriormente, se realiza la clasificación y el pesaje de forma digital, mejorando la precisión y eficiencia. El ingreso a la cámara se gestiona con tecnología IoT, que permite el monitoreo constante de la temperatura dentro de un rango específico (-22 °C

a -18 °C). Si la temperatura está dentro del rango adecuado, se procede a hacer el picking y cargar el contenedor, esperando que alcance la temperatura establecida de -18 °C. Luego, el despacho es coordinado por un sistema logístico, y se genera automáticamente un reporte junto con la entrega del packing list. Si la temperatura no es adecuada, el camarón se dirige al túnel de congelación y el monitoreo se repite. Este proceso automatizado mejora la trazabilidad, el control de calidad y la eficiencia operativa.

Figura 7: Proceso después de la mejora



5. Conclusiones

- La investigación demuestra que la implementación de tecnologías de monitoreo remoto y sensores inteligentes permite una gestión más proactiva y eficiente de la cadena de frío, reduciendo pérdidas y asegurando la calidad de los productos perecederos.
- El estudio evidencia que la integración de modelos de gestión basados en datos contribuye a una toma de decisiones más informada y oportuna, fortaleciendo la trazabilidad y la seguridad alimentaria en toda la cadena de suministro.
- Se confirma que la adopción de soluciones tecnológicas no solo optimiza los procesos logísticos, sino que también apoya la sostenibilidad, al minimizar el desperdicio de alimentos y los impactos ambientales asociados.
- Finalmente, los resultados alcanzados permiten concluir que los objetivos planteados evaluar la eficiencia de la cadena de frío mediante tecnología y proponer mejoras basadas en datos fueron cumplidos, aportando evidencia concreta sobre cómo la innovación tecnológica puede transformar la gestión logística de productos perecederos.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Alcívar-Zambrano, M. F., & Cobeña-Andrade, X. A. (2022). Factores críticos de la gestión de la calidad en la industria del camarón congelado para la exportación de la provincia de Manabí, 2022 . 593 Digital Publisher CEIT, 7(4-1), 395-403. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-1.1283>
- Arriaga-Lorenzo, P., Maldonado-Simán, E., Ramírez-Valverde, R., Martínez-Hernández, P. A., Tirado-González, D. N., & Saavedra-Jiménez, L. A. (2023). Evaluación de la cadena de frío en cortes de res vendida en supermercados. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 21–30. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.02>
- Bai, L., Liu, M., & Sun, Y. (2023). Overview of food preservation and traceability technology in the smart cold chain

- system. *Foods*, 12(15), 2881. <https://doi.org/10.3390/foods12152881>
- Cardona-Contreras, E. M. & Avedaño-Briones, A. V. (2023). Análisis de la cadena logística de la exportación del camarón hacia estados unidos en el periodo 2020-2022. *Polo del conocimiento*, 8(8), 1195-1214, <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5900/14755>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications. <https://bayanbox.ir/view/236051966444369258/9781483344379-Designing-and-Conducting-Mixed-Methods-Research-3e.pdf>
- Farina, G., Kocian, A., Brunori, G., Chessa, S., Lai, M. B., Nardi, D., Schifanello, C., Bonura, S., Masi, N., Comella, S., Ambrosino, F., Mariano, A., Colizzi, L., Dimitri, G. M., Gori, M., Scarselli, F., Bonomi, S., Almici, E., Antiga, L., ... Moreschi, L. (2025). Interoperable traceability in agrifood supply chains: enhancing transport systems through IoT Sensor Data, blockchain, and DataSpace. *Sensors*, 25(11), 3419. <https://doi.org/10.3390/s25113419>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw-Hill Education. <https://es.scribd.com/document/905292221/Metodologia-de-La-Investigacion-7ma-Ed-Hernandez-Sampieri-Bibliotecadelfriki-site-1>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). Estadísticas sectoriales de exportaciones por producto. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-sectoriales/>
- International Organization for Standardization [ISO]. (2018). *Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain*. <https://www.iso.org/standard/65464.html>
- Kersten, C. C., Kerber, J. M. C., Silva, J. D. S., Bouzon, M., & De Souza Campos, L. M. (2024). Traceability in the agri-food supply chain: a new perspective under the circular economy approach. *Production*, 34. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240009>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] & Food and Agriculture Organization [FAO]. (2012). Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros - Codex alimentarius (segunda edición). <https://www.fao.org/4/i2382s/i2382s.pdf>
- Rodríguez León, A., & Quevedo Olaya, J. L. (2024). Trazabilidad en la cadena de suministro de empresas de alimentos en Latinoamérica. *Revista Científica Pakamuros*, 12(3), 73-87. <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/400>
- Torres, L. E., Romero, L. C., Holguín, E. P., Ferro, R. & Aguirre, E. A. (2022)





Implementación de un sistema de IoT para el monitoreo del riesgo climático. *Ingeniería y Competitividad*, 24(2), e20811356. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-303320220002000008&script=sci_abstract

Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* (segunda edición). *Gestión 2000*. <https://todoproyectos1.com/wp-content/uploads/2021/03/lean-thinking.pdf>

Zhou, X., Tang, J., Jacobs, T. L., & Saguy, I. S. (2025). Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies. *Trends In Food Science & Technology*, 163, 105142. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105142>

Impacto del uso de simuladores digitales en la comprensión del movimiento en la asignatura física

Impact of the use of digital simulators on the understanding of motion in the subject of physics

- 1 Karen Vanessa Bowen Moreno  <https://orcid.org/0009-0004-3054-2086>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Educación entornos digitales
kvbowenm@ube.edu.ec
- 2 Paola Vanessa Vera Cerezo  <https://orcid.org/0009-0000-5754-7275>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Educación entornos digitales
pvverac@ube.ec
- 3 Zeidy Sandra López Collazo  <https://orcid.org/0000-0001-6570-2239>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
zslopezc@ube.edu.ec
- 4 Wellington Isaac Maliza Cruz  <https://orcid.org/0009-0005-1426-583X>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
wimalizac@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/11/2025

Revisado: 11/12/2025

Aceptado: 15/01/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3646>

Cítese:

Bowen Moreno, K. V., Vera Cerezo, P. V., López Collazo, Z. S., & Maliza Cruz, W. I. (2026). Impacto del uso de simuladores digitales en la comprensión del movimiento en la asignatura física. *Ciencia Digital*, 10(2), 100-115. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3646>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Simuladores digitales, enseñanza de la física, movimiento, innovación pedagógica, aprendizaje interactivo.

Resumen: Introducción: El uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación secundaria permitió la transición de modelos tradicionales a entornos de aprendizaje dinámicos. En la enseñanza de la Física, específicamente en temas complejos como el movimiento, los simuladores digitales emergen como herramientas clave para facilitar la visualización y experimentación de conceptos abstractos. Objetivo: Determinar el impacto del uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de Movimiento en la asignatura de Física, en estudiantes de primer año de Bachillerato General Unificado. Metodología: La investigación es de tipo explicativa con un enfoque cuantitativo-experimental. Se emplearon métodos teóricos como el inductivo-deductivo para la formulación de hipótesis, y métodos empíricos mediante guías de observación y encuestas estructuradas. El análisis estadístico comparó la efectividad de los simuladores antes y después de la intervención en una población de estudiantes dividida en grupo control y grupo experimental. Resultados: Los resultados evidencian que el uso de simuladores digitales mejora la comprensión del tema de Movimiento y el desempeño académico de los estudiantes. Ambos grupos iniciaron con el mismo nivel de conocimiento; tras la intervención, el grupo experimental alcanzó un incremento de 1.68 puntos en la prueba post test, superior al aumento de 0.80 puntos del grupo control. Asimismo, se registró mayor motivación y participación, confirmando la efectividad pedagógica de los simuladores digitales para el aprendizaje significativo de la física. Conclusión: El uso de simuladores digitales establece una estrategia pedagógica eficaz para mejorar la comprensión del tema de Movimiento en Física, al favorecer un aprendizaje significativo, mayor motivación y mejor desempeño académico en los estudiantes, superando las limitaciones de los métodos tradicionales y contribuyendo al fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Área de estudio general: Educación. Área de estudio específica: Entornos digitales. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: Digital simulators, physics teaching, motion, pedagogical innovation, interactive

Abstract: Introduction: The use of Information and Communication Technologies (ICTs) in secondary education enabled the transition from traditional models to dynamic learning environments. In physics education, specifically in complex topics such as motion, digital simulators have emerged as key tools for facilitating the visualization and

learning.

experimentation of abstract concepts. **Objective:** To determine the impact of the use of digital simulators on the understanding of the topic of Motion in the subject of Physics, in first year students of General Unified Baccalaureate. **Methodology:** The research is explanatory in nature with a quantitative-experimental approach. Theoretical methods such as inductive-deductive reasoning were used to formulate hypotheses, and empirical methods were employed using observation guides and structured surveys. Statistical analysis compared the effectiveness of the simulators before and after the intervention in a student population divided into a control group and an experimental group. **Results:** The results show that the use of digital simulators improves students' understanding of the topic of Motion and their academic performance. Both groups started with the same level of knowledge; after the intervention, the experimental group achieved an increase of 1.68 points on the post-test, greater than the 0.80-point increase of the control group. Furthermore, greater motivation and participation were observed, confirming the pedagogical effectiveness of digital simulators for meaningful learning in Physics. **Conclusion:** The use of digital simulators establishes an effective pedagogical strategy to improve the understanding of the topic of Motion in Physics, by promoting meaningful learning, greater motivation and better academic performance in students, overcoming the limitations of traditional methods and contributing to the strengthening of the teaching-learning process. **General Area of Study:** Education. **Specific area of study:** Digital Environment. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

En las últimas décadas, en la educación se experimentó cambios significativos con la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). A nivel mundial, los simuladores digitales se consolidaron como herramientas clave para facilitar la enseñanza de las ciencias, especialmente en asignaturas como Física. Estas he-

rramientas permiten representar fenómenos complejos de forma interactiva, favoreciendo el aprendizaje activo y la comprensión profunda. Imbert (2022) destaca que las simulaciones promueven el pensamiento crítico y reflexivo, ya que el estudiante accede a los fundamentos teóricos al contrastar resultados experimentales mediante el juego y la competencia.

De manera complementaria, Rosales et al. (2023) subrayan que el uso de simuladores digitales se consolidó como una herramienta pedagógica eficaz para la enseñanza de la Física, ya que facilita la comprensión de conceptos complejos mediante su visualización y manipulación interactiva. En conjunto, estas perspectivas respaldan la creciente tendencia global hacia la integración de simuladores en la educación científica como medio para potenciar el aprendizaje significativo, el pensamiento crítico y la participación del estudiante.

Los simuladores digitales se presentan como una alternativa viable, ya que permiten interactuar con fenómenos físicos de forma virtual, facilitando la comprensión de conceptos complejos, promoviendo una conexión más eficaz entre la teoría y la práctica (Cumbal, 2020). Existen estudios recientes que evidencian que los estudiantes de bachillerato general unificado en Ecuador presentan niveles bajos del desempeño en la Física, particularmente en temas relacionados con el movimiento, lo que demuestra la necesidad de cambiar por metodologías innovadoras que mejoren la comprensión y generen un aprendizaje más significativo (Cabrera & Carrión, 2023).

Chávez & Mestres (2023) destacan que estas herramientas promueven el aprendizaje interactivo y el desarrollo del pensamiento crítico. Asimismo, Intriago-Alava et al. (2024) confirman su efectividad al mostrar mejoras en el rendimiento académico tras su implementación, estos hallazgos confirman la pertinencia de integrar recursos digitales

en la enseñanza de la física, en concordancia con las demandas actuales del sistema educativo ecuatoriano.

En la Unidad Educativa “Manuel Córdova Galarza” los estudiantes de primer año de Bachillerato General Unificado enfrentan dificultades para visualizar conceptos, aplicar fórmulas, relacionar la teoría con la práctica y desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

Otra limitación se atribuye, en gran medida a la ausencia de un laboratorio de ciencias que facilite el desarrollo de vivencias experimentales que refuercen el aprendizaje teórico. No obstante, la disponibilidad de un laboratorio de computación en la institución representa una oportunidad valiosa para transformar la enseñanza de las ciencias mediante la integración de recursos digitales, en particular simuladores digitales.

En este contexto, surge la necesidad de aprovechar los recursos tecnológicos disponibles para superar las limitaciones estructurales y optimizar la enseñanza de la Física en el nivel educativo referido. Por tanto, el presente artículo se centra en dar solución al siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el impacto del uso de simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento de la asignatura de física en los estudiantes del primer año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa “Manuel Córdova Galarza” ?, cuyo objeto de la investigación es el empleo de simuladores digitales en la enseñanza del tema de movimiento de la asignatura de física.

En este marco, el objetivo general que encamina la investigación consiste en determinar el impacto del uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de Movimiento en la asignatura de Física, en estudiantes de primer año de bachillerato general unificado. Este objetivo permitirá evaluar con rigurosidad en qué medida los simuladores digitales contribuyen a mejorar no solo la comprensión del tema de movimiento, sino también la capacidad de los estudiantes para visualizar conceptos, aplicar fórmulas, relacionar la teoría con la práctica y desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

En relación con el problema y el objetivo de investigación, identificados, se formula la siguiente hipótesis: “Si se determina el impacto del uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento, entonces se contribuye a perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de física del primer año del bachillerato general unificado.

Para alcanzar el objetivo general y comprobar la hipótesis planteada, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- a. Determinar los principales referentes teórico-metodológicos que sustentan el uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento.
- b. Identificar las dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión del tema de movimiento mediante métodos de enseñanza tradicionales.
- c. Elaborar actividades de laboratorio con

el uso de simuladores digitales para la comprensión del tema de movimiento de la asignatura de física.

- d. Evaluar la influencia del uso de simuladores digitales en la comprensión del tema de Movimiento la capacidad de los estudiantes para visualizar conceptos, aplicar fórmulas, relacionar la teoría con la práctica y desarrollar habilidades de pensamiento crítico en el tema de movimiento de la asignatura de física. externos.

2. Metodología

La presente investigación se realiza desde un enfoque cuantitativo caracterizándose por ser deductivo y secuencial con diseño experimental, buscando evidencias empíricas que sustenten su validez permite identificar qué tipo de simulaciones son más efectivas, cómo mejoran la comprensión, y qué estrategias de uso son más adecuadas para los estudiantes. Este diseño es adecuado cuando se busca establecer relaciones de causa y efecto entre la intervención pedagógica y resultados de aprendizaje (Hernández & Mendoza, 2018).

Este enfoque permite recopilar esos datos numéricos mediante instrumentos estructurados, como encuestas y pruebas objetivas, cuyos análisis estadísticos facilitan la comparación entre resultados obtenidos antes y después de la implementación de las actividades de laboratorio con el uso de simuladores digitales. Esta estrategia es utilizada en investigaciones educativas que evalúan la

efectividad de los recursos tecnológicos, lo que permite medir cambios en el rendimiento académico y comprensión de conceptos (Intriago-Alava et al., 2024; Chávez & Mes- tres, 2023).

Juntamente con el enfoque cuantitativo-experimental, el tipo de investigación que se utiliza es la explicativa, ya que el objetivo principal es identificar relaciones de causa y efecto entre dos fenómenos: El uso de simuladores digitales y la comprensión del tema Movimiento. La investigación explicativa busca responder a preguntas del tipo ¿por qué sucede? y ¿de qué manera influye una variable sobre otra?, lo cual se alinea directamente con el propósito de la investigación.

Se trata de explicar cómo una intervención pedagógica, lo que se concreta en el uso de simuladores digitales, puede modificar el rendimiento y la comprensión del tema de Movimiento de los estudiantes. Este tipo de investigación permitirá: Comprobar si existe una mejora significativa en el nivel de comprensión después del uso de simuladores. Analizar si el rendimiento académico se ve influenciado por el uso de herramientas digitales. Entender el mecanismo mediante el cual las TIC impactan en el aprendizaje de contenidos abstractos en física.

Asimismo, se aplicó el método inductivo-deductivo, para interpretar los aportes de investigaciones previas y formular la hipótesis a comprobar. Este enfoque lógico es clave en investigaciones que buscan explicar relaciones causa-efecto entre una intervención

y su impacto en el aprendizaje. En cuanto a los métodos empíricos, se utiliza una guía de observación que fue aplicada antes y encuesta estructurada después de la implementación de las actividades de laboratorio con el uso de simuladores digitales, para determinar el nivel de percepción y satisfacción de los estudiantes. Estos instrumentos, permiten recopilar datos cuantitativos que evidencian la aceptación y utilidad de la herramienta (Intriago-Alava et al., 2024).

De acuerdo con Hernández & Mendoza (2018) cuando se realizan diseños experimentales se aplica una prueba previa antes de la intervención y una prueba posterior después de la aplicación. Estos diseños, permiten comparar los resultados obtenidos en el grupo experimental como en el de control.

En la investigación se emplean métodos estadísticos para evaluar el impacto del uso de simuladores digitales para la comprensión del tema de Movimiento de la asignatura física en estudiantes de primer año de bachillerato general unificado, permitiendo no solo describir los datos recopilados, sino establecer relaciones que sean significativas para comparar los resultados de mejor manera, teniendo en cuenta la analítica del aprendizaje como estrategia de mejoramiento de la educación virtual.

En primer lugar, se aplica la estadística descriptiva para analizar cómo responden los estudiantes antes y después de la implementación de los simuladores digitales, como un medio para entender las características de un conjunto de datos y representar con preci-

sión la información cuantitativa del estudio.

En segundo lugar, para comprobar si existen diferencias significativas entre el rendimiento antes y después del uso de simuladores, se aplica la estadística inferencial, que permite realizar pruebas estadísticas que evalúan si los cambios observados son debidos al uso de simuladores o simplemente al azar.

Finalmente, se realiza análisis comparativo entre grupo de control y experimental, este enfoque permite contrastar los resultados obtenidos en un grupo que utiliza simuladores digitales con otro que no los utiliza, lo cual tiene sustento en recomendaciones de investigaciones recientes, como las de Intriago-Álava et al. (2024) y Chávez & Mestres (2023) quienes utilizaron estrategias similares para evaluar el impacto de recursos tecnológicos en el aprendizaje de la física.

Para ello, se emplean instrumentos que permitan recopilar y analizar información mediante herramientas de analítica del aprendizaje, considerando la interacción en los simuladores, tiempos de respuesta, frecuencia de uso y progresión en las actividades. De este modo, se aplican métodos cuantitativos y análisis comparativos que faciliten identificar cambios en el rendimiento de los estudiantes antes y después del uso de los simuladores digitales.

La población objeto de estudio está constituida por 54 estudiantes de primer año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa “Manuel Córdova Galarza” durante el período 2025–2026, divididos en

dos paralelos: A (28 estudiantes) y B (26 estudiantes). Se utiliza una muestra probabilística, conformada por el total de estudiantes para un 100 % de representatividad, distribuidos en: grupo experimental: 28 estudiantes que participan en la implementación de las actividades de laboratorio con el uso de simuladores digitales y el grupo de control: 26 estudiantes que continúan con el método tradicional de enseñanza.

Las etapas de la investigación se estructuraron en cuatro etapas principales, planificadas en correspondencia con los objetivos específicos planteados y con base en un enfoque cuantitativo-experimental, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Etapas de la propuesta



Fase de Revisión teórica y conceptual: en esta fase se abordó la fundamentación teórica del proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de movimiento en la asignatura de física, con énfasis en el uso de simuladores digitales como mediadores pedagógicos. Se revisaron enfoques didácticos actuales, estudios previos y aportes a la investigación científica, el aprendizaje significativo y la innovación pedagógica.

Fase diagnóstica: en esta fase se aplicó a ambos grupos de estudiantes una prueba diagnóstica de conocimientos (pretest) so-

bre el tema movimiento, centrada en conceptos claves, interpretación de gráficos y resolución de problemas, con el propósito de identificar las principales dificultades que enfrentan los estudiantes al aprender este tema mediante métodos tradicionales.

Fase de aplicación de la metodología: en esta fase se ejecutó la intervención pedagógica en un grupo experimental, utilizando los simuladores digitales (PhET, Educaplus, GeoGebra), con actividades prácticas guiadas y experimentales, y se contrastaron los resultados con un grupo de control que continuó con la metodología tradicional (clase expositiva, uso del libro de texto y resolución de problemas en pizarra). Se aplicó el instrumento de evaluación (prueba post test) después de la intervención para medir los niveles de participación, comprensión y rendimiento académico.

Fase de Análisis y valoración de los resultados: en esta fase se analizarán los resultados obtenidos del pre y post test de los estudiantes, mediante el análisis estadístico descriptivo: cálculo de medias, desviación estándar y frecuencias. Los resultados obtenidos sirvieron de base para las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

3. Resultados

En la determinación de los principales referentes teórico-metodológicos que sustentan el uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento se empleó el método teórico análisis documental, el cual permitió revisar y sistematizar investigaciones previas. Entre las principales las

que a continuación se refieren:

La enseñanza de la física debe trascender la mera transmisión de conocimiento técnico, buscando facilitar la comprensión de los procesos naturales y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. González et al. (2022) plantean una concepción sistémica y dinámica del proceso educativo, que integra las dimensiones física, social y epistémica del aprendizaje científico. A su vez Arredondo et al. (2020) destacan la importancia del análisis científico y estadístico para la interpretación de datos educativos y el perfeccionamiento del proceso de enseñanza.

Para Intriago-Alava et al. (2024) y Rosales et al. (2023) los simuladores digitales se presentan como instrumentos didácticos claves que facilitan la construcción activa del conocimiento, permitiendo al estudiante manipular variables y observar resultados en tiempo real, en concordancia con el aprendizaje significativo y constructivista.

El fenómeno del movimiento, entendido como el cambio de posición de un cuerpo en un sistema de referencia, abarca magnitudes físicas esenciales como la posición, velocidad y aceleración. Imbert (2022) subraya la complejidad de enseñar estos conceptos debido a su naturaleza abstracta y la necesidad de vincularlos a representaciones concretas para su comprensión plena. El empleo de simuladores digitales permite experimentar con estos fenómenos en espacios virtuales que simulan la dinámica real, facilitando una conexión tangible entre el conocimiento teórico y sus aplicaciones (Chávez & Mes-

tres, 2023).

Los simuladores digitales, concretamente aquellos basados en plataformas como PhET, se consolidó como recursos efectivos para la enseñanza experimental en física. Chávez & Mestres (2023) indican que estas plataformas ofrecen entornos seguros donde los estudiantes pueden experimentar, manipular y observar variables físicas, favoreciendo la internalización de conceptos y el desarrollo de competencias científicas. Por otro lado Cumbal (2020) evidencia que el uso de simuladores fortalece la motivación y el desempeño académico, debido a la interacción lúdica y reflexiva que los estudiantes desarrollan en este tipo de entornos virtuales.

Estos referentes demuestran el potencial de los simuladores digitales para transformar la enseñanza del movimiento al ofrecer experiencias de aprendizaje más concretas, visuales e interactivas. Esta investigación profundiza en el impacto específico del uso de simuladores digitales en estudiantes de bachillerato general unificado, con resultados que refuerzan la efectividad pedagógica de estas herramientas en la mejora de la comprensión y motivación estudiantil.

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico y con el propósito de identificar el nivel de conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema movimiento en la asignatura de física, se aplicó una prueba diagnóstica (pretest) basada en cinco preguntas conceptuales y cinco problemas numéricos, al total de 54 estudiantes de pri-

mer año de bachillerato general unificado, distribuidos en grupo experimental (28 estudiantes) y grupo control (26 estudiantes), para evaluar la comprensión inicial del tema de movimiento en física, de la cual se obtuvieron los siguientes resultados, como se muestra en la Tabla 1.

Los resultados de la prueba diagnóstica pretest aplicado a los estudiantes de primer año de bachillerato general unificado muestran que ambos grupos, experimental y control, comienzan con niveles de comprensión del tema movimiento en física similares y moderados.

Las calificaciones que obtuvieron los estudiantes del grupo experimental y del grupo control indican un desempeño intermedio, ubicado principalmente en los niveles B- y A- según la escala cualitativa del Ministerio de Educación del Ecuador (2025). Los niveles B- reflejan que los estudiantes alcanzan los aprendizajes con ciertas limitaciones, mientras que el nivel A- representa la destreza o aprendizaje alcanzado con capacidad para aplicar conocimientos de forma más autónoma y colaborativa.

Este análisis evidencia que, aunque la mayoría de estudiantes en ambos grupos poseen una base conceptual adecuada, existe un margen importante para profundizar y fortalecer el aprendizaje a partir de metodologías innovadoras.

Estos hallazgos están en línea con investigaciones previas que resaltan la efectividad de la tecnología educativa para potenciar el aprendizaje significativo en física,

Tabla 1: Puntajes promedio en la prueba pretest por grupo

Promedio cualitativo	Escala cualitativa	Grupo control	Grupo experimental	Total de estudiantes por destreza
Destreza o aprendizaje alcanzado	A+	0	1	13
Rango (9.00 – 10.00)	A-	7	5	
Alcanza los aprendizajes Rango (7.00 – 8.00)	B+	7	11	30
	B-	6	6	
Está próximo a alcanzar Rango (4.00 – 6.00)	C+	4	3	11
	C-	2	2	
Total estudiantes		26	28	54

facilitando la visualización, experimentación y comprensión de conceptos complejos, y contribuyendo a la formación integral del estudiante en entornos digitales contemporáneos. Ambos grupos inician en condiciones similares y homogéneas, lo que proporciona una base válida y garantiza condiciones equitativas para la evaluación del impacto real y efectivo del uso de simuladores digitales en el proceso de aprendizaje, permitiendo atribuir cualquier mejora posterior a la intervención pedagógica aplicada.

En la fase de aplicación metodológica, la intervención pedagógica en el grupo experimental se centró en el uso de simuladores digitales como PhET, Educaplus y GeoGebra para el aprendizaje del tema movimiento en física, mientras que el grupo de control continuó con el método tradicional de enseñanza, sustentado en clases expositivas, uso del libro de texto y resolución de ejercicios en pizarra.

Las actividades realizadas para el grupo experimental se diseñaron para favorecer la exploración, la experimentación y la interpretación de fenómenos físicos mediante entornos digitales, las cuales incluyeron:

Exploración inicial: los estudiantes interactuaron con el simulador “Movimiento en una dimensión” de PhET Interactive Simulations, observando el desplazamiento de una persona al modificar variables como posición, tiempo y velocidad, como se muestra en la Figura 2. Esta fase permitió generar la discusión grupal sobre las diferencias entre velocidad constante y aceleración. Los estudiantes compararon trayectorias y gráficos $v-t$ generados en el simulador, identificando el comportamiento del movimiento rectilíneo uniforme.

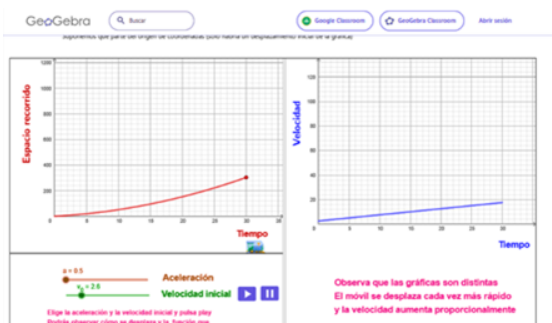
Figura 2: Simulador PhET – “Movimiento en 1D”



Construcción conceptual: mediante el simulador GeoGebra, los estudiantes representaron gráficas de posición-tiempo y velocidad-tiempo, interpretando estas afec-

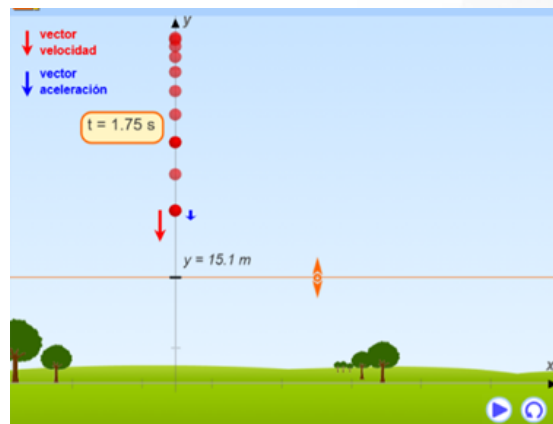
tan las gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo, como se muestra en la Figura 3. Se realizaron ejercicios para comparar visual y analíticamente los Movimientos Rectilíneos Uniforme (MRU) y Uniformemente Acelerado (MRUA).

Figura 3: Simulador GeoGebra – Gráficas de movimiento



Aplicación: utilizando el simulador Educaplus: Caída libre, los estudiantes observaron cómo la velocidad y la aceleración varían durante el descenso de un cuerpo desde diferentes alturas, como se muestra en la Figura 4. Se registraron tiempos de caída y velocidades instantáneas, comparando los resultados con los valores teóricos del modelo del MRUA.

Figura 4: Simulador Educaplus – Caída libre



Durante la aplicación de la metodología, se evidenció un incremento significativo en la motivación, participación y comprensión conceptual del grupo experimental. Los estudiantes mostraron mayor facilidad para interpretar las gráficas de movimiento, relacionar variables físicas y resolver problemas numéricos. El uso de simuladores digitales favoreció un aprendizaje más visual e interactivo, transformando la experiencia tradicional en un proceso activo y exploratorio.

La fase de análisis y valoración de los resultados constituyó el eje central de la investigación, pues permitió contrastar los datos obtenidos en el pretest y post test de ambos grupos para determinar el impacto real del uso de simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento.

Los resultados se procesaron mediante análisis estadístico descriptivo, considerando las medidas de tendencia central (media, desviación estándar). Estos valores se emplearon para comparar el progreso alcanza-

do por el grupo experimental (que trabajó con PhET, GeoGebra y Educaplus) frente al grupo de control (que continuó con la metodología tradicional).

Los resultados como se muestra en la Tabla 2, ambos grupos mejoraron significativamente su desempeño académico en la prueba post test en comparación con el pretest, reflejando avances en la comprensión del tema movimiento de la materia de física. Antes de la intervención pedagógica, los promedios de calificación del pretest reflejaban un nivel de comprensión similar entre ambos grupos, con ligeras variaciones que no resultaban estadísticamente relevantes. Sin embargo, la mejora fue mayor en el grupo experimental, que utilizó simuladores digitales, con un incremento promedio de 1.68 puntos sobre la prueba inicial, mientras que el grupo control, siguiendo la metodología tradicional, mostró un aumento de 0.80 puntos.

Dicha mejora se atribuye a la posibilidad que brindan los simuladores digitales de experimentar con variables dinámicas y visualizar fenómenos físicos en tiempo real, promoviendo un aprendizaje activo y significativo que supera las limitaciones del método expositivo tradicional. Además, el entorno interactivo facilitó la motivación, reflexión y participación colaborativa.

Estos hallazgos consolidan la hipótesis de que el uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de Movimiento, entonces se contribuye a perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asigna-

tura de física del primer año del bachillerato general unificado.

4. Discusión

Los resultados de esta investigación evidencian que la incorporación de simuladores digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema movimiento en física genera un impacto significativo en la comprensión conceptual y desempeño académico de los estudiantes de bachillerato. Esta afirmación se sustenta en el análisis cuantitativo de las pruebas pretest y post test, que muestran mejoras estadísticamente significativas en el grupo experimental que utilizó estas herramientas tecnológicas, en comparación con el grupo control que siguió la metodología tradicional.

Estos hallazgos coinciden con múltiples estudios previos que destacan el potencial de los simuladores digitales para facilitar el aprendizaje significativo a través de experiencias visuales, interactivas y experimentales que superan la abstracción propia de los conceptos físicos (Imbert, 2022; Chávez & Mestres, 2023).

El incremento del rendimiento en el grupo experimental también concuerda con lo expuesto por Cumbal (2020) y Rosales et al. (2023) quienes sostienen que las experiencias interactivas potencian la comprensión conceptual y la motivación de los estudiantes, al vincular la teoría con la práctica de manera visual y dinámica. En contraste, el grupo de control mostró mejoras limitadas, lo cual refleja las limitaciones del enfoque tradicional en la enseñanza de la física,

Tabla 2: Comparación de resultados pretest – post test

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Prueba Pretest	Grupo Control	26	7.33	1.170	5.00	9.00
	Grupo Experimental	28	7.46	1.138	5.00	9.50
Prueba Post test	Grupo Control	26	8.13	0.782	7.00	9.50
	Grupo Experimental	28	9.14	0.665	8.00	10.00

tal como lo advierten Cabrera & Carrión (2023) quienes sostienen que la enseñanza de la Física en el sistema educativo ecuatoriano aún enfrenta dificultades metodológicas que limitan la comprensión conceptual, especialmente cuando se mantiene un enfoque centrado en la transmisión de contenidos.

Desde una perspectiva metodológica, el uso de Jamovi (The Jamovi project, 2024) ,garantizó el rigor estadístico del análisis, en concordancia con los planteamientos de Arredondo et al. (2020) quienes afirman que el rigor en el análisis de datos constituye un componente esencial de la investigación científica educativa, pues posibilita interpretar los hallazgos con base en evidencias cuantitativas verificables. A nivel pedagógico, los resultados se alinean con lo establecido en la Ley Orgánica de Educación Intercultural (Presidencia de la República del Ecuador, 2011) y el currículo del bachillerato general unificado (Ministerio de Educación, 2021), que promueven la integración de recursos tecnológicos para mejorar la calidad educativa.

Cabe señalar ciertas limitaciones de la investigación, tales como el tamaño reducido de la muestra y la duración limitada de la intervención pedagógica, podrían afectar la

generalización de los resultados. Futuras investigaciones podrían ampliar el espectro de aplicación y explorar la integración de simuladores con otras metodologías activas para maximizar los beneficios.

En resumen, esta investigación aporta evidencia empírica que respalda el aprovechamiento de recursos digitales interactivos en la enseñanza de la Física, contribuyendo al desarrollo de estrategias pedagógicas innovadoras que respondan a las necesidades educativas contemporáneas y fomenten un aprendizaje más significativo y motivado.

5. Conclusiones

- El uso de simuladores digitales tiene un impacto positivo y significativo en la comprensión del tema de Movimiento en la asignatura de física en estudiantes de primer año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa “Manuel Córdova Galarza”. El uso de simuladores digitales tiene un impacto positivo y significativo en la comprensión del tema de Movimiento en la asignatura de física en estudiantes de primer año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa “Manuel Córdova Galarza”.
- Se evidenció que los métodos tradicio-

nales de enseñanza presentan limitaciones para favorecer la comprensión de conceptos y la unión entre teoría y práctica, lo que se refleja en el desempeño obtenido en la prueba diagnóstica. Ante lo cual, la integración de simuladores digitales como parte del trabajo experimental constituyó una estrategia eficaz para fortalecer la comprensión conceptual del tema de movimiento.

- Los resultados del pretest y post test demostraron una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental frente al grupo de control. Asimismo, se observó una mayor motivación, participación y pensamiento crítico durante el desarrollo de actividades virtuales interactivas.
- De esta forma, se valida la hipótesis planteada afirmando que, si se determina el impacto del uso de los simuladores digitales en la comprensión del tema de movimiento, entonces se contribuye a perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de física del primer año del bachillerato general unificado.
- Finalmente, se enfatiza la importancia de que el docente planifique actividades guiadas y alineadas a los objetivos de aprendizaje, ya que el potencial formativo de los simuladores depende de su adecuada integración didáctica. El estudio refuerza la recomendación de continuar impulsando el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las ciencias, con el propósito de conso-

lidar aprendizajes significativos y formar estudiantes con mayor autonomía y competencia científica.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Arredondo Domínguez, E. R., Gómez Cárdenas, R. E., Lalama Flores, R. V., & Chóez Chóez, L. O. (2020). Investigación científica y estadística para el análisis de datos. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(1). https://www.researchgate.net/publication/345923673_Investigacion_cientifica_y_estadistica_para_el_analisis_de_datos
- Cabrera Tituana, R., & Carrión Herrera, A.

- (2023). Desempeño en física de estudiantes de bachillerato general unificado en Ecuador: Ser bachiller, 2020-2022. *Revista Educación, Arte y Comunicación*, 12(2), 62–76. https://www.researchgate.net/publication/376664721_Desempeno_en_Fisica_de_estudiantes_de_bachillerato_en_Ecuador_Ser_bachiller_2020-2022
- Chávez Farfán, J. G., & Mestres Gómez, U. (2023). Simuladores Phet: como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje experimental de física. *Polo del Conocimiento*, 8(11), 1303–1322. <https://dialnet.unirioja.es/deescarga/articulo/9254999.pdf>
- Cumbal, P. (2020). Guía didáctica para la utilización de simuladores virtuales como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de física en los estudiantes de octavo semestre de la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales matemática y física de la Universidad Central del Ecuador en el periodo 2020-2020 [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Quito Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/ee4451d0-9487-4633-97ca-3728a3b764a6>
- González Nápoles, R. R., Ramírez González, J. A., & Valcárcel Izquierdo, N. (2022). Procedimiento didáctico para la comprensión de la formulación de problemas en la Física del preuniversitario. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 13(5), 335–362. <https://share.google/UendcZEeeCe9zM60j>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1.ª ed.). McGraw-Hill Education. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf
- Imbert, F. E. (2022). Efecto de las simulaciones de fuerza y movimiento en el aprendizaje de la física básica. *Revista Latinoamericana de Educación en Física*, 16(1), 1312-1 - 1312-6 http://www.lajpe.org/mar22/16_1_12.pdf
- Intriago-Alava, C. I., Córdova-Navia, S. B., Guaigua-Guaigua, J. M., & Garcia-Hevia, S. (2024). Estrategia didáctica basada en simuladores virtuales para fortalecer el aprendizaje de la física en el bachillerato general unificado. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 8(15), 1013-1043. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/558/922>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). Currículo Vigente. <https://educacion.gob.ec/curriculo-priorizado/>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2025). Instructivo de evaluación estudiantil. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/04/Instructivo-de-Evaluacion-Estudiantil-2025.pdf>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2011). Ley Orgánica de Educación Inter-


cultural (LOEI), Tipo norma: Ley, Número de Norma: 0, Fecha de publicación: 2011-03-31, Tipo publicación: Registro Oficial Suplemento, Estado: Reformado Número de publicación: 417, Fecha de última modificación: 2023-02-07. <https://www.educacionbilingue.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/LA-LEY-ORGANICA-DE-EDUCACION-INTERCULTURAL.pdf>

Rosales Guamán, A. V., Cuenca Cumbicos, K. M., Morocho Palacios, H. F., & Tapia Peralta, S. R. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(3), 1488-1496. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6291>

The Jamovi project. (2024). Jamovi. (Version 2.6) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>

La gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje de estudios sociales en básica superior

Gamification as a didactic strategy to motivate learning in social studies at upper basic education level

- 1 Gladys Leticia Quindil Masaquisa  <https://orcid.org/0009-0008-2969-9667>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador. Maestría en Educación con Mención en Pedagogía en Entornos Digitales
glquindilm@ube.edu.ec
- 2 Valeria Lisseth Molina Bautista  <https://orcid.org/0009-0004-4733-4101>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador. Maestría en Educación con Mención en Pedagogía en Entornos Digitales
vlmolinab@ube.edu.ec
- 3 Rainer Paul Villarreal Contreras  <https://orcid.org/0000-0002-6723-0260>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador.
rvillarrealv@ube.edu.ec
- 4 Dayron Rumbaut Rangel  <https://orcid.org/0009-0001-9087-0979>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador.
drumbautr@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/11/2025

Revisado: 11/12/2025

Aceptado: 26/01/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3647>

Cítese:

Quindil Masaquisa, G. L., Molina Bautista, V. L., Villarreal Contreras, R. P., & Rumbaut Rangel, D. (2026). La gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje de estudios sociales en básica superior. *Ciencia Digital*, 10(2), 116-139. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3647>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Aprendizaje significativo, educación básica superior, estrategias didácticas, estudios sociales, gamificación educativa.

Resumen: Introducción: en respuesta a los desafíos que enfrenta el sistema educativo contemporáneo, se plantea la necesidad de incorporar metodologías activas que atiendan los cambios sociales, tecnológicos y culturales del siglo XXI. Objetivos: el estudio tuvo como objetivo analizar la incidencia de la gamificación como estrategia didáctica en el aprendizaje de los estudios sociales en estudiantes de educación básica superior. fundamentado en la teoría constructivista, se reconoce que el conocimiento se construye a partir de experiencias significativas, pensamiento crítico y participación estudiantil. Metodología: la investigación adoptó un diseño no experimental de tipo transversal, con enfoque exploratorio y descriptivo, aplicando una encuesta estructurada a 18 educandos, validada mediante un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,878 que garantiza la fiabilidad del instrumento. Resultados: los resultados reflejaron percepciones mayoritariamente neutras respecto al uso de estrategias gamificadas y recursos interactivos, evidenciando la necesidad de fortalecer la planificación pedagógica. La discusión confirma que, cuando la gamificación es estructurada y contextualizada, dinamiza el proceso de enseñanza-aprendizaje, mejora el desempeño académico y promueve la inclusión formativa. Conclusiones: se alcanzaron los objetivos planteados al identificar fundamentos teóricos, caracterizar herramientas digitales aplicables y evidenciar el potencial transformador de la gamificación en el aula, aportando al campo de la innovación educativa y resultando de utilidad para docentes, investigadores y gestores comprometidos con el que hacer pedagógico. Área de estudio general: Educación. Área de estudio específica: Gamificación en Estudios Sociales. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: Active participation, digital platforms, educational gamification, instructional strategies.

Abstract: Introduction: In response to the challenges facing the contemporary education system, the need arises to incorporate active methodologies that address the social, technological, and cultural changes of the 21st century. Objectives: This study aimed to analyze the impact of gamification as a teaching strategy on social studies learning in upper basic education students. Based on constructivist theory, it recognizes that knowledge is built from meaningful experiences, critical thinking, and student participation. Methodology: The research adopted a non-experimental, cross-sectional design with an exploratory and descriptive approach, applying a structured survey

to 18 students. The survey was validated using a Cronbach's alpha coefficient of 0.878, guaranteeing the instrument's reliability. Results: The results reflected mostly neutral perceptions regarding the use of gamified strategies and interactive resources, highlighting the need to strengthen pedagogical planning. The discussion confirms that, when gamification is structured and contextualized, it energizes the teaching-learning process, improves academic performance, and promotes inclusive education. Conclusions: The objectives were achieved by identifying theoretical foundations, characterizing applicable digital tools, and demonstrating the transformative potential of gamification in the classroom, contributing to the field of educational innovation and proving useful for teachers, researchers, and administrators committed to pedagogical practice. General area of study: Education. Specific area of study: Gamification in social studies. Type of study: Original article.

1. Introducción

A nivel mundial, los sistemas educativos enfrentan el desafío constante de adaptarse a las transformaciones sociales, tecnológicas y culturales que configuran el siglo XXI. En este contexto, se promueve la incorporación de metodologías que favorezcan el aprendizaje significativo, la participación estudiantil y el desarrollo de competencias para la vida. Entre estas estrategias, la gamificación es una herramienta pedagógica que integra dinámicas interactivas orientadas a la estimulación del pensamiento crítico y el trabajo colaborativo.

Diversas investigaciones afirman que el uso de entornos gamificados contribuye a la apropiación de saberes y al fortalecimiento de habilidades; en el área de estudios sociales, esta metodología permite que los

estudiantes exploren contenidos históricos, geográficos y culturales mediante experiencias participativas; al respecto Sailer & Homer (2023) en su estudio resaltan el impacto positivo de recursos digitales como *Kahoot!*, *Genially* y *Minecraft Education*, utilizados para diseñar actividades que promueven la cooperación, la toma de decisiones y la resolución de problemas.

En esta línea Flores et al. (2024) aplicaron una propuesta gamificada en estudiantes de décimo año de educación general básica, evidenciando mejoras en la conducta escolar, la toma de decisiones y la reflexión argumentativa. De forma complementaria, por su parte Quiroz et al. (2022) evaluaron el impacto de la gamificación en educandos ecuatorianos de Ciencias Sociales mediante el uso de la plataforma Quizizz; su estudio evidenció que los entornos interactivos for-

talecen el compromiso estudiantil y estimulan procesos cognitivos de orden superior.

En el ámbito educativo ecuatoriano, la gamificación es reconocida como una estrategia pertinente para fortalecer el aprendizaje en Estudios Sociales; los investigadores Hurtado et al. (2024) desarrollaron una propuesta metodológica dirigida a estudiantes de décimo año, incorporando tecnologías y dinámicas lúdicas que favorecen en la participación activa, reafirmaron el valor de los entornos digitales para promover experiencias significativas.

En el sistema formativo, la gamificación potencia el aprendizaje en niveles de educación básica superior. Parrales & Jaime (2023) efectuaron una intervención en la Unidad Educativa Fiscal Enrique Guevara Galarza, concluyendo que el uso de dinámicas lúdicas fortalece la atención, la participación y la productividad en el aula. De forma complementaria García-Orellana et al. (2024) diseñaron un taller virtual con desafíos cognitivos, evidenciando que la gamificación digital estimula la memoria operativa y la resolución de problemas, estos resultados confirman que los entornos interactivos favorecen el desarrollo integral del estudiante y consolidan prácticas pedagógicas.

En este apartado se fundamenta un conjunto de teorías educativas que explican y respaldan el uso de la gamificación como estrategia didáctica para el aprendizaje en Estudios Sociales, ofrecen marcos conceptuales que permiten comprender cómo los entornos lúdicos e interactivos inciden en la cons-

trucción del conocimiento, el desarrollo de habilidades colaborativas y el fortalecimiento de la motivación estudiantil.

Desde una perspectiva epistemológica Villamar & Sánchez (2024) manifiestan que la gamificación se fundamenta en los principios del constructivismo, donde el conocimiento se construye a partir de la interacción del estudiante con el entorno gamificado, relacionándose con los contenidos históricos, geográficos y culturales, mediante propuestas que estimulan la curiosidad, el pensamiento crítico y la toma de decisiones.

“Más allá del fundamento constructivista, la efectividad de la gamificación como estrategia didáctica se sustenta en marcos motivacionales esenciales. La Teoría de la autodeterminación, desarrollada por Deci & Ryan, resulta fundamental, ya que postula que la motivación intrínseca eje central de la gamificación se nutre mediante la satisfacción de tres necesidades psicológicas básicas en el estudiante: la autonomía (la percepción de control sobre las decisiones de aprendizaje), la competencia (el logro de desafíos y la obtención de retroalimentación positiva) y la relación (la interacción social y el fomento del trabajo colaborativo). Adicionalmente, la teoría del Flujo de Csikszentmihalyi proporciona el marco para el diseño de las actividades, al enfatizar la necesidad de un equilibrio óptimo entre el nivel de habilidad del estudiante y la complejidad del reto. Cuando este equilibrio se alcanza a través de dinámicas gamificadas, el estudiante experimenta una inmersión completa en el contenido, lo cual favorece la retención

y la comprensión profunda de los procesos históricos, geográficos y sociales.”

1.1 Problema científico de la investigación

Los antecedentes expuestos ponen en evidencia diversas limitaciones que constituyen una fuente de preocupación para la gestión institucional; estas dificultades, al no ser abordadas afectan el cumplimiento de los objetivos establecidos y el desarrollo integral de la comunidad educativa.

En concordancia con lo expuesto, en la Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Calderón de la Barca”, ubicada en la ciudad de Salcedo, provincia de Cotopaxi, Ecuador, la escasa preparación de los docentes en el diseño de propuestas gamificadas constituye una barrera para la renovación metodológica en Estudios Sociales. La falta de formación especializada limita la aplicación de dinámicas en coherencia con el currículo, generando inseguridad en la planificación y una tendencia hacia esquemas tradicionales. Esta situación obstaculiza la incorporación de herramientas digitales en el aula y evidencia la necesidad de procesos formativos contextualizados que capaciten al educador en el uso pedagógico de tecnologías.

Las limitaciones tecnológicas presentes en varias instituciones educativas como la escasez de dispositivos, la conectividad inestable y la falta de plataformas funcionales dificultan la implementación de estrategias gamificadas en educación básica superior, restringiendo la posibilidad de convertir el aula en un entorno colaborativo.

La transformación de la enseñanza en educación básica superior exige superar las limitaciones metodológicas, tecnológicas y formativas que limitan el uso de estrategias gamificadas en estudios sociales, por esta razón, integrar propuestas digitales con enfoque pedagógico permite revitalizar el aula y avanzar hacia prácticas inclusivas que demandan compromiso institucional, actualización docente y acceso equitativo a recursos que vinculen el conocimiento escolar con la realidad del entorno.

1.1.1 Pregunta de investigación

Ante la situación planteada, surge la siguiente interrogante orientadora del estudio:

¿De qué manera incide la gamificación, en el aprendizaje de los estudios sociales en los estudiantes de educación general básica superior?

1.2 Importancia de la investigación

Los estudios revisados confirman que la gamificación, aplicada con fundamentos pedagógicos y herramientas digitales, se constituye en una estrategia para atender las necesidades contextuales de la educación básica superior; su integración en el aula permite superar limitaciones tradicionales, fomentar el compromiso estudiantil y promover aprendizajes significativos. En este escenario, el uso de plataformas interactivas transforma el entorno escolar, fortaleciendo el desarrollo de competencias cognitivas, sociales y emocionales, alineadas con los desafíos contemporáneos de la formación integral.

1.3 Justificación

La investigación se origina en la necesidad de transformar el aprendizaje de los estudios sociales en educación básica superior, ante los bajos niveles de desempeño evidenciados en el aula y la limitada conexión entre los contenidos curriculares y los intereses del estudiantado. Esta problemática, persistente en contextos escolares tradicionales, demanda la implementación de estrategias metodológicas que promuevan la participación activa, el pensamiento crítico y el protagonismo estudiantil, elementos esenciales para una formación integral.

La investigación plantea una alternativa metodológica poco explorada en el ámbito escolar: el uso estructurado de la gamificación como recurso pedagógico para fortalecer el vínculo entre el estudiante y los contenidos. Esta aproximación permite transformar el aula en un espacio interactivo, motivador y participativo, superando las limitaciones de las metodologías expositivas tradicionales y promoviendo experiencias de aprendizaje significativas, inclusivas y críticas.

Los beneficiarios directos son los estudiantes de octavo año de educación básica superior, quienes requieren entornos que reconozcan sus estilos cognitivos y promuevan el protagonismo en la construcción del conocimiento. El cuerpo docente se beneficia al contar con estrategias que potencian su labor pedagógica, permitiéndoles adaptar los contenidos a las realidades del grupo y fortalecer el vínculo educativo.

1.4 Objetivos del estudio

Por lo expuesto, el objetivo que se planteó fue: analizar la incidencia de la gamificación, empleada como estrategia didáctica, para el aprendizaje de estudios sociales en estudiantes de educación básica superior; para cumplir con este propósito se planteó:

- a. Identificar los fundamentos teóricos que respaldan el uso de la gamificación como estrategia didáctica en el área de Estudios Sociales en Educación Básica Superior.
- b. Determinar las características de las herramientas digitales gamificadas para su aplicación en la enseñanza de contenidos de Estudios Sociales en octavo año.
- c. Establecer la importancia de la implementación de una estrategia gamificada para el aprendizaje de los estudiantes en el área de Estudios Sociales.

2. Metodología

El estudio adoptó un diseño no experimental de tipo transversal, se observó la realidad educativa sin manipular variables, en un momento específico del proceso formativo (Guerrero, 2024). Se clasificó como una investigación aplicada, al buscar soluciones prácticas para mejorar la enseñanza de Estudios Sociales mediante estrategias gamificadas. En cuanto a su nivel, se consideró exploratoria y descriptiva permitió indagar una estrategia poco utilizada.

La modalidad de investigación fue de campo, los datos se recolectaron en el entorno escolar con la participación activa de estudiantes y docentes; para su análisis se emplearon los métodos analítico, sintético, inductivo y deductivo, que permiten descomponer los fenómenos educativos en variables y dimensiones cuantificables, integrar los resultados estadísticos en conclusiones generales a partir de datos numéricos como frecuencias y porcentajes, inferir patrones y tendencias mediante procesos inductivos y contrastar los hallazgos con los resultados obtenidos aplicando razonamientos deductivos, de modo que la estructura metodológica se articula con los objetivos planteados y asegura la pertinencia, coherencia y viabilidad del estudio.

Para el desarrollo de la investigación, se establecieron procedimientos sistemáticos que garantizan la rigurosidad metodológica y la validez de los resultados. En primer lugar, se realizó una revisión teórica sobre el uso de la gamificación en el área de Estudios Sociales, la finalidad fue sustentar conceptualmente; posteriormente, se diseñaron instrumentos de recolección de datos adecuados al enfoque cuantitativo, incluyendo encuestas estructuradas referente a las variables.

La aplicación de estos instrumentos se realizó en el contexto escolar, bajo criterios éticos y de confidencialidad, asegurando la participación voluntaria. Los datos obtenidos fueron organizados, codificados y analizados mediante técnicas estadísticas descriptivas, complementadas con análisis de contenido para interpretar las respuestas

abiertas; este procedimiento generó evidencias sobre la incidencia de la gamificación como estrategia didáctica en el aprendizaje de los estudiantes.

2.1 Población, criterios y aspectos éticos

Según el criterio de Tarrillo et al. (2024) la población se define como el conjunto de elementos que participan en el fenómeno delimitado por el problema de investigación. En el presente estudio, se conformó por los estudiantes de una institución de educación básica superior, quienes cumplen con las características fundamentales para aportar con información relevante, para la recolección de datos, se aplicó una encuesta estructurada, diseñada para captar percepciones sobre el uso de estrategias gamificadas en el área de estudios sociales.

De acuerdo con el mismo autor, la muestra corresponde a un subgrupo representativo de la población, del cual se obtienen los datos necesarios para el análisis (Tarrillo et al., 2024). En la investigación es finita, mientras el tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia, dado que los participantes fueron seleccionados considerando criterios de accesibilidad y pertinencia, en función de la disponibilidad real de estudiantes en el contexto escolar.

La muestra se conformó por 18 estudiantes de educación básica superior de la Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Calderón de la Barca”, aun cuando la institución atiende a la comunidad Unión y Trabajo y a sectores aledaños, su población estudiantil es reducida debido a las condiciones socio

geográficas y demográficas del entorno. La comunidad se ubica en las estribaciones de la cordillera central, en una zona fría y ventosa, con baja densidad poblacional y limitada cobertura educativa, factor que influye en el número de educandos matriculados en cada nivel.

A lo mencionado, se suma el carácter intercultural bilingüe de la institución, donde el 70 % de los docentes hablan español y el 30 % kichwa, siendo un factor que condiciona la organización académica y la oferta educativa. En este contexto, la muestra, aunque numéricamente pequeña, resulta representativa de la totalidad de estudiantes disponibles en el nivel objeto de estudio y suficiente para garantizar la validez del análisis, pues recoge las percepciones reales de los educandos en relación con la gamificación y su incidencia en el aprendizaje de Estudios Sociales.

Para garantizar la representatividad y confiabilidad de los datos, se utilizó la escala de Likert, que permitió medir el grado de acuerdo o frecuencia de las respuestas en relación con las afirmaciones planteadas. El cuestionario incluye la siguiente escala mostrada en la Tabla 1.

2.2 *Matriz operacionalización de variables*

La operacionalización es el proceso metodológico permite definir las variables de una investigación con claridad y especificidad, garantiza la coherencia entre el marco teórico y el diseño instrumental, facilitando la recolección de datos válidos y la interpreta-

ción rigurosa de los resultados. La operacionalización incluye la Tabla 2.

La gamificación como estrategia didáctica en Estudios Sociales es un recurso innovador que integra dinámicas de juego, retos y herramientas digitales para potenciar la participación activa, generar experiencias significativas y favorecer el aprendizaje en estudiantes de octavo año.

La Tabla 3 presenta la operacionalización de la variable dependiente “aprendizaje de Estudios Sociales” en estudiantes de octavo año de educación básica superior. Su propósito es identificar cómo la gamificación influye en la comprensión, retención, aplicación contextual y desempeño escolar de los estudiantes, a través de dimensiones e indicadores que permiten medir de manera objetiva el impacto de esta estrategia didáctica.

La operacionalización de la variable dependiente “aprendizaje de Estudios Sociales” permite analizar de manera precisa cómo la gamificación influye en el proceso educativo de los estudiantes de octavo año. A través de dimensiones como el aprendizaje gamificado, las herramientas digitales y el uso pedagógico de la gamificación, se establecen indicadores que miden la comprensión y retención de contenidos, la aplicación contextual de los temas sociales y el desempeño en actividades escolares.

En referencia a la técnica e instrumento, la encuesta es una herramienta diseñada para recoger datos de varias personas; fue aplicada para obtener información relacionada

Tabla 1: Escala de valoración por frecuencia

Valor numérico	Frecuencia	Abreviatura
5	Totalmente de acuerdo	TDA
4	De acuerdo	DA
3	Ni de acuerdo- ni en desacuerdo	NDE-NDD
2	En desacuerdo	ED
1	Totalmente en desacuerdo	TED

Nota: la escala permitió obtener datos cuantificables sobre las percepciones de los estudiantes respecto a la aplicación de la gamificación como estrategia didáctica, facilitando el análisis correlacional y descriptivo de los resultados.

Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente: la gamificación como estrategia didáctica

Objetivo	Dimensión	Indicador	Ítems para estudiantes de octavo año
1. Identificar los fundamentos teóricos que respaldan el uso de la gamificación como estrategia didáctica en el área de Estudios Sociales en Educación Básica Superior.	Estrategia didáctica	Participación activa	¿El docente aplica estrategias gamificadas (como juegos, retos o dinámicas) que promueven su interés y participación activa en clase?
		Experiencia significativa	¿Las actividades con elementos interactivos (imágenes, sonidos, botones) hacen que las clases de Estudios Sociales sean significativas?
2. Determinar las características de las herramientas digitales gamificadas para su aplicación en la enseñanza de contenidos de Estudios Sociales en octavo año.	Tecnología	Aplicaciones digitales	¿El docente utiliza aplicaciones digitales como Kahoot! ¿Y Quizizz para desarrollar las clases de Estudios Sociales?
		Aprendizaje	¿Considera que es necesario incorporar estrategias gamificadas para mejorar el aprendizaje en Estudios Sociales?
3. Establecer la importancia de la implementación de una estrategia gamificada en el aprendizaje de los estudiantes en el área de Estudios Sociales.	Estrategia gamificada	Retroalimentación pedagógica	¿Cuándo participa en actividades digitales durante la clase, el docente le brinda retroalimentación inmediata?

con las variables mediante un cuestionario compuesto por 10 preguntas (cinco de cada variable: independiente y dependiente).

La Tabla 4 muestra el resumen de este procedimiento, evidenciando que los 18 casos fueron válidos y no se registraron exclusiones, lo que asegura la integridad de la información recopilada para el análisis estadístico:

Esto refleja que todos los participantes respondieron de manera completa a los ítems del instrumento, lo cual garantiza la integridad de los datos y la confiabilidad del procedimiento estadístico. La ausencia de casos excluidos confirma que la información obtenida es sólida y adecuada para continuar con el análisis de fiabilidad del cuestionario.

La Tabla 5 presenta los resultados del análisis

Tabla 3: Operacionalización de la variable dependiente: aprendizaje de estudios sociales

Objetivo	Dimensión	Indicador	Ítems para estudiantes de octavo año
1. Identificar los fundamentos teóricos que respaldan el uso de la gamificación como estrategia didáctica en el área de Estudios Sociales en Educación Básica Superior.	Aprendizaje gamificado	Comprensión de contenidos	¿Considera usted que los recursos digitales utilizados en clase le ayudan a comprender mejor los procesos sociales, históricos y geográficos?
		Retención de contenidos	¿Usted recuerda con facilidad los contenidos cuando el docente los presenta mediante juegos, retos o competencias digitales?
2. Determinar las características de las herramientas digitales gamificadas para su aplicación en la enseñanza de contenidos de Estudios Sociales en octavo año.	Herramientas Digitales	Aplicación contextual	¿Las actividades digitales aplicadas por el profesor le permiten relacionar los temas sociales con situaciones reales de su entorno o comunidad?
		Uso de plataformas	¿Considera que el uso del libro y la explicación del docente limita su interés o comprensión en las clases de Estudios Sociales, en comparación con el uso de plataformas digitales?
3. Establecer la importancia de la implementación de una estrategia gamificada en el aprendizaje de los estudiantes en el área de Estudios Sociales.	Uso pedagógico de la gamificación	Desempeño en actividades escolares	¿Las actividades digitales que realiza en clase le ayudan a desarrollar mejor las tareas o ejercicios de Estudios Sociales?

Tabla 4: Consistencia interna resumen de procesamiento de casos

Casos	Válido	18	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	18	100,0

Nota: a. la eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento. En este caso, no hubo exclusiones, siendo válidos los 18 casos

sis de fiabilidad del cuestionario aplicado a los educadores, utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach como medida de consistencia interna.

Este indicador permite evaluar el grado de correlación entre los ítems de la escala, garantizando que el instrumento utilizado sea confiable y adecuado para medir las variables de estudio. En este caso, el valor obte-

nido ($\alpha = 0,878$) refleja una alta fiabilidad, lo que confirma que los 10 ítems incluidos en la encuesta mantienen coherencia entre sí y aportan datos consistentes para el análisis investigativo.

En términos psicométricos, un valor igual o superior a 0,70 se considera aceptable para fines exploratorios, mientras que valores superiores a 0,80 reflejan una fiabilidad sólida.

Tabla 5: Estadísticas de fiabilidad encuesta aplicada a los educadores

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
0,878	0,883	10

Nota: los valores del Alfa de Cronbach indican una alta fiabilidad interna del instrumento. El análisis se realizó sobre 10 ítems, y el coeficiente obtenido ($\alpha = 0,878$) demuestra una consistencia adecuada entre los elementos.

Por tanto, el resultado alcanzado confirma que la escala utilizada es confiable y adecuada para su aplicación en contextos educativos.

Los criterios de inclusión establecidos contemplan, en primer lugar, la participación de estudiantes que se encuentren legalmente matriculados en el octavo año de educación básica superior, garantizando la pertinencia del grupo etario y el nivel educativo en relación con los objetivos del estudio.

Asimismo, fue indispensable que la intervención se realice mediante el principio de voluntariedad, respetando la autonomía de los participantes y asegurando un entorno ético, estos parámetros permitieron delimitar con claridad la muestra y asegurar la validez del proceso investigativo.

Los criterios de exclusión contemplan, en primer lugar, a los estudiantes que no estén formalmente inscritos en el nivel educativo, garantizando la coherencia metodológica y la delimitación precisa de la muestra. Se excluyen aquellos casos que presenten dificultades severas en los procesos comunicativos, la delimitación permite preservar la validez interna y asegurar condiciones equitativas de aplicación.

Los criterios de eliminación establecidos

contemplan situaciones que comprometen la integridad del proceso investigativo. Se excluirán aquellos participantes que presenten incumplimientos reiterados en las actividades programadas, afectando la consistencia y validez de los datos obtenidos. Se considerará causal de eliminación cualquier manipulación deliberada de los instrumentos o distorsión de las respuestas, estas acciones comprometen la confiabilidad de la información y alteran los resultados del estudio.

2.3 Consideraciones éticas de la investigación

En el estudio titulado “La gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje de estudios sociales en básica superior,” es fundamental abordar de manera detallada las consideraciones éticas para garantizar la integridad hacia los participantes y el establecimiento. Por esta razón, se aseguró el estricto cumplimiento de las normativas relacionadas con la protección de datos personales.

Los participantes de la encuesta proporcionaron su consentimiento informado, asegurando que sus respuestas sean utilizadas únicamente con fines de investigación y de manera anónima, conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección de Datos vigente. Además, se obtuvo la aprobación de

la institución educativa para el uso público de su nombre y siglas, respetando todas las disposiciones legales aplicables.

Estas medidas garantizan que la investigación se realice de manera ética, protegiendo los derechos y la privacidad de todos los involucrados, y asegurando la transparencia y la legalidad en el uso de la información recopilada.

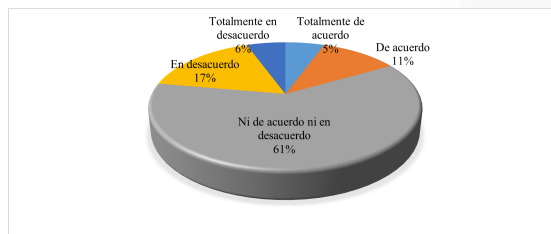
3. Resultados

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos en el cuestionario aplicado a los estudiantes de octavo año, con el propósito de analizar la percepción sobre la gamificación como estrategia didáctica en el área de Estudios Sociales. Los datos se expresan en frecuencias y porcentajes dentro de una escala Likert de cinco opciones, lo que permite observar el nivel de acuerdo o desacuerdo frente a cada uno de los ítems planteados.

Con el objetivo de evaluar el uso de estrategias digitales y gamificadas en estudios sociales, se aplicó un cuestionario de diez preguntas al estudiantado. El análisis indicó que algunas interrogantes (P1, P2, P6 y P10) generaron mayor dificultad, evidenciada en altos porcentajes de respuestas neutrales o en desacuerdo.

P1. ¿El docente aplica estrategias gamificadas (como juegos, retos o dinámicas) que promueven su interés y participación activa en clase? Visualizándose en la Figura 1.

Figura 1: Pregunta 1

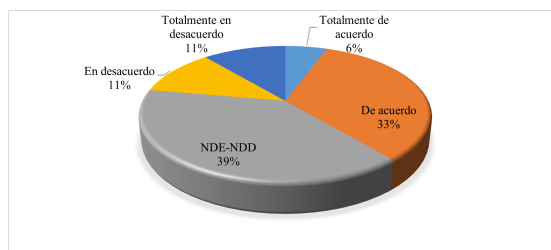


En esta pregunta, los datos obtenidos muestran que el 61 % del estudiantado se posiciona en una postura neutral (ni de acuerdo ni en desacuerdo).

Se evidencia una limitada familiaridad con este enfoque metodológico o una experiencia poco significativa en su aplicación directa. Un 17 % manifiesta desacuerdo y un 6 % expresa total desaprobación, indica que una parte del alumnado no percibe la presencia de actividades lúdicas estructuradas en el proceso de enseñanza.

P2. ¿Las actividades con elementos interactivos (imágenes, sonidos, botones) hacen que las clases de Estudios Sociales sean significativas? Visualizándose en la Figura 2.

Figura 2: Pregunta 2



En la segunda pregunta los resultados reflejan que el 39 % del alumnado mantiene

Tabla 6: Estadísticas de fiabilidad encuesta aplicada a los educadores

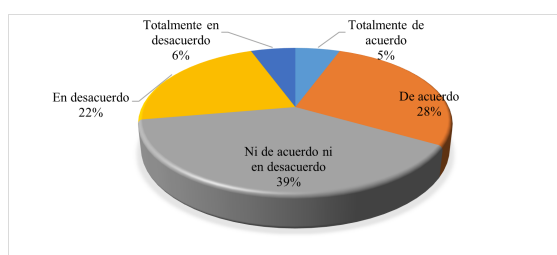
N.	Interrogantes	Alternativas										TOTAL	
		Totalmente de acuerdo		De acuerdo		Ni de acuerdo ni en desacuerdo		En desacuerdo		Totalmente en desacuerdo		F	%
		F	%	F	%	F	%	F	%	F	%		
1	Participación activa	1	6%	2	11%	11	61%	3	17%	1	6%	18	100%
2	Experiencia significativa	1	6%	6	33%	7	39%	2	11%	2	11%	18	100%
3	Aplicaciones digitales	3	17%	4	22%	9	50%	0	0%	2	11%	18	100%
4	Aprendizaje	3	17%	3	17%	7	39%	4	22%	1	6%	18	100%
5	Retroalimentación pedagógica	4	22%	3	17%	8	44%	2	11%	1	6%	18	100%
6	Comprensión de contenidos	1	6%	5	28%	7	39%	4	22%	1	6%	18	100%
7	Retención de contenidos	4	22%	3	17%	7	39%	3	17%	1	6%	18	100%
8	Aplicación contextual	3	17%	3	17%	9	50%	2	11%	1	6%	18	100%
9	Uso de plataformas	3	17%	5	28%	4	22%	5	28%	1	6%	18	100%
10	Desempeño en actividades escolares	2	11%	4	22%	9	50%	3	17%	0	0%	18	100%

Nota: Los resultados se expresan en frecuencias (F) y porcentajes (%), lo que permitió un análisis detallado de las encuestas realizadas.

una postura neutral, un 22 % (11 % en desacuerdo y 11 % totalmente en desacuerdo) no reconoce que dichas herramientas contribuyan a mejorar la experiencia educativa, su implementación podría ser esporádica o poco estructurada. En contraste, un 33 % está de acuerdo y un 6 % totalmente de acuerdo, una parte del estudiantado sí percibe que los componentes interactivos enriquecen las clases, favoreciendo la comprensión, el interés y la conexión con los contenidos.

P6. ¿Considera usted que los recursos digitales utilizados en clase le ayudan a comprender mejor los procesos sociales, históricos y geográficos? Visualizándose en la Figura 3.

Figura 3: Pregunta 6



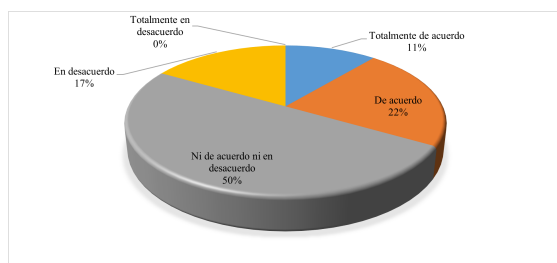
La sexta pregunta busca identificar si los estudiantes perciben que el uso de recursos digitales en el aula contribuye a una mejor comprensión de los procesos sociales, históricos y geográficos. Los resultados muestran que el 39 % de los encuestados adopta una postura neutral, reflejando una exposición limitada a herramientas con enfoque pedagógico.

Por otro lado, un 28 % está de acuerdo y un 6 % totalmente de acuerdo, indica que una parte del estudiantado reconoce que los recursos tecnológicos favorecen la interpretación de contenidos complejos en Estudios Sociales. Sin embargo, un 22 % manifiesta desacuerdo y un 6 % expresa total desaprobación, evidenciando la existencia de barreras en la implementación, por la falta de contextualización o escasa integración metodológica.

P10. ¿Las actividades digitales que realiza en clase le ayudan a desarrollar mejor las tareas o ejercicios de estudios sociales? Vi-

sualizándose en la Figura 4.

Figura 4: Pregunta 10



Un 50% de los participantes adoptó una postura neutral, lo que podría reflejar una experiencia ambigua o una falta de vinculación directa entre las herramientas digitales y los productos académicos. El 22% manifestó estar de acuerdo y un 11% totalmente de acuerdo, evidenciando que una parte del estudiantado reconoce que estas actividades facilitan la comprensión y ejecución de los ejercicios escolares. En contraste, un 17% expresó desacuerdo, manifestando que existen limitaciones en la implementación de estrategias que respondan a las necesidades del contexto educativo.

3.1 Estructura de la propuesta pedagógica

Gamificación con Educaplay para el aprendizaje interactivo en el área de estudios sociales.

Objetivo general: realizar actividades gamificadas mediante la plataforma Educaplay para fortalecer el aprendizaje de los contenidos curriculares de estudios sociales en educación básica superior, promoviendo la motivación, el pensamiento crítico, la parti-

cipación activa y el trabajo colaborativo en el aula.

3.1.1 Fases para diseñar la estrategia

El diseño de la estrategia pedagógica se desarrolla en cuatro fases: primero la fundamentación, que justifica la necesidad de transformar las prácticas tradicionales mediante gamificación; luego la planificación, se definen objetivos, duración y actividades; posteriormente la implementación, que consiste en aplicar las dinámicas gamificadas en el aula con acompañamiento docente; seguida de la evaluación, que valora el aprendizaje a través de indicadores cognitivos, actitudinales y digitales.

a) Descripción de la propuesta

La propuesta pedagógica integra recursos digitales con metodologías activas, donde cada actividad es un espacio de interacción y construcción de aprendizajes significativos. El docente asume un rol de mediador que guía la exploración, fomenta la reflexión crítica y promueve la colaboración entre pares, mientras los estudiantes desarrollan competencias cognitivas, sociales y digitales en un entorno participativo. La planificación se desarrolla en secuencias que aseguran coherencia entre objetivos, contenidos y evaluación, garantizando que el aprendizaje de Estudios Sociales se viva como una experiencia motivadora y contextualizada.

Los parámetros de valoración se estructuran en tres ámbitos que permiten observar el progreso integral del estudiantado; en el nivel intelectual, se busca que los participantes

demuestren comprensión de los contenidos y capacidad para transferir lo aprendido a situaciones interactivas. En el plano comportamental, se considera la disposición hacia las dinámicas propuestas, la constancia en la participación y la cooperación con el grupo; en el eje de habilidades tecnológicas, se analiza la destreza para desenvolverse en la plataforma digital, evidenciando autonomía y manejo adecuado de las herramientas disponibles.

La Tabla 7 presenta un conjunto de actividades gamificadas diseñadas en la plataforma Educaplay, las cuales se alinean con los contenidos curriculares de Estudios Sociales en octavo año. Estas actividades se estructuran en diferentes formatos interactivos mapas, crucigramas, juegos de asociación y cuestionarios que buscan fomentar la participación activa de los estudiantes y fortalecer su aprendizaje mediante dinámicas digitales.

Las actividades gamificadas descritas evidencian cómo la integración de recursos digitales contribuye al desarrollo de competencias cognitivas y sociales en los estudiantes. El Mapa Interactivo del Ecuador permite identificar divisiones político-administrativas, mientras que el Crucigrama de la Independencia refuerza la comprensión de hechos históricos relevantes. El Juego de Asociación: Cultura y Diversidad favorece la relación entre elementos culturales y su contexto geográfico, y el Quiz de Participación Ciudadana fortalece el conocimiento sobre derechos y deberes democráticos.

La Tabla 8 detalla el procedimiento de las actividades gamificadas diseñadas en la plataforma Educaplay, orientadas al fortalecimiento del aprendizaje en el área de Estudios Sociales para estudiantes de octavo año. Cada actividad se estructura con un tipo específico de recurso interactivo, un contenido curricular definido y un procedimiento pedagógico que guía la participación estudiantil, promoviendo la motivación, la comprensión y la aplicación práctica de los conocimientos.

Las actividades descritas evidencian cómo la gamificación se convierte en una estrategia didáctica integral que combina recursos digitales con objetivos pedagógicos. El Mapa Interactivo del Ecuador favorece la identificación de divisiones político-administrativas, mientras que el Crucigrama de la Independencia refuerza la comprensión de hechos y personajes históricos. Como se visualiza en la Tabla 9.

La Tabla 9 presenta la rúbrica de evaluación diseñada para valorar el desempeño de los estudiantes en las actividades gamificadas de Estudios Sociales. Los criterios considerados incluyen la participación en las actividades, la precisión en las respuestas, el uso de la plataforma Educaplay y la comprensión de los contenidos sociales. Cada criterio se organiza en cuatro niveles de logro excelente, bueno, regular e insuficiente que permiten medir de manera objetiva el grado de desempeño alcanzado por los estudiantes. Esta rúbrica constituye un instrumento fundamental para garantizar una evaluación justa y coherente, ya que facilita la identifi-

Tabla 7: Actividades gamificadas en Educaplay

Actividad	Tipo	Contenido	Descripción	Indicador de Evaluación
Mapa Interactivo del Ecuador	Mapa Interactivo	Organización territorial	Ubicación de regiones, provincias y capitales	Identifica correctamente las divisiones político-administrativas
Crucigrama de la Independencia	Crucigrama	Historia del Ecuador	Palabras del proceso emancipador	Reconoce hechos históricos relevantes
Juego de Asociación: Cultura y Diversidad	Relacionar Columnas	Cultura ecuatoriana	Asociación de elementos culturales con regiones o pueblos	Relaciona elementos culturales con su contexto geográfico y social
Quiz de Participación Ciudadana	Test	Ciudadanía	Preguntas sobre derechos, deberes y participación democrática	Comprende los principios de la participación ciudadana

Nota: resumen de las actividades gamificadas, cada actividad está alineada con contenidos curriculares específicos y utiliza formatos interactivos que promueven la participación activa del estudiantado.

cación de fortalezas y áreas de mejora en el proceso de aprendizaje mediante gamificación.

b) Validación de la propuesta

La propuesta “*Gamificación con Educaplay para el aprendizaje interactivo en el área de Estudios Sociales*” fue sometida a un proceso de validación a través de un cuestionario de Juicio de expertos, que contenía un cuestionario con criterios pedagógicos y metodológicos, que evaluó el propósito, el contenido, la pertinencia, y la coherencia didáctica de la propuesta. Este instrumento fue remitido junto con la versión completa de la propuesta a los especialistas, mediante correo electrónico; quienes analizaron la propuesta y su coherencia con relación al currículo nacional. El procedimiento permitió obtener una valoración sistemática, garantizando que la propuesta cumpliera con los estándares académicos requeridos.

La revisión estuvo a cargo de expertos en Educación Básica con amplia trayectoria pe-

dagógica y académica, quienes emitieron sus observaciones y recomendaciones en función de la aplicabilidad y relevancia de las actividades diseñadas. Los evaluadores destacaron la innovación metodológica de la propuesta, el uso adecuado de la plataforma Educaplay y la capacidad de las actividades para fomentar el pensamiento crítico y la participación activa de los estudiantes. Como resultado, la validación concluyó que la propuesta es viable y pertinente, constituyéndose en una estrategia pedagógica para enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje en Estudios Sociales.

La revisión realizada permitió constatar que la propuesta presenta una estructura organizada y coherente, con un lenguaje accesible que facilita la comprensión de los objetivos y resultados esperados. Los especialistas destacaron la pertinencia del contenido, al integrar la gamificación como estrategia innovadora que fortalece la enseñanza de los estudios sociales mediante el uso de recursos digitales interactivos. Asimismo, se

Tabla 8: Procedimiento de actividades gamificadas en Educaplay

Actividad 1: Mapa Interactivo del Ecuador
Tipo de actividad: mapa Interactivo
Título: “Regiones y Provincias del Ecuador”
Procedimiento: para iniciar la actividad, el docente crea un mapa interactivo en la plataforma Educaplay, incluyendo las regiones y provincias del Ecuador. Luego, comparte el enlace con los estudiantes a través del aula virtual o correo institucional. Los estudiantes acceden al recurso y seleccionan las regiones o provincias según las indicaciones. Finalmente, se realiza una retroalimentación grupal para reforzar el aprendizaje geográfico
Instrucciones: haga clic en la región o provincia que corresponde a cada nombre que aparece en pantalla.
Enlace: https://es.educaplay.com/recursos-educativos/25891404-regiones_y_provincias_del_ecuador.html
Contenido:
Sierra
Costa
Amazonia
Galápagos
Pichincha
Guayas
Azuay
Manabí
Loja
Esmeraldas



Actividad 2: Crucigrama de la Independencia
Tipo de actividad: Crucigrama
Título: “Personajes y Hechos de la Independencia del Ecuador”
Procedimiento: El docente diseña un crucigrama interactivo en Educaplay con palabras clave relacionadas con la independencia del Ecuador. Comparte el enlace con los estudiantes para que completen el crucigrama en clase o desde casa. Los estudiantes deben usar pistas para identificar personajes, hechos y conceptos históricos. Al finalizar, se realiza una reflexión grupal sobre los contenidos aprendidos.
Instrucciones: Completa el crucigrama con las palabras clave relacionadas con la independencia.

Tabla 8: Procedimiento de actividades gamificadas en Educaplay

Enlace: https://es.educaplay.com/recursos-educativos/25892181-crucigrama_independencia_del_ecuador.html
Palabras clave
SIMONBOLIVAR
ECUADOR
QUITO
CRIOLLO
LIBERTAD
GOBIERNO
GRITO
INDEPENDENCIA
BATALLADEPICHINCHA
REAL AUDIENCIA



Actividad 3: Juego de Asociación - Cultura y Diversidad

Tipo de actividad: Relacionar Columnas

Título: “Cultura y Diversidad del Ecuador”

Procedimiento: El docente crea un juego de asociación en Educaplay, relacionando elementos culturales con sus respectivas regiones o pueblos. Comparte el enlace con los estudiantes para que completen la actividad en clase o desde casa. Los estudiantes deben vincular correctamente cada manifestación cultural con su origen geográfico. Al finalizar, se realiza una retroalimentación grupal para reflexionar sobre la diversidad cultural del país.

Instrucciones: Relaciona cada elemento cultural con su región o pueblo correspondiente.

Enlace: https://es.educaplay.com/recursos-educativos/25906660-cultura_y_diversidad_del_ecuador.html

Izquierda (Elemento cultural):

Diablada de Píllaro

Shuar

Tsáchila

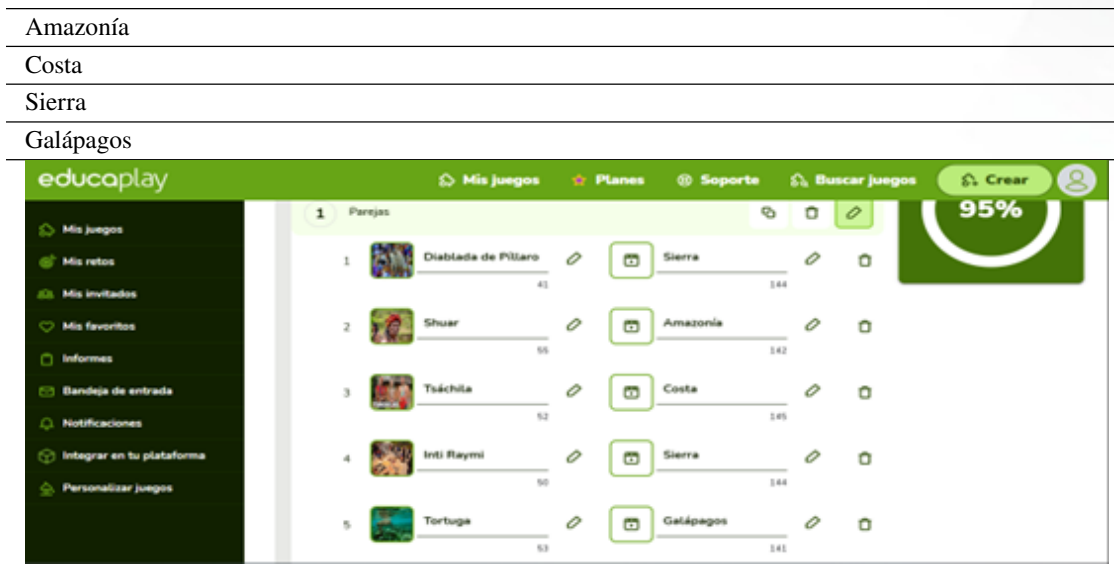
Inti Raymi

Tortuga

Derecha (Región/Pueblo):

Sierra

Tabla 8: Procedimiento de actividades gamificadas en Educaplay



Actividad 4: Quiz de Participación Ciudadana

Tipo de actividad: Test

Título: “Derechos y Deberes del Ciudadano”

Procedimiento: El docente crea un test interactivo en Educaplay con preguntas sobre derechos, deberes y participación ciudadana. Comparte el enlace con los estudiantes para que respondan seleccionando la opción correcta. Los estudiantes completan el quiz de forma individual, reflexionando sobre su rol como ciudadanos. Al finalizar, se realiza una retroalimentación grupal para reforzar los conceptos clave.

Instrucciones: Responde las preguntas seleccionando la opción correcta.

Enlace: https://es.educaplay.com/recursos-educativos/25906982-derechos_y_deberes_del_ciudadano.html



Preguntas: Preguntas para el Quiz

- | | |
|---|--|
| <p>1. ¿Qué derecho protege la libertad de expresión?</p> <p>a) Derecho a la intimidad</p> <p>b) Derecho a la educación</p> <p>c) Libertad de expresión ✓</p> <p>d) Derecho a la propiedad</p> | <p>6. ¿Qué derecho protege la educación?</p> <p>a) Sin límite de costo</p> <p>b) Educación voluntaria</p> <p>c) Solo para mayores de 70</p> <p>d) Educación gratuita y obligatoria ✓</p> |
|---|--|

Tabla 8: Procedimiento de actividades gamificadas en Educaplay

Preguntas: Preguntas para el Quiz	
2. ¿Cuál es un deber cívico básico? a) No adherirse a normas b) Pagar siempre impuestos c) Trabajar gratis d) Votar en las elecciones ✓	7. ¿Qué significa el derecho a la seguridad social? a) Acceso a prestaciones de salud y pensiones ✓ b) Solo empleo privado c) Sin cobertura alguna d) Solo pensiones privadas
3. ¿Qué garantiza la Constitución sobre la igualdad? a) Igualdad ante la ley ✓ b) Separación total de poderes c) Derecho a la violencia d) Privilegio de clase	8. ¿Qué deber implica respetar a los demás? a) Ignorar derechos ajenos b) Monopolio del poder c) Respeto a la diversidad ✓ d) Hostilidad a opiniones distintas
4. ¿Qué derecho protege la libertad religiosa? a) Exclusión de minorías b) Prohibición de religión c) Libertad de culto ✓ d) Obligación religiosa	9. ¿Qué institución organiza las elecciones en Ecuador? a) Asamblea Nacional b) Corte Suprema c) Municipios d) CNE ✓
5. ¿Cuál es un deber frente a las leyes? a) Ignorarlas si conviene b) Ignorar multas c) Cumplir las normas ✓ d) Manipular la ley	10. ¿Qué obligación tiene el ciudadano ante la propiedad ajena? a) Respetar la propiedad privada ✓ b) Confiscar bienes ajenos c) Robar sin consecuencias d) Usar sin permiso siempre

Tabla 9: Rúbrica de Evaluación

Criterio	Excelente (9-10)	Bueno (8-9)	Regular (6-7)	Insuficiente (1-5)
Participación en actividades	Participa activamente en todas	Participa en la mayoría	Participa ocasionalmente	No participa
Precisión en respuestas	Todas correctas	Mayoría correctas	Algunas correctas	Muchas incorrectas
Uso de la plataforma Educaplay	Navega y responde sin dificultad	Navega con ayuda mínima	Requiere asistencia frecuente	No logra usarla
Comprensión de contenidos sociales	Demuestra comprensión	Comprensión adecuada	Comprensión parcial	No demuestra comprensión

evidenció consistencia metodológica, considerando que los objetivos planteados guardan relación con los indicadores y resultados propuestos, otorgando credibilidad y viabilidad a la investigación.

De igual manera, la valoración de los especialistas refleja un alto nivel de conoci-

mientos teóricos, experiencia profesional y referencias de estudios similares, aspecto que respalda la validez del proceso, siendo la propuesta calificada como muy aceptable en los criterios de estructura, claridad, pertinencia y coherencia, confirmando su relevancia pedagógica y su aporte a la innova-

ción educativa.

En cuanto a las actividades diseñadas, los expertos señalaron que cada una aporta al logro de los objetivos planteados, integran contenidos curriculares con dinámicas interactivas que favorecen el aprendizaje activo. Los criterios de validación considerados fueron: pertinencia de las actividades con los objetivos de aprendizaje, integración de contenidos curriculares, fomento del aprendizaje activo, eficacia del recurso específico (ubicación geográfica y memoria visual para el mapa interactivo; conocimientos históricos y vocabulario para el crucigrama; respeto a tradiciones y comprensión intercultural para el juego de asociación; reflexión crítica sobre derechos y deberes para el quizz), y alineación con el currículo nacional.

El mapa interactivo fue valorado como un recurso eficaz para fortalecer la ubicación geográfica y la memoria visual; el crucigrama de la independencia destacó por su capacidad de afianzar conocimientos históricos y vocabulario especializado; el juego de asociación sobre cultura y diversidad fue reconocido por promover el respeto a las tradiciones y la comprensión intercultural; y el quizz de participación ciudadana recibió una valoración positiva por fomentar la reflexión crítica sobre derechos y deberes. En conjunto, los especialistas concluyeron que las actividades son pertinentes con el currículo nacional, constituyéndose en estrategias que enriquecen la enseñanza de los Estudios Sociales mediante el uso de la gamificación.

En conclusión de los expertos, la propuesta ofrece una contribución significativa para el fortalecimiento de los entornos digitales aplicados a la enseñanza de los estudios sociales. La propuesta no solo responde a las exigencias académicas de la dirección de posgrado, sino que también aporta estrategias que promueven la motivación, la participación activa y el aprendizaje significativo de los estudiantes, consolidándose como un referente de innovación pedagógica en el contexto actual.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en el cuestionario aplicado a estudiantes de educación básica superior evidencian percepciones diversas respecto al uso de estrategias gamificadas y recursos digitales en el área de estudios sociales.

El 61 % de los estudiantes se posiciona en una postura neutral respecto al uso de estrategias gamificadas por parte del docente; lamentablemente, aunque existen intentos de incorporar dinámicas lúdicas, no logro consolidarse como prácticas habituales ni generar un impacto perceptible en el estudiantado. El 23 % que expresa desacuerdo o total desaprobación refuerza esta hipótesis, evidenciando una necesidad de fortalecer la planificación y aplicación de metodologías con enfoque gamificado. Según Peñafiel et al. (2024) la gamificación al ser estructurada y contextualizada permite que los educandos la perciban como una herramienta significativa en su proceso formativo.

En relación con el empleo de recursos inter-

activos como gráficos, sonidos y botones, el 39 % del alumnado adopta una postura neutral, mientras un 22 % no identifica aportes relevantes en su experiencia educativa; sin embargo, otro 39 % manifiesta conformidad, existiendo un segmento estudiantil que valora positivamente estos componentes cuando se integran de manera planificada. En esta línea Vera et al. (2025) manifiestan que la gamificación, al ser enlazada con los contenidos del currículo y respaldada por entornos digitales interactivos, incrementa el interés y facilita su asimilación.

En cuanto a la comprensión de procesos sociales, históricos y geográficos mediante recursos digitales, se repite el patrón de neutralidad (39 %) y desacuerdo (28 %). Esto evidencia que la implementación de herramientas tecnológicas aún enfrenta barreras metodológicas, posiblemente por falta de capacitación docente, escasa planificación o ausencia de criterios pedagógicos claros. Como señala Bernal et al. (2025) la gamificación debe ir acompañada de una mediación pedagógica que permita al estudiante conectar los contenidos con su realidad y desarrollar habilidades cognitivas superiores.

5. Conclusiones

- La investigación permitió identificar el bajo nivel de implementación de la gamificación en el área de Estudios Sociales, encontrando dificultades en los procesos pedagógicos.
- El potencial teórico de la gamificación como estrategia didáctica, se relacio-

na con los contenidos curriculares y se acompaña de retroalimentación inmediata. Sin embargo, su incidencia en el aprendizaje requiere un mayor fortalecimiento de la práctica docente y de los recursos tecnológicos disponibles.

- Desde una perspectiva científica, el estudio aporta evidencia empírica sobre la pertinencia de integrar elementos lúdicos y digitales en contextos escolares ecuatorianos, favoreciendo el desarrollo de habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones, además de promover la inclusión y la participación estudiantil.
- Finalmente, los objetivos planteados fueron alcanzados en términos de identificación de percepciones estudiantiles y necesidades metodológicas, abriendo la posibilidad de futuras investigaciones y acciones institucionales orientadas a consolidar la gamificación como una estrategia pedagógica sostenible y contextualizada.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Bernal Parraga, A. P., Naguas Nagua, J. A., Villarreal Bonifaz, M. M., Santillán Sevillano, N. D. C., Reyes Ordoñez, J. P., Carrillo Baldeón, V. P., & Macas Pacheco, C. (2025). Gamificación como estrategia innovadora para promover el aprendizaje significativo en Estudios Sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1044-1061. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15860

Flores Santander, M., Chávez Silva, A., García Cobas, R., & Ortiz Aguilar, W. (2024). Estrategia didáctica de gamificación para mejorar el comportamiento escolar a través de la asignatura Estudios Sociales en la Educación Básica. *MQRInvestigar Revista Científica Arbitrada de Investigación Científica*, 8(2), 1679–1707. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.1679-1707>

García-Orellana, E., Mérelo-Torres, G., & Nayade-Caridad, R. (2024). Impacto de la gamificación digital en el desarrollo de habilidades cognitivas: un enfoque. *Polo*

del Conocimiento, 9(4), 138-171. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6927>

Guerrero Mendoza, V. P. (2024). La gamificación para el aprendizaje de Estudios Sociales en los estudiantes del sexto grado, Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa”. Loja. 2024-2025 [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Loja, Loja Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7ff8f14e-c767-4ed6-8815-75107eabe3f5/content>

Hurtado Mora, E., Medina León, A., Ruilova Cueva, M., & Flores Verdezoto, K. (2024). Gamificación como estrategia didáctica en la asignatura de Estudios Sociales de décimo año de educación básica. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia*, 9(1), 44–64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9282516>

Parrales Pincay, I., & Jaime Calderón, F. E. (2023). Gamificación como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Estudios [Tesis postgrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador] <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5136?mode=full>

Peñañiel Villavicencio, P., Ordoñez Reino, B., & Fernández Sánchez, L. (2024). El juego y la gamificación como facilitadores del aprendizaje en estudiantes. *Revista INVECOM “Estudios transdisciplinarios*

en comunicación y sociedad, 5(3), 1-10. <https://ve.scielo.org/pdf/ric/v5n3/2739-0063-ric-5-03-e050309.pdf>

Quiroz Peña, J., Rizo Vélez, J., & De La Torre Lascano, C. (2022). Impacto de la gamificación en el aprendizaje de estudiantes universitarios ecuatorianos. Estudio de caso. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 10(3), 1–15. <http://scielo.sld.cu/pdf/reds/v10n3/2308-0132-reds-10-03-e6.pdf>

Sailer, M., & Homner, L. (2023). Exploring the psychological mechanisms behind gamification. *Behavioral Sciences Quarterly*, 9(1), 33–49. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-019-09498-w>



Tarrillo Saldaña, O., Mejía Huamán, J., Dávila Mego, J., Chilón Camacho, W. M., Pintado Castillo, C. A., Tapia Idrogo, C. E., & Velez Escobar, S. B. (2024). Metodología de la Investigación: Una Mirada Global y Ejemplos Prácticos. *Ciencia Latina Internacional. Marketing*, 62, 24-8. https://doi.org/10.37811/cli_w1078

Vera Zuña, J., Mendoza Giler, M., Pinos Benavides, S., Vera Tomalá, J., & Mendoza Giler, N. (2025). Innovación educativa: Integración de gamificación y estrategias pedagógicas para niños y jóvenes. *Revista Multidisciplinaria del Saber*, 3, 1-12. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.143>

Villamar Gavilanes, M., & Sánchez Casanova, R. (2024). Explorando las bases pedagógicas de la gamificación como enfoque metodológico en la enseñanza superior. *Educación*, 33(65), 166–188. <http://dx.doi.org/10.18800/educacion.202402.e001>

Transformación digital y eficiencia operativa: análisis del impacto en la microempresa ecuatoriana

Digitalization and operational efficiency: analysis of the impact on Ecuadorian microenterprises

- 1 Merly Isabel Suarez Piña  <https://orcid.org/0009-0003-0613-6662>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
misuarezp@ube.edu.ec
- 2 Glen Freddy Robayo Cabrera  <https://orcid.org/0009-0006-9195-7423>
Universidad Bolivariana de Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Universidad de Valencia, Valencia, España. Universidad CienFuegos, Cienfuegos, Cuba.
gfrobayo@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/12/2025

Revisado: 15/01/2026

Aceptado: 02/02/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3648>

Cítese:

Suarez Piña , M. I., & Robayo Cabrera , G. F. (2026). Transformación digital y eficiencia operativa: análisis del impacto en la microempresa ecuatoriana . Ciencia Digital, 10(2), 140-156. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3648>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es> .



Palabras claves: Transformación digital, microempresas, tecnologías de la información, eficiencia operativa, innovación empresarial.

Resumen: Resumen Introducción: la transformación digital se convirtió en un factor determinante para la competitividad de las microempresas, especialmente en contextos donde predominan barreras técnicas, económicas y organizativas. En Ecuador, este sector constituye más del 90 % de las unidades productivas, pero presenta rezagos en adopción tecnológica y acceso a ecosistemas de apoyo, lo que limita su eficiencia operativa y sostenibilidad. Objetivo: analizar la transformación digital en microempresas ecuatorianas del sector comercio y servicios, identificando barreras, nivel de adopción tecnológica y estrategias orientadas a mejorar su eficiencia operativa. Metodología: se desarrolló un estudio bajo el paradigma pragmático, con un enfoque mixto, diseño no experimental, transeccional y alcance descriptivo-explicativo. Se aplicaron 200 encuestas estructuradas distribuidas en cinco bloques temáticos clave. Los datos cuantitativos fueron procesados mediante estadística descriptiva, mientras que los datos cualitativos se analizaron mediante codificación temática. Posteriormente, se formularon estrategias y se validaron a través del juicio de cinco expertos, aplicando el coeficiente de concordancia de Kendall (W). Resultados: los hallazgos evidencian un uso extendido de herramientas digitales básicas (71.5 %), presencia en redes sociales (73.5 %) y ventas en línea (61 %). Sin embargo, persisten barreras significativas como falta de conocimientos digitales (54 %), altos costos tecnológicos (66 %) y bajo apoyo institucional (22.5 %). La validación experta mostró altos niveles de consenso ($W \geq 0.75$), destacando dimensiones como actitud hacia la digitalización (5/5) y adopción tecnológica (4.6/5), mientras que apoyo institucional (3.2/5) y barreras económicas (3.6/5) recibieron las calificaciones más bajas. Conclusión: la transformación digital impacta positivamente en la eficiencia operativa de las microempresas, pero su efecto pleno depende de superar las limitaciones técnicas, financieras y de articulación institucional. Las estrategias propuestas: capacitación modular, mecanismos de financiamiento adaptado, fortalecimiento organizacional y redes de apoyo institucional, se consolidan como soluciones viables para fomentar una digitalización efectiva y sostenible. Área de estudio general: Ciencias empresariales. Área de estudio específica: Dirección de empresas / transformación digital en microempresas. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: Digital transformation, microenterprises, information technology, operational efficiency,

Abstract: Introduction: digital transformation becomes a decisive factor for the competitiveness of microenterprises, especially in contexts where technical, economic, and organizational barriers prevail. In Ecuador, this sector accounts for more than 90 % of productive units, yet it shows delays in technological adoption and access to support ecosystems, which limits its operational efficiency and sustainability. Objective: To analyze digital transformation in Ecuadorian microenterprises in the commerce and services sector, identifying barriers, level of technological adoption, and strategies aimed at improving their operational efficiency. Methodology: A study was conducted under the pragmatic paradigm, with a mixed methods approach, a non-experimental, cross-sectional design, and a descriptive-explanatory scope. Two hundred structured surveys were administered, distributed across five key thematic blocks. Quantitative data were processed using descriptive statistics, while qualitative data were analyzed using thematic coding. Subsequently, strategies were formulated and validated through expert judgment by five specialists, applying Kendall's W coefficient of concordance. Results: The findings show an extensive use of basic digital tools (71.5 %), presence on social media (73.5 %), and online sales (61 %). However, significant barriers persist, such as lack of digital knowledge (54 %), high technology costs (66 %), and low institutional support (22.5 %). Expert validation revealed high levels of consensus ($W \geq 0.75$), highlighting dimensions such as attitude toward digitalization (5/5) and technological adoption (4.6/5), while institutional support (3.2/5) and economic barriers (3.6/5) received the lowest scores. Conclusion: Digital transformation has a positive impact on the operational efficiency of microenterprises, but its full effect depends on overcoming technical, financial, and institutional coordination limitations. The proposed strategies—modular training, adapted financing mechanisms, organizational strengthening, and institutional support networks—are consolidated as viable solutions to foster effective and sustainable digitalization. General field of study: Business sciences. Specific field of study: Business management / transformation in microenterprises. Type of study: Original article.

1. Introducción

La cuarta revolución industrial o Industria 4.0, se caracteriza por la integración de la Inteligencia Artificial (IA), la analítica de datos masivos, la robótica avanzada, la computación en la nube, la tecnología *blockchain* y el Internet de las Cosas (IoT), todas ellas con un alto potencial disruptivo sobre los procesos tradicionales (Flores et al., 2021).

A nivel económico redefinió los patrones de competitividad y eficiencia; en lo social reconfiguro las formas de interacción y consumo; y en el ámbito empresarial, obligaron a las organizaciones a replantear sus estrategias para mantenerse vigentes. Aquellas que lograron adaptarse a la digitalización reportan incrementos sustanciales en productividad, eficiencia operativa y capacidad de innovación, mientras que las que se rezagan enfrentan mayores riesgos de exclusión del mercado (Prieto & Loredó, 2025). El estudio de Brito et al. (2023) señala que cerca del 70 % de estas iniciativas no alcanzan sus objetivos debido a la falta de liderazgo digital, la resistencia cultural dentro de las organizaciones y la carencia de una visión integral que abarque no solo la dimensión tecnológica, sino también la humana y organizacional.

Desde una perspectiva internacional, organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Banco Mundial reconocen a la digitalización como un motor esencial para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmen-

te en lo relacionado con el ODS 9: industria, innovación e infraestructura (Espejo et al., 2023). En consecuencia, se concibe a la transformación digital no solo como un mecanismo para incrementar la competitividad empresarial, sino también como una estrategia de desarrollo sostenible y la generación de empleo digno (Durán, 2025).

1.1 Justificación e importancia del problema científico

En América Latina las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) representan más del 99 % de las unidades productivas y aportan alrededor del 60 % del empleo formal (Bartels, 2021). Estas organizaciones, por su importancia económica y social, constituyen la columna vertebral de las economías nacionales. Sin embargo, enfrentan múltiples limitaciones estructurales que reducen su capacidad para adaptarse a las exigencias de la era digital. Las microempresas se encuentran todavía en una etapa incipiente en comparación a grandes corporaciones como la falta de competencias digitales en el personal, la resistencia al cambio organizacional, las restricciones presupuestarias y la ausencia de políticas claras de apoyo a la innovación (Banka et al., 2024).

En la pandemia del COVID-19, diversas microempresas tuvieron que suspender o cerrar sus operaciones por la imposibilidad de migrar a entornos digitales (Quinallaz, 2022). Esta situación evidenció que la digitalización no es un lujo opcional, sino una necesidad estratégica para la resiliencia empresarial.

En el contexto ecuatoriano, las microempresas representan más del 90 % de las unidades productivas registradas y contribuyen de manera significativa a la generación de empleo, en especial en sectores como el comercio, los servicios, la agricultura y la manufactura artesanal (Ortiz-Choez et al., 2024). No obstante, su rezago digital limita su competitividad frente a un mercado globalizado donde la innovación tecnológica es el factor diferenciador.

El propósito de este estudio es analizar la transformación digital en las microempresas ecuatorianas, mediante un enfoque descriptivo y analítico de sus procesos, para la determinación de su impacto en la eficiencia operativa y la competitividad empresarial y así proponer estrategias que promuevan la transformación digital en las microempresas, con base en el análisis de barreras y experiencias exitosas. Este argumento da paso a la formulación de la siguiente hipótesis:

La implementación efectiva de estrategias de transformación digital en las microempresas ecuatorianas se asocia significativamente con la mejora de su eficiencia operativa, siempre que se superen barreras como la insuficiente capacitación digital, la resistencia al cambio organizacional y los costos iniciales de adopción tecnológica.

1.2 Antecedentes del problema

En muchos casos, la falta de adaptaciones tecnológicas se reduce a una presencia básica en redes sociales o al uso de aplicaciones de mensajería, sin integrar sistemas de Planificación de Recursos Empresariales

(ERP), plataformas de comercio electrónico o soluciones de ciberseguridad (Álvarez, 2025).

Tamayo (2025) subraya que en Ecuador las microempresas enfrentan debilidades estructurales adicionales como la falta de planes de contingencia, la escasa capacitación del personal, la debilidad financiera y la limitada diversificación productiva, factores que restringen su capacidad de adaptación frente a contextos de crisis. A ello se suma la dificultad para acceder a financiamiento formal, dado que muchos de estos negocios no cumplen con requisitos contables o carecen de planes de negocio estructurados (Ortiz-Choez et al., 2024).

Otro obstáculo crítico identificado es la carencia de estrategias de ciberseguridad, lo que expone a las microempresas a riesgos de pérdida de datos, ataques informáticos y pérdida de confianza por parte de los clientes (Largo, 2025). Por su parte Ortiz et al. (2025) destaca que la insuficiente capacitación digital de los microempresarios y de sus empleados limita no solo la adopción de herramientas tecnológicas, sino también el aprovechamiento de oportunidades en mercados digitales.

A pesar de estas limitaciones se documentó experiencias exitosas en las que la digitalización permitió a las microempresas reducir costos, optimizar la gestión de clientes y expandir su alcance comercial, especialmente en ecosistemas de innovación urbana o en emprendimientos liderados por jóvenes (Banka et al., 2024). Estas evidencias sugie-

ren que, si se diseñan estrategias adecuadas de acompañamiento, capacitación y financiamiento, las microempresas ecuatorianas tienen el potencial de aprovechar las oportunidades que ofrece la economía digital.

2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo el paradigma pragmático, que permitió abordar la transformación digital en microempresas como variable independiente y la eficiencia operativa como variable dependiente, priorizando la generación de soluciones aplicadas a los problemas detectados. Se adoptó un enfoque mixto, combinando la aplicación de encuestas estructuradas y la validación mediante juicio de expertos, lo que permitió triangular resultados y garantizar mayor rigor científico (Cutanda-López, 2021).

El estudio tuvo un alcance descriptivo-explicativo: describió el estado actual de la transformación digital en microempresas ecuatorianas del sector comercio y servicios a su vez, explicó las barreras que limitan su desarrollo, así como su relación con la eficiencia operativa (Ocampo, 2023). El diseño fue no experimental, transeccional y de campo, ya que no se manipularon variables, sino que estas se observaron en su contexto natural en un único momento temporal.

La población estuvo conformada por microempresas ecuatorianas de los sectores comercio y servicios, considerando su peso en el tejido productivo y en la generación de empleo. Según Fernández-Ronquillo & Romero-Cárdenas (2015) “definen a las microempresas (RIMI) como negocios popu-

lares que tienen ingresos de \$ 20.000 a \$ 300.000 (p.14)”.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, tomando en cuenta la disposición de los participantes y la accesibilidad al campo de estudio. Finalmente, se aplicó una encuesta estructurada a 200 microempresarios, número potencial que permitió obtener información suficiente para el análisis descriptivo y exploratorio que permiten identificar patrones, tendencias y percepciones vinculadas a la transformación digital.

2.1 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con base en el enfoque metodológico, la ejecución práctica de la investigación se estructuró en cuatro fases que guiaron el proceso desde la aplicación de los instrumentos hasta la organización e interpretación de los datos.

- a. **Recolección empírica:** se aplicó una encuesta estructurada a 200 microempresarios, que consto de cinco dimensiones relacionadas a: Adopción digital básica/presencia en línea, barreras técnicas/económicas, disposición/actitudes hacia la digitalización, capacidades, liderazgo/toma de decisiones y ecosistema de apoyo e inversión. Esta etapa permitió captar datos tanto cuantitativos como cualitativos en base a la observación sobre el nivel de adopción tecnológica, los procesos internos y las estrategias organiza-

cionales vinculadas a la transformación digital, siendo temas claves para el levantamiento de información de este estudio en base a los datos cuantitativos.

b. Procesamiento y análisis de datos:

los datos cuantitativos fueron analizados mediante estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central) con el fin de identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables.

c. Formulación de estrategias:

esta fase se centró en la formulación de estrategias orientadas a fomentar la transformación digital en las microempresas, tomando como base las barreras estructurales, organizativas y tecnológicas detectadas durante el análisis. Estas propuestas se fundamentan en los hallazgos empíricos obtenidos y buscan aportar soluciones prácticas, viables y contextualizadas para mejorar la eficiencia operativa mediante una digitalización efectiva, con el objetivo de fortalecer la eficiencia operativa de las microempresas mediante la adopción digital.

d. Validación por expertos:

la propuesta fue evaluada por un panel de cinco especialistas en transformación digital y gestión empresarial. Los criterios de selección incluyeron formación académica de cuarto nivel, experiencia comprobada y participación en proyectos de digitalización. La validación se estructuró en base a las cinco dimensiones claves del estudio, donde el experto

valoró la propuesta mediante una escala ordinal, y para medir el grado de consenso se aplicó el Coeficiente de Concordancia de Kendall (W) (Ecuación 1), técnica estadística no paramétrica idónea para validar juicios colectivos sobre variables (Castillo & Villanueva, 2024).

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum T} \quad (1)$$

2.2 Aspectos éticos

La investigación cumplió con los principios éticos de consentimiento informado, confidencialidad y respeto a la autonomía de los participantes. Antes de la aplicación de la encuesta dirigida a los microempresarios, se informó a los participantes sobre los objetivos del estudio y se garantizó que su participación fuera voluntaria. Asimismo, se protegió la identidad de los informantes y se aseguró el uso exclusivo de los datos con fines académicos. El protocolo fue revisado y aprobado por el comité científico de la institución académica donde se desarrolló el programa de maestría.

3. Resultados

Los resultados de la encuesta aplicada a 200 microempresarios muestran una adopción digital básica consolidada. El 74 % de los encuestados son mujeres, predominando el sector comercio (57 %) y servicios (20.5 %). El 71.5 % utiliza de manera constante herramientas digitales, mientras que un 73.5 % promociona sus productos en redes socia-

les y el 61 % ya vende mediante plataformas de comercio electrónico, pero en base a las 5 dimensiones abarcadas en el levantamiento de información, se identificaron barreras críticas en dos dimensiones abordadas que son, barreras técnicas/ económicas, identificando como problemática la falta de conocimiento (54 %), dificultad de integrar la tecnología (45.5 %), los costos de herramientas digitales (66 %) y la falta de presupuestos para capacitaciones (89 %), a su vez, la segunda dimensión se relaciona con el apoyo institucional e inventarios, identificando falencia bajas en la fomentación de capacitaciones digitales (39.5 %), poco apoyo institucional (32 %), falencia de asesorías externas (8 %), falta de participación en programas de digitalización (22 %) y la no inversión en tecnología (33 %), estos datos, reflejan que la falta de compromiso en procesos tecnológicos es crítica y se aleja en gran medida de una estabilidad tecnológica microempresaria, como se muestra en la Tabla 1.

Los resultados obtenidos evidencian que la mayoría de las microempresas ecuatorianas avanzaron principalmente en la adopción digital básica, a través del uso de redes sociales, mensajería instantánea y plataformas de comercio electrónico. Esta tendencia coincide con lo señalado por Banka et al (2024) y Álvarez (2025) quienes sostienen que dichas herramientas constituyen el punto de partida más accesible para la integración digital de las micro y pequeñas empresas en América Latina. En este sentido, los datos del presente estudio confirman que, aunque las iniciativas de digitalización aún son inci-

pientes, estas contribuyen significativamente a la ampliación de mercados, la optimización de procesos comerciales y la mejora de la visibilidad empresarial.

Sin embargo, persisten barreras técnicas y económicas estructurales que condicionan el éxito de la transformación digital. Más del 50 % de los microempresarios encuestados reportó deficiencias en competencias digitales, mientras que un 66 % identificó los altos costos tecnológicos como el principal obstáculo para adoptar soluciones digitales avanzadas. Estos hallazgos son consistentes con los estudios de Ortiz-Choez et al (2024) quienes enfatizan que la falta de formación tecnológica y la limitada capacidad financiera son los factores más restrictivos en el proceso de modernización de las microempresas ecuatorianas. La coincidencia entre estos resultados refuerza la necesidad de políticas públicas orientadas a fortalecer las capacidades digitales y el acceso a crédito productivo.

Otro hallazgo relevante se relaciona con la actitud positiva hacia la digitalización, observada en más del 90 % de los encuestados, quienes manifestaron disposición para capacitarse y adoptar nuevas herramientas. Este resultado representa un activo intangible de alto valor, ya que la disposición al cambio es un elemento clave para la innovación organizacional. En línea con Tamayo (2025) la actitud proactiva de los emprendedores puede convertirse en un catalizador para la resiliencia empresarial, siempre que se acompañe de formación y asesoramiento técnico contextualizado.

Tabla 1: Resumen de resultados relevantes de la adopción digital básica en microempresas

Dimensiones	Indicador	Porcentaje (%)
Perfil y Adopción digital básica	Mujeres empresarias	74
	Uso de herramientas digitales	71,5
	Promoción en redes sociales	73,5
	Ventas por e-commerce	61
	Sector comercio	57
Barreras Técnicas y económicas	Falta de conocimiento	54
	Dificultad para integrar tecnología	45,5
	Costo de herramientas digitales	66
	Sin presupuesto para capacitación	89
Disposición a la digitalización	Interés en herramientas digitales	93
	Adopción con apoyo técnico	90
	Transformación es esencial	91
	Digitalización como oportunidad	94,5
Formación y liderazgo digital	Tiene líder digital	76
	Toma decisiones técnicas	60,5
	Sabe resolver problemas tecnológicos	71,5
	Fomenta capacitación digital	39,5
Apoyo institucional e inversión	Percibe apoyo institucional	32
	Recibió asesoría externa	8 participan en programas de 22 digitalizaciones
	No invirtió en tecnología	33

Nota: resultados de la encuesta a 200 microempresarios.

En el bloque de barreras técnicas y económicas, el 54 % reporta falta de conocimientos digitales, el 66 % señala el costo de la tecnología como obstáculo y apenas un 11 % cuenta con presupuesto para capacitación. Estos datos confirman que la falta de capital humano especializado y los altos costos de implementación y mantenimiento limitan la digitalización como se muestra en la Tabla 2.

Los datos más críticos muestran porcentajes altos, evidenciando una problemática latente, con respecto a la adopción de la tecnología a microempresarios, revelando que el 54 % muestra una falta de conocimientos en términos de barreras técnicas y económicas, el 45.5 % presenta dificultades para integrar tecnologías en sus departamentos empresariales, 66 % muestra que uno de los proble-

mas más críticos se asemeja a los elevados costos de implementación y adquisición de tecnología, 89 % la falta de presupuesto para capacitaciones del personal, 39.50 % falta de capacitación digital, 32 % el déficit de apoyo institucional entre entidades, 8 % a la falta de asesorías externas, 22 % falta de participación en programas de digitalización y por último el 33 % no existen inversiones de tecnología en las microempresas, también se idéntica que más de la mitad invirtió menos de \$100 en procesos de digitalización, lo que refleja una desconexión significativa con programas públicos o privados de apoyo. Estos puntos, son claves para la optimización de procesos y sobre todo la incorporación y adopción de nuevos inversionistas, para mantener la calidad de los procesos.

Tabla 2: Principales barreras técnicas/ económicas y apoyo institucional e inversión reportadas por microempresarios

Problemas identificados	Porcentaje %
Falta de conocimientos en barreras técnicas y económicas	54 %
Dificultad para integrar nuevas tecnologías	45.5 %
Costos elevados	66 %
Déficit presupuestario para capacitaciones	89 %
Falta de capacitaciones digitales	39,5 %
Déficit de apoyo institucional	32 %
Falencia de asesorías externas	8 %
Falta de participación en programas de digitalización	22 %
No hay inversión en tecnología	33 %

Nota: base en los resultados de la encuesta a 200 microempresarios

3.1 Transformación digital en eficiencia operativa y competitividad

En términos de transformación digital se puede considerar como un motor que rediseña la eficiencia operativa y posicionamiento de manera estratégica en las diferentes organizaciones modernas, por ello en la Tabla 3 se desglosan las distintas dimensiones claves de estos procesos que se vinculan estrictamente en la adopción de herramientas tecnológicas que mantienen resultados tangibles en la productividad y gestión de los recursos, partiendo de un análisis exhaustivo de factores como la automatización de la contabilidad y digitalización de los servicios al cliente, demostrándose una disminución drástica en los errores manuales o pérdidas de documentos, lo cual, hace que se optimicen los tiempos de respuesta en la operatividad y atención. Estas funciones convergen a una alta competitividad empresarial, que se constituye como una relación de confianza y fidelidad en el mercado, a su vez, mantiene una innovación constante y precautela la seguridad de la información de la empresa.

3.2 Propuesta

En contraste a la propuesta reflejada en la Tabla 4 se hace énfasis a una ruta estratégica con el propósito de mitigar brechas tecnológicas en los sectores microempresariales, en base a soluciones prácticas frente a los desafíos identificados y a un mundo altamente tecnológico en la actualidad, por lo cual, la propuesta cuenta con una estructura de ocho dimensiones críticas que abarcan desde las herramientas de bajo costo para empezar y que precauteles fortalecimiento del ecosistema institucional como también las acciones a abordar con el uso de software Bajo suscripción como lo es (SaaS), programas de vinculación académica y por ende las capacitaciones microLearning que comprometen la estabilidad financiera de las microempresas, que permita el éxito en base a una tecnología digital y expansión del negocio.

El análisis integrado de las encuestas y la validación experta muestra que las microempresas ecuatorianas poseen un potencial significativo de transformación digital, susten-

Tabla 3: Operatividad y competitividad

Características	Causa	Impacto operativo	Competitividad empresarial
Automatización de procesos.	Integración de software contables.	Optimiza costos y tiempo operativo, agilizando en un 70 % los procesos administrativos y errores manuales.	Mejora la imagen ante proveedores y clientes mejorando los servicios financieros y de atención.
Contacto de clientes y gestión.	Redes sociales, WhatsApp Business, páginas web.	Mejora el tiempo de respuesta mejorando la trazabilidad de pedidos con chat automáticos.	Fidelización y valor de la marca, fomentando la retención de clientes.
Visibilidad de marca.	Marketing	Reduce la dependencia de local físico y ayuda al posicionamiento y reconocimiento del local a nivel nacional.	Expansión de mercado.
Cultura y talento	Capacitación digital y liderazgo al experimentar nuevas herramientas.	Mejora el desempeño laboral	Intensiva la innovación de manera sostenible.
Gestión de riesgo	Integrar sistemas de Back-up en la nube.	Asegura la continuidad operacional y reduce el riesgo de pérdida de información.	Mejora la confianza de los clientes e intensifica la credibilidad con la microempresa al mantener estándares de seguridad digital.

Nota: tabla operativa y competitividad en base al levantamiento de información, análisis y observación de procesos en microempresas.

tado en su alta disposición al cambio (5.0) y fuerte adopción tecnológica inicial (4.6).

3.3 Validación por expertos

La propuesta metodológica fue evaluada por un panel de cinco especialistas con trayectoria en transformación digital, gestión de microempresas y políticas públicas, seleccionados con base en formación de cuarto nivel y experiencia profesional comprobada.

La valoración se efectuó mediante una escala ordinal del 1 al 5, donde:

1 = Deficiente, 2 = Regular, 3 = Bueno, 4 = Muy Bueno, 5 = Excelente.

Se evaluaron cuatro criterios: pertinencia, claridad, coherencia y relevancia como se detalla en la Tabla 5.

La validación de la propuesta por parte de

cinco expertos aportó solidez y fiabilidad a los resultados empíricos. Las valoraciones más altas se concentraron en las dimensiones de adopción tecnológica (4.6/5), actitud hacia la digitalización (5.0/5) y ventaja competitiva (4.6/5), lo que demuestra un consenso técnico sobre el potencial transformador de la digitalización para incrementar la eficiencia operativa y la competitividad empresarial. Estas coincidencias reafirman lo planteado por Prieto & Loredó (2025) y Brito et al. (2023) quienes argumentan que la incorporación estratégica de tecnologías digitales incrementa la adaptabilidad organizacional y la sostenibilidad económica.

En contraste, las valoraciones más bajas correspondieron a las dimensiones barreras económicas (3.6/5) y apoyo institucional / ecosistema digital (3.2/5), evidenciando la debilidad del entorno estructural en el que

Tabla 4: Propuesta estratégica de implementación para microempresarios sobre aspectos tecnológicos

Dimensión	Estrategia	Propuesta	Acciones Claves
1. Adopción tecnológica.	Adopción de tecnológica progresiva, enfocado en soluciones digitales accesibles (facturación electrónica, POS, plataformas de ventas y gestión) de manera gratuita o a bajo costo.	Kit digital de inicio rápido	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar atención automatizada a nuevos clientes, que estén pre configuradas en herramientas potenciales como WhatsApp business y chatbot. • Adoptar la factura electrónica por medio de herramientas gratuitas o de bajo costo. • Uso de la nube con el fin de guardar y gestionar documentación colaborativa.
2. Barreras técnicas.	Consolidar un programa integral de asistencia técnica y soporte post implementación, que garantice la funcionalidad y sostenibilidad de las soluciones digitales adoptadas.	Programa “digital de vinculación de jóvenes”	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir capacitaciones para que incentive el desarrollo del negocio con mención en tecnología y optimización de procesos. • Participar en programas universitarios que le de valor al negocio e integre la intervención de universitarios en tecnología.
3. Barreras económicas.	Diseñar mecanismos de financiamiento adaptados al perfil microempresarial, combinando crédito digital, cofinanciamiento público-privado y leasing tecnológico.	Crear un modelo de suscripción y economía colaborativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de software como servicios (SaaS) con pagos mensuales que varían entre 15y20, para no comprar licencias caras. • Gestionar fondos para proyectos de innovación tecnológica.
4. Actitud hacia la digitalización.	Consolidar una cultura digital empresarial, basada en liderazgo adaptativo, gestión del cambio y formación motivacional en innovación.	Taller de Digitalización tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Acudir a campañas de sensibilización sobre beneficios digitales. • Crear comunidades de práctica y aprendizaje entre microempresarios. • Desarrollar programas de liderazgo digital con enfoque motivacional.
5. Capacidades organizacionales/ Talento humano.	Implementar un modelo de formación modular y certificación en competencias digitales para propietarios y personal operativo.	Incorporar el MicroLearning	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar módulos de capacitación en TIC, marketing digital y ciberseguridad. • Contratar personal especializado en el uso de herramientas tecnológicas.
6. Mejora de procesos.	Promover la automatización y digitalización de los procesos internos, fortaleciendo la eficiencia administrativa y la gestión de clientes.	Digitalización de puntos críticos	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar la adopción de ERP y CRM adaptados al segmento micro.
7. Ventaja competitiva.	Desarrollar un modelo de posicionamiento digital y comercialización online que incremente la competitividad y la proyección de marca.	Estrategia de geolocalización comercial entre microempresarios	<ul style="list-style-type: none"> • Crear estrategias de marketing digital personalizadas para la microempresa, que ayude a expandirse. • Promover la inserción en plataformas de e-commerce y marketplaces. • Implementar la geolocalización en redes o páginas web del negocio.
8. Apoyo institucional / Ecosistema digital.	Fortalecer el ecosistema interinstitucional de apoyo a la digitalización, articulando esfuerzos entre Estado, academia y sector privado.	Red de alianza local	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer convenios universitarios de Transformación digital para MIPYMES que ayuden a autocapacitarse y obtener nociones estratégicas por parte de la nueva generación profesional. • Participar en proyectos de innovación con financiamiento compartido entre microempresarios

Nota: en base a los datos obtenidos en la Tabla 2

operan las microempresas. Esta situación se alinea con Espejo et al. (2023) quienes

Tabla 5: valoración

Valor	Criterio cualitativo	Descripción
1	Deficiente	El indicador no cumple con el criterio propuesto.
2	Regular	Cumple parcialmente; requiere ajustes importantes.
3	Bueno	Cumple adecuadamente; admite mejoras menores.
4	Muy Bueno	Cumple adecuadamente
5	Excelente	Cumple plenamente con el criterio evaluado.

Fuente: Ocampo (2023).

destacan que la limitada articulación de las políticas de innovación con las necesidades reales del sector productivo constituye uno de los principales desafíos de la digitalización en América Latina. La falta de acompañamiento institucional y la escasez de incentivos económicos continúan restringiendo el alcance de los procesos de transformación digital en el país como se detalla en la Tabla 6.

Dado a la suma de los rangos obtenemos un total $\sum R_i = 75$, al desfragmentar esta expresión con la Ecuación 2.

$$R = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{75}{5} = 15 \quad (2)$$

y al calcular la suma de cuadrados de desviación $n=5$ con la fórmula $S = \sum (R_i - R)^2$, se obtiene un resultado de $S=212$ el cual ayuda a ser plasmado para poder realizar el Cálculo de W-Kendall (Ecuación 3).

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12(212)}{5^2(5^3 - 5)} = \frac{2544}{25(125 - 5)} = \frac{2544}{3000} = 0,848 \quad (3)$$

Al realizar esta fragmentación de la fórmula

de Kendall, obtenemos un resultado de $W=0.84$, que equivale a un nivel alto de concordancia entre los cinco expertos que evaluaron las propuestas, cabe mencionar que al obtener valores superiores a 0,7 se los considera aceptables para una validación de criterios, evidenciando la consistencia de las valoraciones y la validez metodológica del instrumento. Según la escala de Juna (2025) este valor corresponde a una concordancia sustancial, lo que respalda la confiabilidad de los resultados y la aplicabilidad práctica de las estrategias evaluadas.

El análisis evidencia un alto consenso (coeficiente de Kendall $W \geq 0.84$), con valoraciones promedio de 4.6 en adopción tecnológica, 5.0 en actitud hacia la digitalización, 4.4 en mejora de procesos y 4.6 en ventaja competitiva. En contraste, las dimensiones de apoyo institucional/ecosistema digital (3.2) y barreras económicas (3.6) recibieron las valoraciones más bajas.

Finalmente, las estrategias propuestas que incluyen programas de capacitación modular, mecanismos de financiamiento adaptado a la escala microempresarial, talleres de gestión del cambio organizacional, manuales de procesos digitales estandarizados y redes

Tabla 6: valoración

Dimensión/Criterio	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Promedio total (1-5)	Nivel
Adopción tecnológica	4.0	4.8	4.4	4.8	4.6	Muy alto
Barreras técnicas	3.6	3.6	3.6	3.8	4.2	Alto
Barreras económicas	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	Alto
Actitud hacia la digitalización	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	Muy alto
Capacidades organizacionales / Talento humano	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	Alto
Mejora de procesos	4.0	4.2	4.2	4.2	4.4	Alto
Ventaja competitiva	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	Muy alto
Apoyo institucional / Ecosistema digital	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	Moderado

Nota: los promedios se calcularon a partir de las valoraciones individuales de los cinco expertos, conforme a los criterios definidos.

de articulación interinstitucional se consolidan como una respuesta práctica, viable y contextualizada frente a las brechas identificadas. Su validación técnica y su anclaje empírico las posicionan como una ruta integral para promover la digitalización sostenible de las microempresas ecuatorianas, fortaleciendo su capacidad de innovación, resiliencia y eficiencia operativa.

4. Conclusiones

- La investigación permitió evidenciar que la transformación digital constituye un factor decisivo para la sostenibilidad y competitividad de las microempresas ecuatorianas. El análisis empírico realizado demostró que, si bien existe un nivel significativo de adopción digital básica y una amplia disposición hacia la innovación tecnológica, las limitaciones estructurales, económicas y organizativas siguen representando un obstáculo relevante para avanzar hacia procesos de mayor complejidad y valor agregado.
- En correspondencia con el objetivo general, se logró analizar la relación entre la transformación digital y la eficiencia operativa, mostrando que la primera incide positivamente en la segunda cuando se articulan estrategias de capacitación, financiamiento y acompañamiento técnico. Asimismo, se cumplieron los objetivos específicos: se identificaron las principales barreras que frenan la digitalización, se evaluó el grado de implementación de tecnologías en procesos clave y se formularon estrategias contextualizadas que aportan soluciones viables y aplicables al entorno de las microempresas.
- El principal aporte científico del estudio radica en la integración de un enfoque mixto que combina datos cuantitativos y cualitativos, junto con la validación experta, lo cual permitió construir una propuesta metodológicamente robusta y adaptada al contexto local. A nivel práctico, se ofrecen lineamientos estratégicos que pueden servir de base para diseñar políticas públicas, programas de apoyo institucional y modelos de gestión empresarial orientados a la digitalización inclusiva de las microempresas.

- La digitalización representa una oportunidad histórica para redefinir el modelo productivo de las micro y pequeñas empresas ecuatorianas. Si se consolida mediante una política integral que combine formación, financiamiento y acompañamiento institucional, la transformación digital puede convertirse en el principal motor de innovación, competitividad y equidad empresarial en el siglo XXI.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

Prieto Alborno, I. V., & Loredó Mendoza, A. (2025). Factores que inciden en la productividad empresarial en entornos di-

gital. *Perspectiva Revista Científica de Economía*, 1(1), 16–52. <https://doi.org/10.56469/PRCE.V1I1.1925>

Ocampo Alvarado, A. M. (2023). Efectos de la transformación digital en el sector contable y financiero en Ecuador. *Ciencia y Educación*, 4(11), 42–52. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10212374>

Álvarez Alpízar, O. C. (2025). Estrategia para el mejoramiento de la gestión y la competitividad empresarial mediante el uso de TIC: PYMEs de servicios odontológicos en Tres Ríos, Cartago [Tesis de posgrado, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/10669/102752>

Banka, M. S., Andrade, R. D. de, Tien, N. H., Trai, D. V., & Tinh, N. H. (2024). La cooperación de corporaciones públicas con empresas privadas de nueva creación en todas las etapas de su ciclo de vida. *Brazilian Journal of Development*, 10(6), e70679. <https://doi.org/10.34117/bjdv10n6-051>

Bartels Ortega, T. (2021). El rol de la Agencia Universitaria para la Gestión del Empeñamiento (AUGE) en la innovación e internacionalización de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). País: Costa Rica [Tesis de posgrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184282>

Brito Bautista, S. M., Naranjo Navas, N. N., Remache Alarcón, B. S., & Quishpe Alarcón, S. A. (2023). El Liderazgo

- y la Comunicación Digital. Dos cauces de un mismo fin. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6491-6507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5801
- Castillo Inche, C. H., & Villanueva Quispe, E. V. (2024). Transformación digital de los noticieros televisivos y su impacto social en Cerro de Pasco, 2023 [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – UNDAC, Capital Minera de Cerro de Pasco, Perú]. [https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9262557](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Transformaci%C3%B3n+digital+de+los+noticieros+televisivos+y+su+impacto+social+en+Cerro+de+Pasco&btnG=21(2), 45–66. <a href=)
- Fernández-Ronquillo, M., & Romero-Cárdenas, E. (2015). Estructuración de la microempresa establecida en el sector comercial de la ciudad de Milagro, Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 8(14), 21-29. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663828004.pdf>
- Flores Arocutipa, J. P., Manrique Nugent, M. A. L., Serna Silva, G. J., & Aybar Bellido, I. E. (2021). Liderazgo en tiempos de 4ta revolución industrial. *Revista Venezolana de Gerencia*. 26(96), 1096-1107. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.96.7>
- Juna Pozo, L. P. (2025). Importancia de la investigación científica en los profesionales quiteños y el gusto en su profesión analizado por la prueba de concordancia Kappa de Cohen. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 8017–8029. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V9I2.17522
- Largo Piedrahita, J. A. (2025). Estrategias de ciberseguridad para la protección de la infraestructura cibernética de las (PYMES), mediante el estudio de vectores de ataque para fortalecer la seguridad informática [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá, Colombia]. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/75474>
- Cutanda-López, M. T. (2021). Método mixto de investigación: pertinencia y dificultades en el estudio programas de reenganche. *Caribeña de Ciencias Sociales*, 31–48. <https://doi.org/10.51896/CARIBE/MGUI5478>
- Durán Mero, R. A. (2025). Transformación digital en las pymes ecuatorianas: desafíos y oportunidades. *Revista Científica Multidisciplinaria en Ciencias Sociales y Humanidades Eucken*, 1(1), 40-58. <https://revistaeucken.com/index.php/home/article/view/transformacion-digital-pymes>
- Espejo Villar, L. B., Lázaro Herrero, L., & Álvarez López, G. (2023). Digitalización educativa y aprendizaje móvil: tendencias en las narrativas políticas de los organismos internacionales. *Foro de Educación*,

Ortiz-Choez, G., Constantine-Castro, J., Martillo-Mieles, O., & Silva-Idrovo, R. (2024). Las PYMES en el Ecuador y su participación en el PIB. *Digital Publisher CEIT*, 9(2), 736–743. <https://doi.org/10.33386/593DP.2024.2.2273>

Ortiz Valverde, K., Quirós Fonseca, F., González Villalobos, P., & Esquivel Montero, N. (2025). Desarrollo de las capacidades empresariales de las pymes del sector industrial en el cantón de Pérez Zeledón, período 2024-2025 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/11056/33459>

Quinallaz Arango, M. Z. (2022). Caracterización de los efectos producidos por la problemática socio económica surgida durante la pandemia del COVID 19 en la comuna 8 del municipio de Armenia en los años 2020 y 2021 [Tesis de pregrado, Escuela Superior de Administración Pública CETAP, Armenia, Colombia]. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/items/82c04ef0-da4b-4aa2-ad8d-2034da1db755>

Tamayo Freire, J. A. (2025). Estudio de los factores determinantes para la creación de emprendimientos y/o microempresas en el sector turístico de conocimiento de la naturaleza en el cantón Tulcán de la provincia del Carchi [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar – Sede Ecuador, Quito, Ecuador]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/10498>

Análisis del riesgo de la titulación de grado considerando factores académicos y administrativos mediante dashboard interactivos

Risk analysis of undergraduate degrees considering academic and administrative factors using interactive dashboards

- 1 Johanna Mariuxi González Arias  <https://orcid.org/0009-0004-2938-7111>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Duran, Ecuador. Maestría en Gestión y Análisis de Datos con mención en Inteligencia de Negocios.
jmgonzaleza@ube.edu.ec
- 2 Carlos Hernán Suárez Barragán  <https://orcid.org/0009-0000-7779-3297>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Duran, Ecuador. Maestría en Gestión y Análisis de Datos con mención en Inteligencia de Negocios.
chsuareszb@ube.edu.ec
- 3 Jorge Luis Charco Aguirre  <https://orcid.org/0000-0002-0099-0345>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Duran, Ecuador.
jlcharcoa@ube.edu.ec
- 4 Dayron Rumbaut Rangel  <https://orcid.org/0009-0001-9087-0979>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Duran, Ecuador.
drumbautr@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/12/2025

Revisado: 15/01/2026

Aceptado: 11/02/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3598>

Cítese:

Gonzalez Arias, J. M., Suárez Barragán, C. H., Charco Aguirre, J. L., & Rumbaut Rangel, D. (2026). Análisis del riesgo de la titulación de grado considerando factores académicos y administrativos mediante Dashboard interactivos. *Ciencia Digital*, 10(2), 157-170. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3598>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: riesgo, dashboard educativos, titulación universitaria, analítica de datos, análisis predictivo.

Resumen: Resumen Introducción: la educación superior en el territorio ecuatoriano se enfrenta a escenarios de complejidad en cuanto a procesos académicos y administrativos previos a la titulación de grado, influenciado por el cumplimiento de requisitos, las modalidades de estudios y la creciente demanda estudiantes para ciertas carreras. Objetivo: analizar el riesgo de la titulación en el nivel de grado mediante la integración de factores académicos y administrativos, utilizando herramientas interactivas de análisis de datos, para identificar tempranamente los casos en riesgo y proponer estrategias institucionales que optimicen el proceso de titulación. Metodología: la metodología aplicada fue de enfoque mixto de carácter no experimental y retrospectivo centrado en la recolección de información de dataset anonimizado de datos estudiantiles cuya muestra de fue de 604 registros. Resultados: se identificó que los factores administrativos y los factores académicos que influyen significativamente en la aptitud del estudiante para acceder al proceso de titulación de grado. El análisis cualitativo y cuantitativo permitió establecer el nivel del riesgo potencialmente alto en estudiantes que presentan retrasos. A través del dashboard diseñado para este estudio, fue posible visualizar los riesgos y facilitar la toma de decisiones institucionales de manera oportuna y preventiva. Conclusión: se determina que aplicando un análisis de riesgo anticipado dentro de la gestión académica en carreras con alto número de estudiantes matriculados permite identificar aquellos con problemas previo a la titulación para aplicar una correcta decisión a nivel de dirección académica. Área de estudio general: Analítica de datos. Área de estudio específica: Análisis del Riesgo. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: Risk analysis, educational dashboards, university degrees, data analytics, predictive analytics.

Introduction: higher education in Ecuador faces complex scenarios regarding academic and administrative processes prior to undergraduate graduation, influenced by the fulfillment of requirements, study modalities, and the growing student demand for certain programs. Objective: to analyze the risk of undergraduate graduation by integrating academic and administrative factors and using interactive data analysis tools to identify at-risk cases early and propose institutional strategies to optimize the graduation process. Methodology: the methodology applied was a mixed approach, non-experimental and retrospective, focused on the collection of information from an

anonymized dataset of student data, with a sample of 604 records. Results: the administrative and academic factors that significantly influence student suitability to access the undergraduate graduation process were identified. Qualitative and quantitative analysis made it possible to establish the level of potentially substantial risk in students who present delays. Using the dashboard designed for this study, it was possible to visualize risks and facilitate timely and initiative-taking institutional decision-making. Conclusion: it was determined that applying early risk analysis within academic management in programs with a high number of enrolled students allows students with problems prior to graduation to be identified, enabling appropriate decisions to be made at the academic management level. General Area of Study: Data Analytics. Specific Area of Study: Risk Analysis. Type of Study: Original article.

1. Introducción

La educación superior en el territorio ecuatoriano se enfrenta a escenarios de complejidad en procesos académicos y administrativos previos a la titulación de grado, con el cumplimiento de requisitos, las modalidades de estudios y la creciente demanda estudiantil para ciertas carreras constituye un elemento decisivo que marcan un precedente para anticipar el éxito o riesgo académico.

La gestión adecuada de los procesos garantiza que se cumplan con los requisitos favoreciendo desarrollo académico fluido dentro de los plazos establecidos, además que integra el fortalecimiento institucional al mantener la tasa de titulación elevada requerimiento importante dentro de los procesos de acreditación de las carreras ante el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES) en Ecuador

para garantizar la mejora continua de los procesos académicos.

La literatura reciente evidencia una brecha en el sistema educativo en la aplicación de herramientas tecnológicas integradas, capaces de combinar datos académicos y administrativos para predecir, mitigar o minimizar el riesgo de titulación (Acosta et al., 2024), sin embargo ante la existencia de sobre cómo predecir, hay una brecha en herramientas que logren mitigar mediante acciones automatizadas basadas en datos administrativos.

El proceso de titulación universitaria emerge como el hito culminante de la trayectoria académica, funcionando como un mecanismo de validación de los conocimientos, habilidades y competencias adquiridas por el estudiante a lo largo de su carrera (Mendoza et al., 2024).

La falta de mecanismos predictivos en etapas tempranas perpetúa un ciclo donde los problemas académicos o administrativos se identifican tardíamente dando como resultados estudiantes que abandonan los estudios al llegar a la titulación.

Según los autores Morales et al. (2025) uno de los factores entre los estudiantes que incrementan la brecha es la falta de manejo de plataformas educativas y de gestión académica la falta de dispositivos adecuados y la conectividad limitada dificultan la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Por otra parte, es válido mencionar que las universidades y otras instituciones de educación superior en Ecuador se expandieron rápidamente. Sin embargo, este crecimiento, provocado por el aumento de la población y la demanda, no estuvo acompañado de una supervisión efectiva ni de estándares de calidad (Macías et al., 2025).

Se puede señalar que la utilización de herramientas interactivas que apoyan la toma de decisiones estratégicas anticipando y prediciendo posibles riesgos que sirven como modelo de control preventivo (Zamora et al., 2019). A fin de que permita tratar la información de manera adecuada y acorde a las necesidades institucionales que este requiere.

Para el autor un dashboard es una herramienta de representación visual de la información más importante y necesaria para lograr los objetivos de forma consolidada y organizada en una sola pantalla cada vez

más utilizados en la inteligencia de negocios (Quiguanas & Arias, 2024).

El análisis de datos educativos con aprendizaje automático permite identificar estudiantes en riesgo desde etapas tempranas, facilitando intervenciones dirigidas que mejoran la retención y el éxito en la titulación de pregrado (Villalobos-Murillo et al., 2025).

El uso de Dashboard en el ámbito educativo permite integrar información académica y administrativa para interpretar de manera clara y oportuna los niveles de riesgo estudiantil. La visualización consolidada en una sola interfaz facilita la identificación de patrones, alertas tempranas y brechas de desempeño asociadas al proceso de titulación, lo que resulta clave para instituciones que enfrentan problemáticas de rezago académico y baja eficiencia terminal. Asimismo, estos entornos visuales posibilitan el seguimiento continuo de cohortes y carreras, orientando la priorización de intervenciones y la asignación de recursos institucionales con un enfoque preventivo y trazable.

El desarrollo de modelos matemáticos aplicados a la analítica educativa requiere una definición rigurosa del fenómeno de estudio, la selección de variables relevantes y un tratamiento de datos coherente con los supuestos estadísticos. La construcción del modelo debe complementarse con procesos de entrenamiento, validación cruzada y evaluación mediante métricas como precisión, sensibilidad, Área Bajo la Curva (AUC) y error, garantizando así su capacidad predic-

tiva.

En el marco de la educación basada en resultados o en sus siglas en inglés OBE (*Outcome-Based Education*), los resultados de aprendizaje pueden definirse y evaluarse tanto a nivel de curso como de programa. En esta perspectiva, los resultados de los cursos contribuyen al logro de los resultados del programa y su integración se realiza mediante una actividad clave denominada mapeo curricular. Para apoyar la implementación de OBE y documentar eficazmente las actividades de evaluación educativa, se desarrollaron diversas herramientas computarizadas (Namoun & Alshantqi, 2021).

La reproducibilidad del modelo se asegura a través de protocolos metodológicos, documentación adecuada y pruebas en distintos subconjuntos de datos y periodos temporales.

En este contexto, la toma de decisiones basada en información visual analizada mediante Dashboard constituye un soporte estratégico para la gestión académica institucional. Al integrar alertas, tendencias y comparativos por carrera, periodo y cohorte, se facilita la implementación de acciones oportunas como tutorías focalizadas, ajustes en la carga académica y optimización de trámites administrativos. De esta manera, la institución puede asignar recursos de forma eficiente, monitorear el impacto de las intervenciones y retroalimentar sus políticas académicas con el objetivo de mejorar los indicadores de titulación y retención estudiantil.

Respecto a esto el autor menciona que el

Sistema de Detección Temprana (EDS) desarrollado en este trabajo emplea diversas técnicas de aprendizaje automático, incluyendo redes neuronales, árboles de decisión y los algoritmos, para identificar características que distinguen a los estudiantes en riesgo de abandonar. La combinación de estos métodos permite mejorar significativamente la precisión de las predicciones y adaptarse a diferentes contextos universitarios (Berens et al., 2018).

En cuanto a la tasa de titulación y retención estudiantil en las Instituciones de Educación Superior (IES) (Mendoza et al., 2024), representa uno de los indicadores sustanciales que miden los procesos de acreditación de las instituciones, aunque actualmente ellas cuentan con su propio sistema de gestión académico carecen comúnmente de sistemas predictivos de información que son ideales para complementar y mejorar la tasa de éxito en la titulación de grado.

Finalmente comprender cómo los estudiantes perciben las políticas institucionales y los apoyos disponibles a lo largo de su trayectoria académica es un aspecto ampliamente reconocido por la literatura contemporánea en educación. Este tipo de percepciones influye de manera significativa en la equidad del aprendizaje, la permanencia estudiantil y el bienestar en los entornos formativos. Además, atender las particularidades de cada recorrido académico favorece entornos más inclusivos y fortalece la gestión del conocimiento.

2. Metodología

La presente investigación se ajustó con un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para abordar de manera integral el problema estudiado. Desde la perspectiva cuantitativa, se realizó la recolección y análisis de datos numéricos y estructurados provenientes de expedientes estudiantiles, con el propósito de identificar patrones, probar relaciones y cuantificar la capacidad predictiva de los modelos aplicados. En el componente cualitativo, se exploraron datos de otro programa similar y de otras carreras sobre el estado del proceso de titulación.

El estudio fue de tipo descriptivo-explicativo y de carácter analítico, al buscar no solo caracterizar la población, las variables académicas y administrativas relevantes, sino también explicar su relación con el éxito en la titulación y desarrollar el análisis adecuado que permitan detectar tempranamente el riesgo académico. El diseño de investigación fue no experimental y retrospectivo, pues no se manipularon variables, sino que se analizaron datos históricos de estudiantes egresados.

La población estuvo constituida por los expedientes de estudiantes de grado del periodo octubre 2024 – abril 2025. Se incluyeron los casos con expedientes completos y registros académicos actualizados, y se excluyeron aquellos con información incompleta o en estado de abandono. Como técnicas de recolección de datos se utilizaron la revisión documental y la extracción de infor-

mación institucional bajo estrictos criterios de anonimización y confidencialidad correspondiente y el cumplimiento de las normas éticas para el tratamiento de datos personales y académicos de los estudiantes.

Para el análisis de datos de los dataset escogidos se llevó en tres fases:

- a. Extracción, limpieza y anonimización de datos sensibles de estudiantes, además de la eliminación de campos innecesarios para el estudio.
- b. Validación y declaración de variables para identificar los niveles de riesgos estudiantiles.
- c. Integración de todos los dataset a un solo conjunto de datos para utilizarlo en la herramienta interactiva que generará el dashboard que servirá para para visualizar la información.
- d. Creación de modelo de machine learning basado en regresión logística en Python.
- e. Comparación de valores obtenidos en el dashboard con el modelo de machine learning para sustento matemático de resultados.

Los dataset escogidos, que se visualizan en la Tabla 1, permitieron realizar el análisis de los datos para esta investigación. Durante el proceso de depuración, se determinó que la variable Total del monto adeudado no era relevante para los objetivos del estudio, debido a que se centró en la información

Tabla 1: Descripción de los campos del dataset

Variable	Descripción	Estado
Estado de la titulación	Esta es la variable principal, indica el estado final del proceso de titulación del estudiante.	Sustentado, no ingresa a titulación pendiente de sustentación
Estado de Pago	Variable administrativa que describe la situación financiera del estudiante en relación con sus obligaciones con la institución.	Al día y pendiente de cuotas
Total del monto adeudado	Variable numérica que representa el total de dinero adeudado por el estudiante.	Se elimina el campo al ser irrelevante para el análisis.
Materias vistas	Cantidad de asignaturas que el estudiante curso en el periodo académico.	Valores entre 1 y 21 depende del programa oscila entre 18 a 21 máximo.
Materias aprobadas	Número de asignaturas que el estudiante aprobó.	Valores entre 1 y 21 depende del programa.
Materias reprobadas	Número de asignaturas que el estudiante reprobó.	Valores entre 1 y 21 los factores por financieros, o descuido de estudios.

Nota: Dataset extraído del repositorio académico de la Instrucción de Educación Superior IES.

relacionada con las materias cursadas, aprobadas y reprobadas y estado de pago de los estudiantes.

Para definir las variables asociadas al riesgo de titulación, en este estudio se establecieron niveles específicos que permiten categorizar dicho riesgo en alto, medio y bajo. Estos umbrales fueron definidos cuidadosamente por los autores a partir del análisis de los factores académicos y administrativos relevantes, tal como se detalla en la Tabla 2.

Esta clasificación facilita una evaluación más precisa y contextualizada del riesgo para la toma de decisiones mediante paneles interactivos.

En este estudio se empleó medidas calculadas en la herramienta Power BI para optimizar el análisis de datos institucionales. Estas permitieron automatizar el análisis de riesgo frente a una posible no titulación, ga-

rantizar coherencia en los indicadores clave generados en los reportes administrativos y mejorar la trazabilidad de los estudiantes en riesgo.

Además, facilitaron la comparación dinámica entre periodos, con otras carreras o programas de similares características, para llegar a una conclusión sobre la mitigación o minimización el riesgo fortaleciendo la toma de decisiones basada en un apoyo visual de inteligencia de negocios y experiencia profesional de la dirección de carreras.

Se implementó un modelo de regresión logística para la clasificación binaria, utilizando un enfoque supervisado. El conjunto de datos fue dividido en 80 % para entrenamiento y 20 % para prueba, garantizando que la partición se realizara de manera aleatoria para evitar sesgos. Durante la fase de entrenamiento, se ajustaron los coeficientes del modelo mediante la maximización de

Tabla 2: Declaración de las variables de riesgos

Nivel del riesgo	Estado de finanzas	Materias aprobadas	Materias reprobadas	Requisitos adicionales
Bajo	Al día	Todas las cursadas	0	Nivel de Idiomas completo.
Medio	Desde 2 pagos pendientes en adelante	Depende si el factor es socioeconómico, bajo rendimiento académico.	Entre 1 a 3 materias	2 nivel de Idiomas completo.
Alto	Desde 3 pagos pendiente en adelante	Depende si el factor es socioeconómico, bajo rendimiento académico.	Entre 4 materias en adelante	2 o todos los niveles de idiomas incompletos.

la verosimilitud, con el objetivo de estimar la probabilidad de pertenencia a cada clase. Posteriormente, el modelo entrenado se evaluó sobre el conjunto de prueba utilizando métricas estándar como precisión (Accuracy) y ROC AUC, lo que permitió medir tanto la exactitud global como la capacidad discriminativa del modelo. Este procedimiento asegura una validación adecuada del rendimiento y la generalización del modelo.

3. Resultados

Los resultados de los indicadores permiten observar el riesgo basado de los dataset escogidos de 604 registros estudiantiles; el programa de estudio evaluado para esta investigación se dividió en dos como se muestra en la Tabla 3.

La clasificación para el análisis con la herramienta Power Bi visualiza los resultados para determinar los valores que arroja los indicadores que servirán para la toma de decisiones adecuadas e implementar medidas ante la necesidad de identificar que procesos causan los retrasos en la fluidez al cursar la malla académica normalmente.

El análisis de los datos revela que los programas de 15 meses de profundización presen-

tan un mayor número de asignaturas que deber cursar los estudiantes en periodos de corta duración de un año y una mayor matrícula estudiantil debido a la amplitud del campo de estudios que tienen como requisitos para ser admitidos en el programa causando que los procesos se ralenticen como la titulación incrementándose más en referente a los programas de 12 meses de profundización tomado de ejemplo para la comparación así como otros programas de profundización de similares características de duración en la formación de otras carreras dentro de la IES.

Tabla 3: Resultados de los indicadores del riesgo

	12 meses	15 meses
Factor académico	13.47	12.24
Factor Socio-económico	\$1207	\$1511
Valor de Riesgo	45.9 %	41.78 %

Junto con la recolección de la información se considera evaluar la situación a otras carreras, el tema socioeconómico en el programa de 15 meses el riesgo se elevó considerablemente emergió como el primer filtro crítico, señalando que la situación financiera del estudiante es un predictor temprano clave para el éxito en la titulación en las IES privadas, cabe señalar que establecen

sus procesos internos institucionales que influyen en el mismo. Un segundo filtro importante es el número de materias aprobadas por parte del estudiante el factor académico demuestra ser relevante incluso cuando las condiciones financieras son desfavorables puesto que implica que un alto rendimiento académico puede mitigar el riesgo de no titularse, incluso si el estudiante arrastra valores financieros, aunque también se considera un riesgo de titulación sobre aquellos que no logran puntajes requeridos por falta de desempeño en las asignaturas de la malla como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4: Análisis comparativo de los indicadores del riesgo mediano a alto riesgo

	12 meses	15 meses
Factor académico	17.62	14.79
Factor Socio-económico	1660	1830
Valor de Riesgo	63.1 %	50.6 %

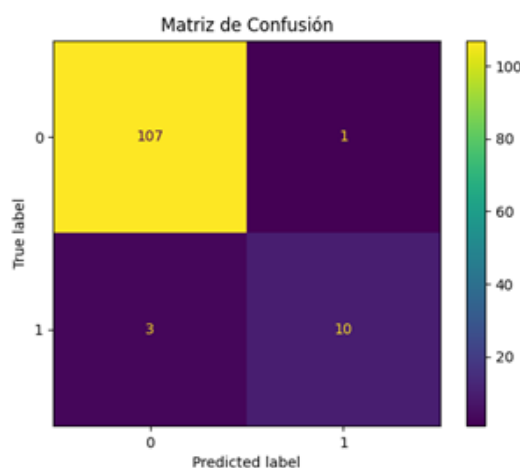
Con el fin de validar los resultados obtenidos mediante el Dashboard en Power BI, se implementó un modelo de regresión logística como herramienta de contraste. Este modelo permitió evaluar de forma cuantitativa la capacidad predictiva del sistema desarrollado, empleando las mismas variables académicas y socioeconómicas del dataset institucional. Las métricas de desempeño obtenidas confirman la solidez del enfoque metodológico adoptado, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Análisis comparativo de modelos

Métrica	Valor	Descripción
Accuracy	0.967	Indica el porcentaje de predicciones correctas sobre el total de casos.
ROC AUC	0.954	Mide la capacidad del modelo para distinguir entre clases

Para complementar la evaluación del modelo, se analizó la distribución de las predicciones a través de una matriz de confusión, la cual permite identificar con precisión los aciertos y errores de clasificación en cada categoría de riesgo. Este análisis detallado evidencia que el modelo logra una alta tasa de verdaderos positivos y verdaderos negativos, con mínimos errores de clasificación entre las clases, lo que ratifica su idoneidad para su implementación en entornos institucionales, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Matriz de Confusión



En la herramienta seleccionada, Power BI, se construyó un dashboard orientado a la

visualización integral de los resultados del análisis. Para su diseño se seleccionaron elementos gráficos adecuados, tales como gráficos de barras, tarjetas de indicadores y tablas dinámicas, priorizando aquellos que facilitan la comparación de variables y la identificación rápida de valores críticos. Al igual que, se incorporaron segmentadores para filtrar la información por período académico, carrera, paralelo y nivel de riesgo, permitiendo un análisis dinámico y adaptado a las necesidades como se muestra en la Figura 2.

Esta estructura favorece una interpretación de la información, desde una visión global hasta una revisión individual. El panel muestra el porcentaje de riesgo académico obtenido mediante la fórmula definida para el estudio, así como los valores asociados a cada variable.

El valor de riesgo se obtiene al multiplicar dos veces el valor de materias reprobadas por una unidad mayor a la cantidad de cuotas pendientes para evitar que un estudiante que no tenga materias reprobadas tenga un valor nulo de riesgo y tiene un rango de 0 a 672 puntos los cuales luego serán normalizados para obtener el porcentaje de riesgo que va en una escala de 0 a 1.

Esta configuración fue seleccionada con el objetivo de proporcionar a interesados académicos una herramienta intuitiva y funcional que permita identificar oportunamente a los estudiantes con mayor vulnerabilidad, facilitando la toma de decisiones informada y la planificación de intervenciones

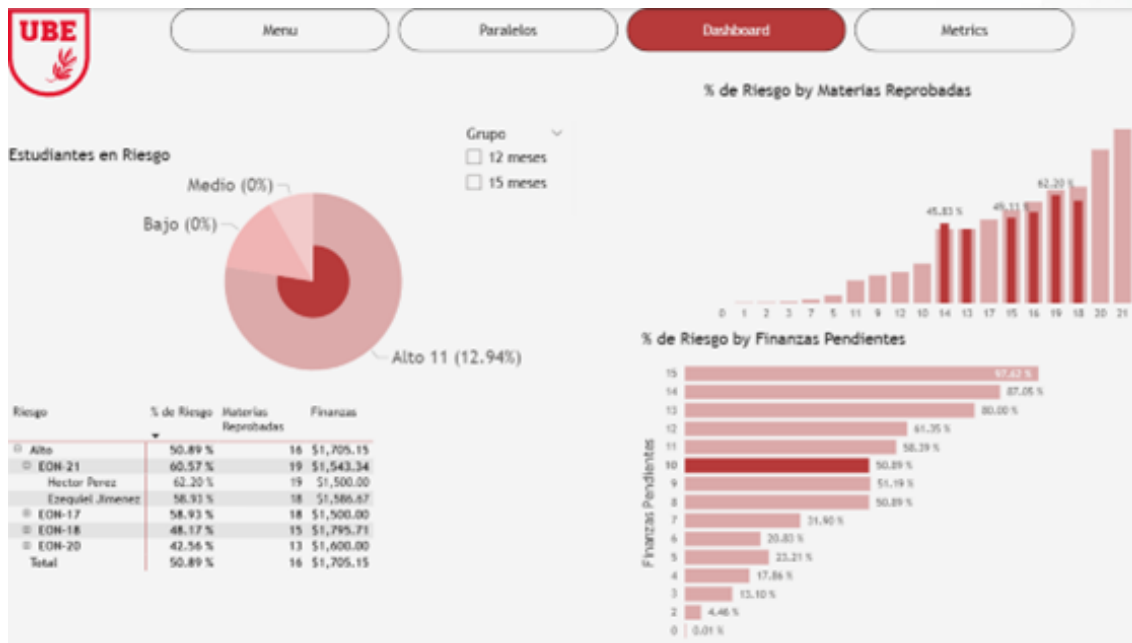
preventivas.

El estudio demostró que el peso de las materias reprobadas es aproximadamente doble el impacto al factor socioeconómico que mantiene el estudiante, para un correcto análisis en la herramienta se suma una unidad para evitar que la multiplicación no devuelva valores nulos (cero) justificando por no tener valores pendientes, permite representar correctamente los casos en los que el estudiante no tiene valores socioeconómicos críticos, pero sí registra materias reprobadas, sin embargo el nivel del riesgo se alto cae en la incidencia lo cual favorece una toma de decisiones más precisa por parte de los directivos académicos.

Se realizó la ejecución con el modelo Machine Learning para diferenciar cercanía de valores y si estos se apegan a la realidad del resultado obtenido como la regresión logística junto con Python para las comparativas numéricas del dataset obtenido de Power Bi a manera verificar la precisión de la probabilidad del riesgo de no titularse que muestra el Dashboard finalmente sea confiable. Como se evidencia en la Figura 1.

Los valores promedio del porcentaje de riesgo para el grupo alto para el modelo de regresión logística y el campo calculado en Power BI es de 62.43 % y 60.61 % respectivamente es decir una diferencia porcentual a 2 puntos, para el grupo medio con 18.56 % 19.05 % y grupo bajo con 0.92 % y 0.87 % es menor a un punto porcentual.

Figura 2: Presentación final del Dashboard



4. Discusión

Los procesos internos que conllevan las IES referente a la titulación son cruciales para garantizar el éxito académico (Machado & Castillo, 2017). En estos no solo se evalúa la metodología, sino también el cumplir con los lineamientos académicos de manera estricta (Mendoza et al., 2024).

La titulación representa una etapa crítica; sin embargo, el proceso suele verse obstaculizado por la carencia de herramientas predictivas que permitan anticipar el éxito del estudiante (Rabelo & Zárate, 2025). Esta deficiencia deriva en la identificación tardía de requisitos pendientes, problema que se acentúa por la gestión manual y los tiempos de revisión prolongados. Asimismo, la gestión ineficiente de los recursos genera cuellos de botella y una administración reactiva

que interrumpe la progresión fluida del egresado (Macías, 2025).

Ante la falta de análisis de datos, el uso de herramientas analíticas se convierte en un aliado estratégico (Ramaswami et al., 2022). Estas permiten asociar los niveles de riesgo de los estudiantes con los inconvenientes previos al ingreso a la unidad de titulación, mitigando los desafíos que enfrentan las instituciones (Quiguanas & Arias, 2024).

El incremento en la matrícula y la diversificación de programas ponen a prueba los estándares de los procesos actuales (Macías et al., 2025). El principal conflicto surge al finalizar la malla curricular: el incumplimiento de requisitos obliga al estudiante a una regularización forzada o, en casos más críticos, ocasiona la deserción estudiantil al no contar con acompañamiento sobre el pro-

ceso (Morales et al., 2025).

Los resultados del modelo de regresión logística demuestran un desempeño consistente con los reportados en el dashboard, lo cual valida el enfoque metodológico (Brens et al., 2018). La equivalencia entre las métricas alcanzadas y los indicadores visuales confirma que el proceso de entrenamiento es reproducible (Namoun & Alshantqi, 2021). Esta convergencia entre el análisis estadístico y la representación gráfica aporta robustez a los hallazgos y confirma la estabilidad del modelo como herramienta de toma de decisiones.

Las métricas obtenidas fueron consistentes con los indicadores visualizados en la herramienta, lo que evidencia que el proceso de entrenamiento y evaluación fue reproducible y confiable (Jimbo-Santana et al., 2023). Esta coherencia sugiere la ausencia de discrepancias significativas entre el análisis estadístico y la representación gráfica; por lo tanto, se aporta robustez a la interpretación de los hallazgos y se confirma la estabilidad del modelo frente a distintos métodos de presentación de resultados (Ngulube & Ncube, 2025).

5. Conclusiones

- El presente estudio examinó la efectividad de los procesos de titulación, demostrando que la optimización y prevención de nudos críticos dependen directamente de un seguimiento académico riguroso. En particular, se determinó que los programas de corta duración requieren un monitoreo per-

manente para asegurar su eficiencia operativa.

- A través de la aplicación del algoritmo de riesgo, se logró segmentar a la población estudiantil en niveles bajo, medio y alto. Esta categorización facilita que el departamento de titulación ejecute acciones prioritarias y personalizadas. Asimismo, la integración de herramientas de visualización interactiva, como Power BI, transformó datos complejos en información estratégica, permitiendo a los directivos una toma de decisiones basada en evidencia.
- En definitiva, es esencial que las instituciones superiores adopten la ciencia de datos y la analítica educativa como ejes transversales para fortalecer sus procesos administrativos y asegurar estándares de calidad internacional.

5.1 Recomendaciones para ser consideradas

Para garantizar la efectividad del dashboard desarrollado, se proponen las siguientes medidas de intervención:

- Riesgo Bajo: delegar el monitoreo a tutores personales mediante revisiones mensuales. El objetivo es actuar de forma preventiva para evitar el escalamiento hacia niveles de riesgo superiores.
- Riesgo Medio: implementar tutorías académicas focalizadas en casos de bajo rendimiento. Si el origen es finan-

ciero o personal, se debe coordinar el acompañamiento con Bienestar Estudiantil y las direcciones académicas con una frecuencia quincenal.

- **Riesgo Alto:** ejecutar intervenciones inmediatas con el apoyo del Vicerrectorado Académico y las facultades. Se recomienda un seguimiento semanal mediante un plan personalizado de casos especiales, el cual debe activarse al menos tres meses antes de finalizar el ciclo de formación académica.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Acosta Guanoquiza, C. O., Mejía Alban, G. M., Ramírez Gutiérrez, C. V., & Reigo-

sa Lara, A. (2024). Herramientas digitales para fortalecer la metodología de enseñanza de los docentes. *Ciencia Digital*, 8(3), 161-178. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i3.3144>

Berens, J., Schneider, K., Görtz, S., Oster, S., & Burghoff, J. (2018). Early detection of students at risk—predicting student dropouts using administrative student data and machine learning methods. *Journal of Educational Data Mining*, 11(3). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3275433>

Álvarez Alpízar, O. C. (2025). Jimbo-Santana, P., Lanzarini, L. C., Jimbo-Santana, M., & Morales-Morales, M. (2023). Inteligencia artificial para analizar el rendimiento académico en instituciones de educación superior. Una revisión sistemática de la literatura. *Cátedra*, 6(2), 30–50. <https://doi.org/10.29166/catedra.v6i2.4408>

Machado Bello, X. A., & Castillo Orozco, Y. M. (2017). Gestión de riesgos en las IES. *Estrategia y Gestión Universitaria*, 5(1), 118–129. <https://revistas.unica.cu/index.php/regu/article/view/614>





Macías Galeas, I. P. (2025). Más allá de la tecnología: gestión académica y sistemas de alerta temprana en la retención estudiantil en la educación superior virtual. *ULEAM Bahía Magazine (UBM)*, 6(11), 127–137. <https://doi.org/10.56124/ubm.v6i11.014>

Macías Galeas, I., Bustamante Bermeo, M., González Arias, J., & Illescas Rendón, I.

- (2025). Transformaciones en la educación superior ecuatoriana: reflexiones de los últimos 30 años. *Investigación Tecnología E Innovación*, 17(23), 65-85. <https://doi.org/10.53591/iti.v17i23.2252>
- Mendoza González, C. J. (2024). Inteligencia de negocios para el análisis de los indicadores de titulación y permanencia en una institución de educación superior [Tesis de maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena - UPSE, La Libertad, Ecuador]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11209>.
- Morales Suárez, T. P., González Puente, M. F., Toaquiza Catota, D. M., & Pinguil Caguas, N. J. (2025). Influencia de la brecha digital en la deserción estudiantil: un análisis en universidades ecuatorianas. *Ciencia y Educación*, 6(9.2 Edición Especial III), 259-367. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17230836>
- Namoun, A., & Alshantqi, A. (2021). Predicting student performance using data mining and learning analytics techniques: a systematic literature review. *Applied Sciences*, 11(1), 237. <https://doi.org/10.3390/app11010237>
- Ngulube, P., & Ncube, M. M. (2025). Leveraging learning analytics to improve the user experience of learning management systems in higher education institutions. *Information*, 16(5), 419. <https://doi.org/10.3390/info16050419>
- Quiguanas Chila, B., & Arias Bocanegra, D. L. (2024). Herramienta de monitoreo y análisis: dashboard interactivo del desempeño académico de los estudiantes de Ciencia Política en la UNAD [Trabajo de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67207>
- Rabelo, A. M., & Zárate, L. E. (2025). A model for predicting dropout of higher education students. *Data Science and Management*, 8(1), 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.dsm.2024.07.001>
- Ramaswami, G., Susnjak, T., Mathrani, A., & Umer, R. (2022). Use of predictive analytics within learning analytics dashboards: a review of case studies. *Technology Knowledge and Learning*, 28(3), 959-980. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09613-x>
- Villalobos-Murillo, J., Garita-González, G., & Alfaro Ramírez, B. J. (2025). Development of competencies: artificial intelligence and machine learning in supervised internships of computer science students. *Uniciencia*, 39(1), 1-19. <https://doi.org/10.15359/ru.39-1.3>
- Zamora Cabrera, E. P., Narváez Zurita, C. I., & Erazo Álvarez, J. C. (2019). Incidencia del control interno en la gestión administrativa de las IES. Caso: Departamento de Pastoral, Universidad Politécnica Salesiana. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(2), 321-348. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i2.477>

Modelo de gestión estratégica de la seguridad física universitaria para la mejora de la eficiencia operacional

Strategic management model for university physical security to improve operational efficiency

- 1 Leonidas David Guale Moreira  <https://orcid.org/0009-0009-8685-6750>
Universidad Bolivariana de Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
ldgualem@ube.edu.ec
- 2 Homero Agustin Vargas Patiño  <https://orcid.org/0009-0007-3322-4501>
Universidad Bolivariana de Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
havargasp@ube.edu.ec
- 3 Marianela de la Caridad Morales Calatayud  <https://orcid.org/0000-0001-8695-0952>
Universidad Bolivariana de Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
mdmoralesc@ube.edu.ec
- 4 Glen Freddy Robayo Cabrera  <https://orcid.org/0009-0006-9195-7423>
Universidad Bolivariana de Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
gfrobayoc@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/12/2025

Revisado: 10/01/2026

Aceptado: 26/02/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3649>

Cítese:

Guale Moreira, L. D., Vargas Patiño, H. A., Morales Calatayud, M. de la C., & Robayo Cabrera, G. F. (2026). Modelo de gestión estratégica de la seguridad física universitaria para la mejora de la eficiencia operacional. *Ciencia Digital*, 10(2), 171-186. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3649>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Seguridad física, modelo gestión estratégica, universidad, eficiencia operacional.

Resumen: Resumen Introducción: la eficiencia operacional en Ecuador muestra una realidad heterogénea: mientras empresas y entidades grandes avanzan incorporando tecnologías digitales, otras enfrentan dificultades para garantizar su actividad. Objetivo: el objetivo general de esta investigación es diseñar un Modelo de Gestión Estratégica de la Seguridad Física Universitaria (MGESFU), basado en la reducción de riesgos y la mejora de la eficiencia operacional. Metodología: la presente investigación se aplicó bajo un enfoque mixto, con un diseño no experimental, alcance de nivel descriptivo y exploratorio, se enmarca en un tipo de investigación básica y documental y con corte transversal. El estudio se realizó en una universidad privada con una población finita de 10.000 estudiantes y 150 docentes, de la cual se extrajo una muestra probabilística con muestreo aleatorio simple para los estudiantes dando como resultado una muestra de 371 estudiantes; y otra muestra de tipo no probabilística, con muestreo intencional y a conveniencia, compuesta por 15 docentes. Resultados: los resultados reflejaron debilidades en las acciones preventivas relacionadas con la identificación y señalización de zonas de riesgo. El 55,43 % de los encuestados consideraron que las áreas de riesgo no se encuentran correctamente señalizadas, lo que evidencia una insuficiente gestión preventiva en la infraestructura universitaria. Esta percepción limita la capacidad de los estudiantes para reconocer situaciones peligrosas y actuar de manera oportuna. Conclusión: una gestión estructurada de la seguridad física contribuye significativamente a la mejora de la eficiencia operacional, al reducir interrupciones, optimizar recursos y fortalecer la continuidad de los procesos académicos. Área de estudio general: Administración. Área de estudio específica: Eficiencia Operacional. Tipo de estudio: Artículo original.

Keywords: Physical security, model strategic management, university, operational efficiency.

Abstract: Introduction: Operational efficiency in Ecuador presents a heterogeneous reality: while large companies and entities are advancing by incorporating digital technologies, others are progressing. Objective: The general objective of this research is to design a Strategic Management Model for University Physical Security (MGESFU), based on risk reduction and improved operational efficiency. Methodology: This research was applied using a mixed-methods approach, with a non-experimental design, a descriptive and exploratory scope, and is framed within the type of basic and documentary research,

with a cross-sectional design. The study was conducted at a private university with a finite population of 10,000 students and 150 faculty members. A probabilistic sample was drawn using simple random sampling for the students, resulting in a sample of 371 students; and a non-probabilistic sample, using purposive and convenience sampling, composed of 15 faculty members. Results: The results revealed weaknesses in preventive actions related to the identification and signage of risk zones. 55.43 % of respondents felt that risk areas were not properly marked, demonstrating insufficient preventive management within the university infrastructure. This perception limits students' ability to recognize dangerous situations and act promptly. Conclusion: Structured physical security management significantly contributes to improved operational efficiency by reducing disruptions, optimizing resources, and strengthening the continuity of academic and administrative processes. General Area of Study: Administration. Specific area of study: Operational Efficiency. Type of study: Original article.

1. Introducción

A nivel mundial, la seguridad física en las universidades enfrenta retos crecientes y multifacéticos: las instituciones deben proteger infraestructura, laboratorios y bibliotecas frente a delitos comunes (robos, vandalismo) y riesgos organizacionales (protestas, ocupaciones) mientras adaptan sus protocolos a nuevas amenazas como desastres naturales y la convergencia con la seguridad digital (Aguirre, 2016).

Según Pérez et al. (2016) y Loor (2025) las percepciones de inseguridad entre estudiantes y personal (que varían según contexto regional) ejercen impacto directo en la convivencia, el acceso a la educación y las políticas de bienestar universitario, por

lo que muchas universidades combinan medidas físicas (control de accesos, vigilancia, diseño seguro del campus) con estrategias preventivas y participación comunitaria para mejorar la resiliencia institucional.

Por ejemplo Paredes (2016) en su trabajo publicado en la Universidad de Guayaquil, propuso el diseño de un modelo de seguridad física que contempla el uso de dispositivos tecnológicos actualizados, cuyas especificaciones técnicas cumplen con los parámetros de seguridad necesarios para la entidad, asimismo se explica la forma en que trabajan dichos dispositivos y la comunicación que debe existir entre ellos para cumplir sus funciones y garantizar de esta manera la seguridad del personal institucional. Por último, a nivel nacional, Ruiz (2023) y Portalanza &

Valverde (2019) indicaron que la eficiencia operacional en Ecuador muestra una realidad heterogénea: mientras empresas y entidades grandes avanzan incorporando tecnologías digitales, metodologías Lean y sistemas de gestión para reducir costos y tiempos, muchas pymes y sectores tradicionales (especialmente en manufactura) enfrentan limitaciones por baja inversión tecnológica, problemas de localización y concentración productiva que afectan su productividad.

En cuanto a la eficiencia operacional, estudios a nivel global como los de Electo et al. (2019) indican que alrededor de esta existe un replanteamiento y aceleración por varias fuerzas: la transformación digital y la automatización (IA, analítica y BI) que optimizan procesos y decisiones, así como las prácticas de mejora continua (lean, Six Sigma, TPM) que buscan eliminar desperdicios y elevar productividad.

En el estudio de Peng et al. (2024) sobre la seguridad en espacios públicos de campus universitarios, se identifica como problemática la baja sensación de seguridad en áreas exteriores (iluminación insuficiente, baja visibilidad, cobertura irregular de cámaras y distribución inadecuada de equipamientos) que genera percepción de riesgo entre estudiantes y personal y dificulta la continuidad y calidad de las actividades académicas; la propuesta del trabajo plantea un modelo de evaluación y optimización que combina mediciones del entorno físico y la percepción psicológica (modelo AHP para ponderación de factores). En esto coinciden Acosta et al. (2024) quienes afirman

que con un Modelo de Ubicación Óptima de Instalaciones (MCLP) para reconfigurar alumbrado, cámaras y mobiliario de manera que maximice la cobertura y la sensación de seguridad, se consiguen mejoras significativas en la sensación de seguridad tanto diurna como nocturna y en la asignación más eficiente de recursos de seguridad, lo que favorece la continuidad operativa y, consecuentemente, la eficiencia institucional.

En la tesis realizada en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), por Rodríguez (2022) se plantea como problemática la existencia de una seguridad física institucional frágil reflejada en infraestructura insuficiente, ausencia de procedimientos estandarizados, mantenimiento irregular y baja coordinación entre unidades que genera vulnerabilidades operativas, pérdidas materiales e interrupciones en los procesos académicos; la propuesta del estudio consiste en un modelo de gestión estratégica para la seguridad física (herramienta práctica), que articula diagnóstico de riesgos, priorización de activos críticos, procedimientos operativos normalizados, un plan de inversión en tecnologías de control (videovigilancia, control de accesos, sensores) y un programa de capacitación y gobernanza interdepartamental; la conclusión más relevante apunta a que la implementación gradual del modelo reduce las vulnerabilidades detectadas y mejora la continuidad de los procesos académicos y administrativos con el consiguiente aporte a la eficiencia operacional siempre que exista asignación presupuestaria sostenida y compromiso decisorio para su instituciona-

lización (Álvarez et al., 2022).

Tanto el estudio de Peng (2024), como en el de Rodríguez (2022) coinciden en que la seguridad física universitaria constituye un eje estratégico para garantizar la continuidad de las actividades académicas y administrativas, y, por ende, mejorar la eficiencia operacional institucional. Mientras Peng (2024) demuestra que la incorporación de tecnologías avanzadas, análisis de riesgos sistemático y protocolos estandarizados incrementa significativamente la capacidad de respuesta, la prevención de incidentes y la reducción de interrupciones operativas, Rodríguez (2022) y confirma que incluso en contextos latinoamericanos con limitaciones presupuestarias, la aplicación de un modelo de gestión estratégica sustentado en la planificación, la coordinación interdepartamental y la adopción progresiva de tecnologías produce mejoras directas en la operación diaria, disminuye vulnerabilidades y fortalece la gobernanza institucional.

Para Alfaro & Salas (2020) la eficiencia operacional universitaria se define como la capacidad de una institución de educación superior para optimizar el uso de sus recursos humanos, financieros, materiales y tecnológicos, de modo que los procesos académicos, administrativos y de apoyo logren los resultados esperados con el menor costo, tiempo y desperdicio posible, sin comprometer la calidad de los servicios educativos. Este concepto se basa en la idea de transformar eficientemente inputs (recursos) en outputs (resultados o productos) mediante prácticas de gestión, evaluación continua

y mejora, tal como se ha destacado en estudios que aplican indicadores y técnicas de análisis de eficiencia en universidades, lo cual subraya la necesidad de medidas rigurosas para orientar la asignación de recursos y fortalecer la gestión institucional (Castillo et al., 2025; Gavilanes et al., 2022).

La seguridad física universitaria influye directamente en la gestión de recursos de una institución de educación superior porque cuando esta no está bien estructurada y operativa, puede generar desvíos en la asignación presupuestaria, duplicación de esfuerzos y retrasos en la atención de necesidades operativas, lo que reduce la disponibilidad y uso eficiente de recursos académicos y administrativos (Checa et al., 2025).

Esto se evidencia en investigaciones sobre gestión universitaria que muestran cómo la asignación y administración de recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos, son elementos clave en los procesos universitarios que aseguran la eficiencia de sus operaciones, entre los cuales se encuentra la seguridad como parte de lo que se protege y gestionan para garantizar continuidad operativa y cumplimiento de la misión institucional (recursos humanos y materiales deben estar bien gestionados para sostener funciones de seguridad y otros procesos)

Por otro lado según Espinoza & Sosa (2022) y Mendoza (2025) la eficiencia operacional influye de manera significativa en los procesos académicos y administrativos, pues un campus percibido como inseguro o con fallas en su infraestructura de seguridad pue-

de generar interrupciones en la atención de servicios, baja asistencia estudiantil en horarios nocturnos, retrasos en trámites y mayor tiempo dedicado a responder incidentes, lo cual repercute negativamente en la eficiencia de estos procesos; estudios sobre la percepción de seguridad en campus universitarios resaltan que las deficiencias en el entorno físico y la sensación de inseguridad están asociadas a un entorno menos propicio para el aprendizaje y la productividad, lo que puede traducirse en decisiones administrativas reactivas y descoordinadas que afectan la continuidad de servicios académicos y la gestión de recursos institucionales.

A pesar de los múltiples esfuerzos económicos por brindar un entorno seguro a la comunidad universitaria, en el contexto de investigación de este trabajo, se ha identificado que existe una infraestructura inadecuada marcada por los insuficientes sistemas de videovigilancia y control de accesos, así como de mantenimiento preventivo. Además, se evidenció ausencia de protocolos integrales de seguridad, relacionada a la inexistencia de planes de emergencia, evacuación y gestión de riesgos actualizados. Esta situación se suma a la escasa capacitación del personal y de los estudiantes en temas de seguridad, relacionados al desconocimiento de normas y procedimientos de autoprotección.

Esta problemática produce como efectos que exista un elevado riesgo para la integridad de los estudiantes y el personal, la pérdida o daño de bienes institucionales y tecnológicos, interrupciones en los procesos académicos y administrativos, y la dismi-

nución de la eficiencia institucional. De manera sintetizada, este escenario se resume en una deficiente seguridad física universitaria que limita la eficiencia operacional institucional, lo que desemboca en la pregunta central de investigación: ¿Cómo contribuir a la mejora de la seguridad física para la reducción de riesgos y la elevación de la eficiencia operacional en las universidades?

En concordancia con Murillo-Vargas et al. (2025) la presente investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la seguridad física en las instituciones de educación superior como un componente esencial para garantizar la continuidad y eficiencia de las operaciones académicas y administrativas. Contar con un modelo de gestión estratégica de seguridad física permitirá establecer políticas, procesos y herramientas que integren la prevención, el control, la respuesta y la evaluación de riesgos dentro de una estructura organizativa coherente y sostenible. Desde el punto de vista teórico, la investigación aporta al desarrollo de un marco conceptual que vincula la gestión de la seguridad con la eficiencia operacional universitaria. En el plano práctico, su aplicación contribuirá a mejorar el uso de recursos, reducir pérdidas, optimizar la toma de decisiones y fortalecer la percepción de bienestar en la comunidad universitaria. Finalmente, desde el enfoque social e institucional, el estudio promueve entornos educativos seguros, inclusivos y resilientes, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4 y 11), impulsando así una educación superior de calidad basada en la gestión eficiente y la seguridad integral.

El objetivo general de esta investigación es diseñar un Modelo de Gestión Estratégica de la Seguridad Física Universitaria (MGESFU), basado en la reducción de riesgos y la mejora de la eficiencia operacional. Para ello, se plantean como objetivos específicos: Diagnosticar el estado actual de la gestión de la seguridad física en un caso de estudio universitario; establecer los componentes, subsistemas y relaciones fundamentales del modelo MGESFU; y definir un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPIs).

2. Metodología

Siguiendo a Hernández et al. (2014) en la presente investigación se aplicó bajo un enfoque mixto, con un diseño no experimental, alcance de nivel descriptivo y exploratorio. Se enmarca en un tipo de investigación básica puesto que se buscó ampliar el conocimiento teórico sin enfocarse directamente en su aplicación práctica inmediata. Por lado, es documental dado que se sustentó en la revisión de leyes, reglamentos, políticas institucionales y literatura científica. Se realizó un corte transversal, dado que la recolección de datos se hizo en un único momento temporal, a fin de describir el estado actual de la seguridad física universitaria y analizar su relación con la eficiencia operacional en la institución donde se realizó el abordaje empírico de la realidad. Para la recolección de datos de estudiantes y docentes, se empleó la técnica de la encuesta, mediante la aplicación de un cuestionario, adaptado de Alfaro & Salas (2020) estructurado con dos variables, seguridad física universitaria y eficiencia operacional, presentadas en las

dimensiones gestión estratégica y procesos académicos y administrativos, las que implicaron diez ítems medidos de forma dicotómica. La recolección se realizó bajo la modalidad virtual, ya que el cuestionario digital diseñado a través de la plataforma google form, cuyo enlace fue enviado a los estudiantes por medio de los grupos de la plataforma WhatsApp, facilitó el acceso y la participación de todos.

Por otro lado, para la entrevista se aplicó un cuestionario de cinco preguntas abiertas realizadas a directivos institucionales, que giraron en torno a las debilidades estructurales de la seguridad física, el carácter y naturaleza de las acciones de seguridad, la sensación de seguridad en el campus, los protocolos de emergencia frente a riesgo y su capacidad para no interferir negativamente en los procesos académicos y administrativos.

El estudio se realizó en una universidad privada de Ecuador, con una población finita de 10.000 estudiantes y 150 docentes, de la cual se extrajo dos tipos de muestra: una de tipo probabilística con muestreo aleatorio simple para los estudiantes mediante la cual a la población se aplicó la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95 % y error muestral del 5 %, dando como resultado una muestra de 371 estudiantes; y otra muestra de tipo no probabilística, con muestreo intencional y a conveniencia, compuesta por 15 docentes. Para asegurar la validez y pertinencia de la información, se consideraron los siguientes criterios de inclusión: los estudiantes debían ser parte activa de la comunidad universitaria, ma-

tricolados legalmente, y haber permanecido en la institución por al menos un semestre, lo que garantiza conocimiento suficiente de los procesos de seguridad física. Los docentes debían ser parte activa de la comunidad activa e impartir clases en alguna de las 25 carreras que oferta dicha institución de Educación Superior por al menos un año calendario. Por último, para garantizar la fiabilidad del instrumento utilizado en la investigación para estudiantes y docentes, se aplicó el coeficiente Kuder Richardsson KR-20, una medida estadística ampliamente utilizada para evaluar la consistencia interna de los ítems dicotómicos. El mencionado análisis arrojó un valor de 0.83 lo que indica una alta confiabilidad del instrumento utilizado.

3. Resultados

Para la tabulación de datos cuantitativos recolectados en las encuestas, mediante la técnica de codificación de los datos y el uso de distribuciones de frecuencia y porcentajes, se estructuró la información de forma clara y ordenada, facilitando el análisis de la seguridad física universitaria y su relación con la eficiencia operacional, así como la interpretación objetiva de los resultados obtenidos. Es por ello por lo que la Tabla 1 muestra el detalle de los resultados obtenidos de las encuestas a estudiantes universitarios del contexto elegido. De la tabulación anterior se seleccionaron seis preguntas que se consideraron claves para el propósito de los objetivos planteados.

Los resultados de la Figura 1 reflejaron debi-

lidades en las acciones preventivas relacionadas con la identificación y señalización de zonas de riesgo. El 55,43 % de los encuestados considera que las áreas de riesgo no se encuentran correctamente señalizadas, lo que evidencia una insuficiente gestión preventiva en la infraestructura universitaria. Esta percepción limita la capacidad de los estudiantes para reconocer situaciones peligrosas y actuar de manera oportuna, incrementando la vulnerabilidad ante incidentes que pueden afectar el normal desarrollo de las actividades académicas y operativas.

En relación con la formación en seguridad, los resultados muestran que el 50,29 % de los estudiantes manifiesta no conocer los procedimientos a seguir en caso de emergencia ni haber recibido capacitaciones relacionadas con la seguridad universitaria. Esta situación evidencia una brecha significativa en los procesos de socialización de protocolos y en la cultura preventiva institucional, lo cual reduce la capacidad de respuesta ante eventos críticos y afecta negativamente la eficiencia en la gestión de emergencias.

En síntesis, el análisis por dimensiones permite identificar que las principales debilidades se concentran en la prevención, capacitación y eficiencia operativa, lo cual limita la efectividad de la seguridad física universitaria. Estos hallazgos sustentan la necesidad de implementar un modelo de gestión estratégica de la seguridad física que integre acciones preventivas, formativas y de control, orientadas a mejorar la eficiencia operacional y el bienestar de la comunidad universitaria.

Tabla 1: Tabulación de datos

No	Pregunta	SI	NO	TOTAL
1	Las zonas de riesgo están correctamente señalizadas	44,57 %	55,43 %	100,00 %
2	Conozco los procedimientos a seguir en caso de una emergencia	49,71 %	50,29 %	100,00 %
3	He recibido alguna charla o capacitación sobre seguridad universitaria	49,71 %	50,29 %	100,00 %
4	Participo activamente en actividades relacionadas con la seguridad institucional	56,57 %	43,43 %	100,00 %
5	Las autoridades supervisan regularmente el estado de la seguridad física	52,00 %	48,00 %	100,00 %
6	El personal atiende las necesidades de los estudiantes de manera eficiente	52,00 %	48,00 %	100,00 %
7	Los servicios institucionales están disponibles cuando los necesito	49,71 %	50,29 %	100,00 %
8	Recibo soporte técnico cuando tengo dificultades con plataformas institucionales	48,57 %	51,43 %	100,00 %
9	Me siento satisfecho con la eficiencia de los servicios universitarios	47,43 %	52,57 %	100,00 %
10	Considero que es necesario mejorar la seguridad física de la comunidad universitaria para favorecer la eficiencia operacional	47,43 %	52,57 %	100,00 %

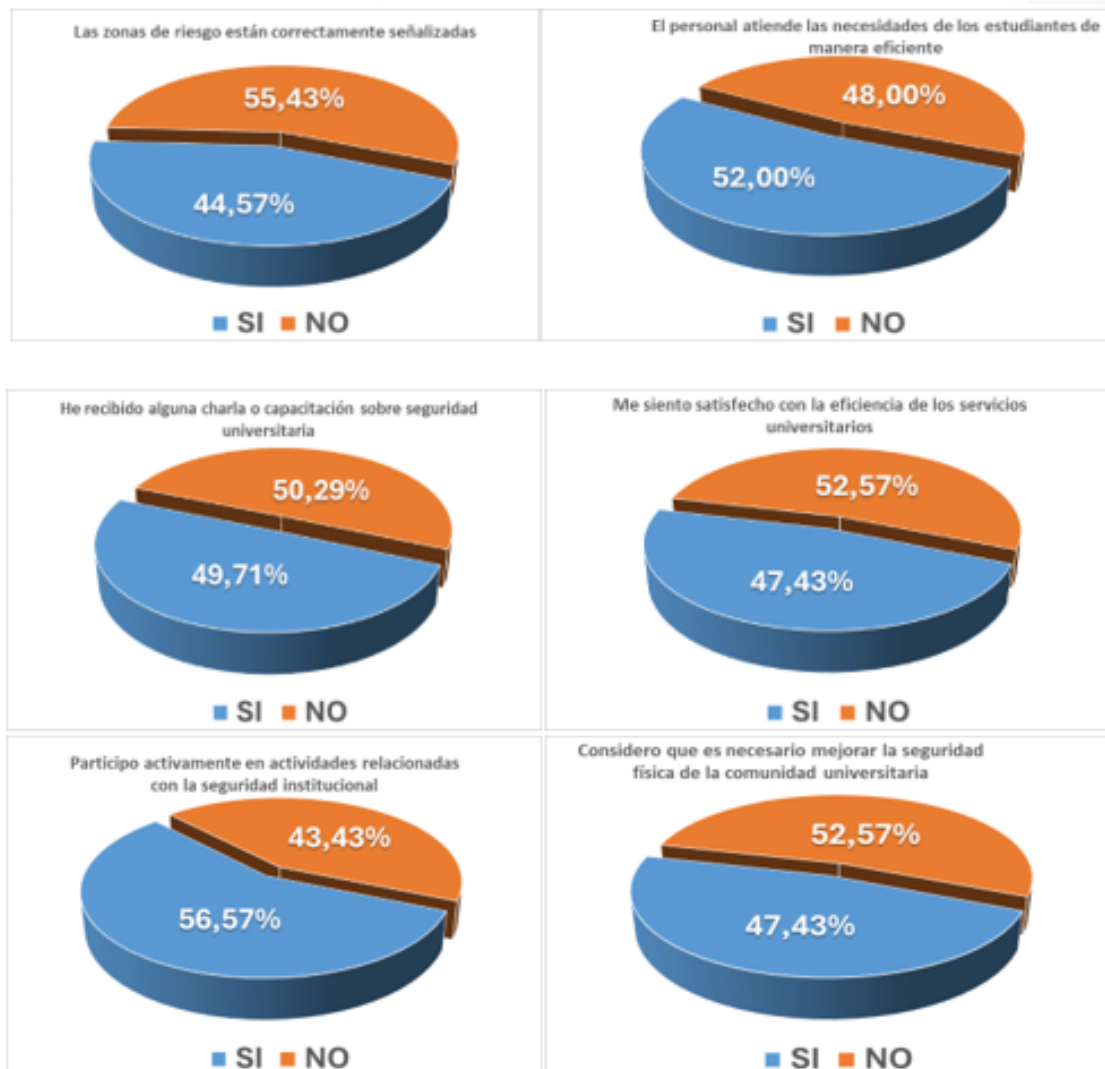
Estos resultados obtenidos permitieron aceptar la hipótesis general, debido a que más del 52 % de los estudiantes considera necesario mejorar la seguridad física universitaria para favorecer la eficiencia operacional. Asimismo, los altos porcentajes de percepción negativa en aspectos como señalización de riesgos, capacitación en seguridad y atención eficiente de los servicios institucionales evidencian que las deficiencias en seguridad física afectan directamente el normal desarrollo de las actividades académicas y administrativas. Esta relación confirma que una gestión inadecuada de la seguridad incide negativamente en el desempeño operativo y en la satisfacción de los usuarios

Para las entrevistas realizadas a 6 directivos, se recurrió a la técnica de análisis y síntesis del contenido, obteniendo el siguiente resumen:

Sobre el estado actual de la seguridad física en la universidad y sus riesgos, los docentes coincidieron en que enfrenta debilidades estructurales, relacionadas al control de accesos, la iluminación de ciertas áreas y la vigilancia en horarios nocturnos, lo que facilita el ingreso de personas ajenas a la institución, robos de pertenencias y una respuesta lenta ante incidentes. Se señaló que las acciones suelen ser reactivas, generando sensación de vulnerabilidad en el campus. Algunos señalaron la ausencia de protocolos claros para emergencias relacionadas a sismos o incendios.

Consistentemente con esto, se consideró que la seguridad física actual influye negativamente en la concentración, puntualidad y continuidad de las actividades académicas, además de generar retrasos en procesos administrativos que provocan interrupciones operativas y uso ineficiente del tiempo y de

Figura 1: Preguntas más relevantes



los recursos institucionales.

En relación con la gestión adecuada de los recursos destinados a la seguridad física, la mayoría consideró que los recursos existen, pero no se gestionan estratégicamente, evidenciándose falta de planificación y escasa capacitación del personal. Se mencionó que la inversión en seguridad no siempre responde a un análisis de riesgos previo.

Los entrevistados insistieron en contar con un modelo adecuado que permita anticiparse a los riesgos, mejorar la coordinación institucional y vincular la seguridad con la eficiencia operacional, desde el fortalecimiento de la cultura preventiva. Con ello se evidencia una percepción compartida de insuficiencia en la gestión actual de la seguridad física, así como un alto nivel de consenso respecto a la necesidad de un nuevo mode-

lo estratégico, lo que respalda la pertinencia del MGESFU como propuesta de mejora institucional.

4. Discusión

Los resultados obtenidos a partir de la tabulación de las encuestas y en el resumen de las entrevistas, evidencian debilidades significativas en la seguridad física universitaria, especialmente en aspectos de señalización de riesgos, capacitación, protocolos, cultura de la prevención y eficiencia de los servicios, lo cual coincide con lo planteado por la literatura científica reciente. En particular, el hecho de que más del 55 % de los estudiantes perciba una señalización inadecuada y cerca del 50 % manifieste desconocimiento de los procedimientos de emergencia, respalda lo señalado por Pérez et al. (2016) quienes sostienen que la seguridad universitaria no depende únicamente de la ausencia de hechos delictivos, sino de la existencia de condiciones organizativas y preventivas que generen entornos seguros y funcionales para la comunidad académica. Esta carencia de prevención estructural observada en los resultados empíricos refuerza la idea de que la seguridad física incide directamente en la continuidad y eficiencia de los procesos institucionales.

Asimismo, los hallazgos relacionados con la capacitación y los protocolos de seguridad concuerdan con lo expuesto por Cortez et al. (2025) quien afirma que la ausencia o débil aplicación de procedimientos formalizados genera respuestas desarticuladas, incrementa los tiempos de reacción y afec-

ta negativamente la gestión institucional. En el presente estudio, la percepción mayoritaria de insuficiente formación en seguridad universitaria se asocia con niveles bajos de satisfacción respecto a la eficiencia de los servicios, lo que confirma que la falta de protocolos claros no solo impacta la seguridad, sino también la eficiencia operacional universitaria.

Por otro lado, los resultados que muestran insatisfacción en la disponibilidad de servicios, soporte técnico y eficiencia general se alinean con los planteamientos de Peñafiel & Véliz (2023) quienes señalan que la eficiencia operacional en las universidades depende de la adecuada gestión de recursos y procesos, los cuales se ven afectados cuando existen interrupciones, riesgos o entornos organizacionales inestables. En este sentido, la percepción de los estudiantes y docentes de que es necesario mejorar la seguridad física para favorecer la eficiencia operacional, confirma empíricamente la relación teórica entre ambas variables, evidenciando que la seguridad física actúa como un factor habilitante del desempeño institucional.

Finalmente, los resultados del estudio coinciden con investigaciones recientes como la de Peng et al. (2024) quienes destacan que la percepción de seguridad en los espacios universitarios influye directamente en el uso de las instalaciones, la participación académica y la productividad institucional. La convergencia entre los datos empíricos y la literatura consultada permite afirmar que las deficiencias identificadas no solo representan un problema de protección, sino también

Tabla 2: Matriz operativa del Modelo de Gestión Estratégica de la Seguridad Física Universitaria (MGESFU)

Componente estratégico	Objetivo operativo	Actividades clave	Responsables	Indicadores (EOS)	Resultados esperados
1. Identificación y evaluación de riesgos	Identificar y priorizar los riesgos físicos que afectan la operación universitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de riesgos físicos • Elaboración de mapas de riesgo • Clasificación según impacto y probabilidad 	Comité de Seguridad Unidad de Gestión de Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • % de áreas evaluadas • N.º de riesgos críticos identificados 	Reducción de eventos críticos y mejor planificación preventiva
2. Prevención y control estratégico	Reducir vulnerabilidades físicas mediante medidas preventivas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de iluminación y señalización • Control de accesos • Aplicación de principios CPTED 	Dirección Administrativa Seguridad Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • % de zonas intervenidas • Tasa de reducción de vulnerabilidades 	Disminución de accesos no autorizados y actos delictivos
3. Gestión por procesos y protocolos	Optimizar la respuesta ante incidentes y la continuidad operativa	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y actualización de protocolos • Integración de seguridad en procesos institucionales 	Dirección Académica Talento Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de respuesta ante incidentes • % de protocolos actualizados 	Mayor rapidez de respuesta y continuidad académica
4. Capacitación y cultura preventiva	Fortalecer la cultura de seguridad en la comunidad universitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitaciones periódicas • Simulacros y campañas informativas 	Talento Humano Bienestar Universitario	<ul style="list-style-type: none"> • % de personal capacitado • Nivel de conocimiento de protocolos 	Reducción de conductas de riesgo y mejora de percepción de seguridad
5. Gestión de recursos y soporte operativo	Optimizar el uso de recursos destinados a la seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación eficiente de recursos • Mantenimiento preventivo • Coordinación con entidades externas 	Dirección Financiera Seguridad Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Costo por incidente • % de mantenimiento ejecutado 	Seguimiento de recursos y sostenibilidad del sistema
6. Monitoreo, evaluación y mejora continua	Evaluar el desempeño del sistema y asegurar su mejora continua	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento de indicadores EOS • Auditorías internas • Ajustes al modelo 	Alta Dirección Comité de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de mejora de indicadores • N.º de acciones correctivas 	Mejora progresiva de la eficiencia operacional

una limitante estructural para la eficiencia operacional, lo que justifica la necesidad de implementar un modelo de gestión estratégica de la seguridad física orientado a la mejora continua de los procesos académicos y administrativos (Astroza, 2024).

Como se resume en la Tabla 2, el modelo resultante del diagnóstico del contexto implica la implementación articulada de seis componentes que permite una gestión estratégica integral de la seguridad física universitaria, donde la reducción sistemática de riesgos se traduce en menores interrupciones operativas, optimización de recursos y mejora sostenida de la eficiencia operacional.

La validación de la propuesta del modelo, tal como lo muestra la Tabla 3, se realizó mediante el método de Juicio de Expertos, estructurado con rigor metodológico. El objetivo de dicho método fue determinar la pertinencia, coherencia, viabilidad y aplicabilidad del Modelo de Gestión Estratégica de la Seguridad Física Universitaria (MGESFU) para la mejora de la eficiencia operacional, a partir de la valoración sistemática de expertos en áreas afines. Los expertos fueron seleccionados mediante muestreo intencional, considerando los siguientes criterios: título de cuarto nivel (maestría o doctorado) en áreas como seguridad, gestión administrativa, gestión universitaria o afines;

experiencia mínima de cinco años en gestión de seguridad, administración universitaria o investigación y Producción académicas o experiencia profesional comprobable relacionada con seguridad, gestión estratégica o eficiencia operacional.

Para ello se diseñó una matriz de validación estructurada en dimensiones y criterios de evaluación del MGESFU la cual se la presentó a tres expertos para que sea validada por cada uno de ellos. Dichos criterios fueron:

- Pertinencia: correspondencia del modelo con la problemática institucional.
- Coherencia interna: consistencia lógica entre objetivos, componentes y resultados.
- Viabilidad: posibilidad real de implementación considerando recursos y contexto.
- Aplicabilidad: facilidad de adopción en instituciones universitarias.

Junto a ello, se utilizó una escala de valores tipo Likert de 4 niveles: 1 = No pertinente, 2 = Poco pertinente, 3 = Pertinente y 4 = Muy pertinente.

Tabla 3: Tabulación de validación de la propuesta

No	Criterio	1	2	3	4
1	Pertinencia				100 %
2	Coherencia interna				100 %
3	Viabilidad			33 %	67 %
4	Aplicabilidad			33 %	67 %

5. Conclusiones

- Arribando a las conclusiones, hay que indicar que, a partir de los hallazgos teóricos y empíricos, se diseñó un modelo de gestión estratégica de la seguridad física universitaria orientado a la mejora de la eficiencia operacional, el cual integra acciones preventivas, organizativas y de control, alineadas con indicadores de desempeño y principios de mejora continua. Este modelo responde a las necesidades detectadas en el diagnóstico y propone una gestión sistemática de la seguridad como un componente estratégico para optimizar los procesos académicos y administrativos.
- Se concluye además que la seguridad física universitaria se sustenta en diversas teorías y enfoques de la administración, tales como la gestión por procesos, la gestión estratégica, la prevención situacional y la gestión del riesgo, las cuales coinciden en la necesidad de planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos destinados a la protección de las personas y bienes. La revisión de investigaciones similares permitió evidenciar que una gestión estructurada de la seguridad física contribuye significativamente a la mejora de la eficiencia operacional, al reducir interrupciones, optimizar recursos y fortalecer la continuidad de los procesos académicos y administrativos.
- Del diagnóstico realizado se concluye que la percepción de la comunidad uni-

versitaria sobre la gestión de la seguridad física y la eficiencia operacional es mayoritariamente desfavorable, evidenciándose debilidades en la señalización de riesgos, el conocimiento de protocolos, la capacitación y la disponibilidad eficiente de los servicios institucionales. Estos resultados reflejan una brecha entre las prácticas actuales de seguridad y las expectativas de la comunidad universitaria, lo cual impacta negativamente en la confianza institucional y en el desempeño operativo.

- La validación de la propuesta mediante el juicio de expertos permitió concluir que el modelo diseñado es viable, pertinente y aplicable al contexto universitario, al presentar coherencia teórica, claridad metodológica y factibilidad operativa. Los expertos coincidieron en que la implementación del modelo contribuiría a fortalecer la seguridad física, mejorar la eficiencia operacional y promover una cultura preventiva dentro de la institución, siempre que cuente con el respaldo institucional y los recursos necesarios

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Acosta Pérez, I., Marrero Delgado, F., Espinosa Acosta, J. Á., Rivero Rodríguez, L. D., & Ramírez Lara, D. (2024). Gestión estratégica de los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 25(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1991-93952024000100013&lng=es&tlng=es.

Aguirre Sala, J. F. (2016). La tecnología de información y comunicación en prevención del delito. *URVIO - Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, 18, 90. <https://doi.org/10.17141/urvio.18.2016.1962>

Alfaro Salas, M. Y., & Salas Ocampo, L. D. (2020). Percepciones estudiantiles sobre seguridad universitaria: el caso de la Universidad Nacional de Costa Rica. *Revista ABRA*, 40(60), 9–47. <https://doi.org/10.15359/abra.40-60.1>




Álvarez Contreras, D. E., Araque Geney, E. A., & Jiménez Lyons, K. A. (2022). Sistema de gestión de la seguridad y sa-

- lud en el trabajo, Mipymes de Sincelejo, Colombia. *Tendencias*, 23(2), 178–201. <https://doi.org/10.22267/rtend.222302.206>
- Astroza Suárez, P. (2024). Presentación del Dossier: la seguridad. Desafíos para los estados y la comunidad internacional. *Iuris Dictio*, 33, 5. <https://doi.org/10.18272/iu.i33.3346>
- Castillo Serrano, J. F., Calle Monroy, T. C., & Pazmiño Garzón, D. L. (2025). An approach to strategic and marketing management in companies affiliated with the Chamber of Small Industries of Azuay (CAPIA). *Visionario Digital*, 9(2), 126–143. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v9i2.3408>
- Checa Cabrera, M., Torres, J., Valencia, F., & Jácome, P. (2025). Fortalecimiento de la seguridad con el uso de cámaras CCTV en institutos de educación superior: seguridad con tecnología en las instituciones de educación superior. *The Thinker's Journal Multidisciplinar*, 1(1). <https://ist17dejulio.edu.ec/ojs/index.php/Intro/article/view/8>
- Cortez Méndez, R. J., Hernández Palomeque, J. A., Mora Medina, A. A., & Savinovich, Coraima D. C. (2025). Transformación del entorno institucional a través de la vigilancia de la salud física como modelo preventivo para el bienestar integral. *Más Vita - Revista de Ciencias de la Salud*, 7(1), 123-132. <https://doi.org/10.47606/acven/mv0265>
- Electo de Paiva, D., Vasconcelos Freitas, M. A., Barbosa, M. C., & Pizzolato, N. D. (2019). Assessing the environmental management and operational efficiency of Brazilian public ports that export soybeans. *Revista de Administração Pública*, 53(2), 492–504. <https://doi.org/10.1590/0034-761220170311>
- Espinoza Sánchez, M. del R., & Sosa Zumárraga, M. A. (2022). Percepción de seguridad en el entorno universitario: acoso, hostigamiento sexual y discriminación. *Tramas y Redes*, (3), 115–134. <https://doi.org/10.54871/cl14c305a>
- Quiguanas Chila, B., & Gavilanes Sagnay, M. A., Gavilanes Sagnay, F., & Chávez Granados, N. A. (2022). La gestión estratégica empresarial desde las tecnologías de la información y la comunicación. *Puntos y reflexiones. Alfa Publicaciones*, 4(1), 46–61. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.130>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Callado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta. Ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Loor Gaibor, J. N. (2025). Diseño de un sistema de control de acceso de estudiantes utilizando la tecnología RFID para el complejo universitario de la Universidad Estatal del Sur de Manabí [Tesis

- de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/8161>
- Mendoza Mera, A. (2025). Theoretical model for human talent management to improve administrative productivity at the Hacienda Amanda Michelle banana plantation. *Conciencia Digital*, 8(3), 23-42. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i3.3434>
- Murillo-Vargas, G., Martos-Guatusmal, P. A., & Díaz-Bambula, F. (2025). Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Una mirada desde las universidades acreditadas en alta calidad de Colombia. *Formación Universitaria*, 18(1), 111–120. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062025000100111>
- Paredes Espín, L. S. (2016). Estudio de un sistema de seguridad física aplicando tecnología en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20545>
- Peng, Y.-L., Li, Y., Cheng, W.-Y., & Wang, K. (2024). Evaluation and optimization of sense of security during the day and night in campus public spaces based on physical environment and psychological perception. *Sustainability*, 16(3), 1256. <https://doi.org/10.3390/su16031256>
- Peñafiel Mera, C. A., & Véliz Ibarra, J. J. (2023). Implementación de un sistema de seguridad física basado en IoT para el control de acceso y detención de posibles intrusos en el Centro de Datos de la FIEC [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador]. <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/60574/1/T-114078%20INGE-2222.pdf>
- Pérez Toro, W. F., Benitez, L. C., Celis, D. C., & Rojas Bermeo, D. P. (2016). Universidad y seguridad. Hechos, situaciones, comunidades. *Estudios Políticos*, (48), 243–266. <https://doi.org/10.17533/udea.espo.n48a13>
- Portalanza Molina, N. de J., & Valverde González, V. L. (2019). Diseño de un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad. *Ciencia Digital*, 3(3.2.1), 144-163. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.788>
- Rodríguez Fiallos, R. F. (2022). Modelo de gestión estratégica para la seguridad física en la UPSE, año 2021 [Tesis de maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador]. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a6858a88-b146-428d-9a9f-eb7ff46e9028/content>
- Ruiz Guajala, M. E. (2023). Análisis espacial de la eficiencia de las empresas manufactureras del Ecuador. *Revista San Gregorio*, 52, 51–73. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i52.2118>

La responsabilidad penal por el uso de Deep Learning en delitos cometidos contra menores de edad

Criminal liability for the use of Deep Learning in crimes committed against minors

- 1 Emma Rosa García Delgado  <https://orcid.org/0009-0000-7887-307X>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Derecho Penal
emmagarcia28@yahoo.com
- 2 Ángela Elizabeth Bustillos Núñez  <https://orcid.org/0009-0002-7607-0067>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
aebustillosn@ube.edu.ec
- 3 Sandra Patricia Morejón Llanos  <https://orcid.org/0009-0009-7229-438X>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador.
spmorejnl@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/01/2026

Revisado: 10/02/2026

Aceptado: 24/03/2026

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3650>

Cítese:

García Delgado, E. R., Bustillos Núñez, Ángela E., & Morejón Llanos, S. P. (2026). La responsabilidad penal por el uso de Deep Learning en delitos cometidos contra menores de edad. *Ciencia Digital*, 10(2), 187-207. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3650>



Ciencia Digital
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Deep Learning generativo, responsabilidad penal, delitos contra menores, evidencia digital sintética, inteligencia artificial, derecho penal tecnológico.

Resumen: Introducción: el desarrollo del Deep Learning generativo introdujo nuevas formas de riesgo en el entorno digital, particularmente en relación con la producción y difusión de contenido sexual sintético que afecta a niños, niñas y adolescentes. Estas tecnologías permiten la creación de representaciones altamente realistas sin necesidad de un hecho material previo, lo que plantea desafíos significativos para la tipificación penal, la imputación de responsabilidad y la valoración probatoria. Objetivos: el presente artículo analiza la responsabilidad penal derivada del uso del Deep Learning en delitos contra menores de edad desde un enfoque jurídico-analítico con base socio-técnica, orientado a evaluar la suficiencia del marco penal ecuatoriano frente a riesgos tecnológicos emergentes. Metodología: a través de un análisis normativo-comparado y del examen crítico de los retos probatorios asociados a la evidencia digital sintética, se identifican vacíos de tipificación y tensiones con los principios de legalidad y culpabilidad. Resultados: Existencia de un vacío normativo en el Ecuador, ineficacia del modelo penal tradicional frente a delitos con IA. Conclusiones: finalmente, se proponen lineamientos normativos y directrices técnicas destinadas a fortalecer una respuesta penal eficaz, garantista y centrada en la protección integral de la niñez frente a los usos ilícitos de la inteligencia artificial. Área de estudio general: Ciencias Sociales. Área de estudio específica: Jurisprudencia. Tipo de artículo: original.

Keywords: Generative deep learning, criminal liability, offenses against minors, synthetic digital evidence, artificial intelligence, technological criminal law.

Introduction: the development of generative Deep Learning introduced new forms of risk in the digital environment, particularly in relation to the production and dissemination of synthetic sexual content that affects children and adolescents. These technologies allow for the creation of highly realistic representations without the need for prior material fact, posing significant challenges for criminalization, attribution of responsibility, and evidentiary assessment. Objectives: this article analyzes the criminal responsibility derived from the use of Deep Learning in crimes against minors from a legal-analytical approach with a socio-technical basis, aimed at evaluating the sufficiency of the Ecuadorian criminal framework in the face of emerging technological risks. Methodology: through a normative-comparative analysis and the critical examination of the evidentiary challenges associated with synthetic digital evidence, typification gaps and

tensions with the principles of legality and culpability are identified. Results: existence of a regulatory vacuum in Ecuador, ineffectiveness of the traditional penal model against crimes with AI. Conclusions: finally, normative guidelines and technical guidelines are proposed to strengthen an effective, safeguarding criminal response focused on the comprehensive protection of children against the illicit uses of artificial intelligence. General area of study: Social Sciences. Specific area of study: Jurisprudence. Type of item: original.

1. Introducción

El impacto de estos sistemas está amenazado por herramientas de “humanización” (como StealthWriter o Undetectable AI) que procesan el contenido generado por IA introduciendo errores sintácticos sutiles y variaciones léxicas que “rompen” los patrones de detección. Esto provoca una “carrera armamentista” tecnológica entre los que producen contenidos y los que procuran validarlos, por lo que la ética del estudiante y el diseño de evaluaciones auténticas por parte del docente son de nuevo el pilar fundamental (UNESCO, 2023).

Uno de los ámbitos más sensibles frente a estas nuevas tecnologías es la protección de niños, niñas y adolescentes en el entorno digital. Diversos informes internacionales advirtieron que la IA generativa está siendo utilizada para producir material sexual infantil sintético, lo que configura una modalidad emergente de explotación sexual en línea. Este tipo de contenido, aun cuando no derive directamente de un abuso físico documentado, produce efectos lesivos significativos sobre la dignidad, la integridad

psicológica y el desarrollo integral de las víctimas, agravados por la rápida difusión y persistencia del material en plataformas digitales (*United Nations Interregional Crime and Justice Research Institute [UNICRI], 2024; Oficina Europea de Policía [Europol], 2025; WeProtect Global Alliance, 2025*).

La problemática del material sexual infantil generado mediante IA fue abordada desde una perspectiva de riesgo global, al evidenciarse que las herramientas de generación sintética reducen las barreras técnicas y económicas para la producción de contenido ilícito. Estudios recientes señalan que esta accesibilidad tecnológica facilitó prácticas como la suplantación de identidad, la “nudificación” sintética, la extorsión digital y el grooming automatizado, configurando escenarios delictivos que desafían las categorías tradicionales del derecho penal y del derecho procesal penal (*Internet Watch Foundation, 2024; National Center for Missing & Exploited Children, 2025*).

¿Desde el punto de vista jurídico-penal, el uso del Deep Learning en delitos contra menores plantea tensiones relevantes entre la

necesidad de una tutela reforzada de bienes jurídicos especialmente protegidos y el respeto a los principios estructurales del derecho penal, tales como la legalidad, la tipicidad estricta y la culpabilidad. La doctrina penal contemporánea señala que los sistemas normativos diseñados para conductas materiales tradicionales presentan dificultades para responder adecuadamente a riesgos derivados de tecnologías altamente automatizadas y desmaterializadas, lo que puede generar tanto lagunas de punibilidad como respuestas normativas desproporcionadas en contextos de criminalidad tecnológica avanzada (Silva, 2011; Brownword, 2022; Hildebrandt, 2020).

En el contexto ecuatoriano, esta tensión se manifiesta de forma particular. Si bien el ordenamiento jurídico reconoce la protección prioritaria de los derechos de niños, niñas y adolescentes, y contempla tipos penales relacionados con delitos sexuales y delitos informáticos, el Código Orgánico Integral Penal no regula de manera expresa las conductas vinculadas a la producción, posesión o difusión de contenido sexual infantil generado mediante inteligencia artificial. Esta ausencia normativa dificulta la imputación clara de responsabilidades penales y genera incertidumbre en la valoración de la conducta y del daño jurídico producido (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

A ello se añaden los desafíos probatorios propios del contenido digital sintético. La evidencia generada o manipulada mediante sistemas de IA presenta problemas específicos relacionados con la autenticidad,

la integridad y la trazabilidad de los archivos digitales. La literatura especializada en informática forense y gestión de evidencia digital subraya que, sin protocolos adecuados de preservación, cadena de custodia y análisis pericial especializado, existe un alto riesgo de impunidad o de decisiones judiciales basadas en pruebas técnicamente débiles (International Organization for Standardization [ISO], 2012; Casey, 2011).

En respuesta a estos desafíos, distintos organismos internacionales promovieron marcos regulatorios y de gobernanza de la inteligencia artificial basados en el enfoque de riesgos y en la protección de derechos humanos, con especial atención a los grupos en situación de vulnerabilidad, como los menores de edad. Instrumentos como las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2024), los principios de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2019) y los marcos de gestión de riesgos del National Institute of Standards and Technology (NIST, 2023) ofrecen criterios relevantes para orientar reformas normativas y fortalecer la respuesta institucional frente a los usos ilícitos de la IA, sin criminalizar la tecnología en abstracto.

En este marco, el presente artículo tiene como objetivo analizar la responsabilidad penal derivada del uso del Deep Learning generativo en delitos cometidos contra menores de edad, a partir de un enfoque jurídico-analítico orientado a evaluar la suficiencia del marco penal ecuatoriano frente a riesgos

tecnológicos emergentes. El estudio examina críticamente los vacíos de tipificación y los desafíos probatorios asociados a la evidencia digital sintética, integrando un análisis normativo-comparado y una aproximación socio-técnica que permite contextualizar la interacción entre inteligencia artificial y derecho penal. Con base en este enfoque, se formulan propuestas normativas y directrices técnicas dirigidas a fortalecer una respuesta penal eficaz, garantista y centrada en la protección integral de niños, niñas y adolescentes frente a los usos ilícitos de la inteligencia artificial.

2. Metodología

La investigación se desarrolla a partir de un enfoque cualitativo jurídico, orientado al análisis crítico de la responsabilidad penal en contextos tecnológicos complejos. Este enfoque resulta particularmente adecuado para el estudio de fenómenos normativos emergentes vinculados a la inteligencia artificial, en los que el objeto de análisis no es empírico-estadístico, sino interpretativo, sistemático y valorativo, centrado en la suficiencia del derecho vigente frente a nuevos riesgos sociales (McCrudden, 2019; Banakar & Travers, 2005).

El diseño metodológico se apoya en el método dogmático-jurídico, entendido como una técnica de análisis estructural de normas, principios y categorías jurídicas, que permite examinar la coherencia interna del sistema penal y su capacidad de respuesta frente a conductas no previstas explícitamente por el legislador. Este método resulta idóneo para

identificar vacíos de tipificación, problemas de subsunción y tensiones entre innovación tecnológica y principios penales clásicos, sin recurrir a interpretaciones extensivas incompatibles con el principio de legalidad (Hirschl, 2020; Berman, 2011).

De manera complementaria, se utiliza el método de análisis normativo-comparado, con el fin de contrastar el ordenamiento ecuatoriano con desarrollos regulatorios recientes en otros contextos jurídicos. A diferencia del derecho comparado tradicional, este análisis se enfoca en la función regulatoria de la norma frente a riesgos tecnológicos, priorizando instrumentos recientes y experiencias normativas que abordan específicamente la interacción entre inteligencia artificial, protección de menores y responsabilidad penal (De Londras & Mullanly, 2020; Brownsword, 2022).

La investigación incorpora, además, un análisis jurídico de base socio-técnica, que permite contextualizar el fenómeno del Deep Learning generativo sin convertir el estudio en un trabajo técnico. Este enfoque reconoce que las normas jurídicas operan sobre infraestructuras digitales concretas y que su eficacia depende de una comprensión mínima de los procesos tecnológicos subyacentes, especialmente cuando estos influyen en la producción de prueba, la atribución de responsabilidad y la valoración del daño jurídico (Yeung, 2018; Hildebrandt, 2020).

Desde el punto de vista analítico, la investigación se estructura en tres momentos: (i) un análisis descriptivo-conceptual, destinado a

delimitar el fenómeno del Deep Learning generativo en su dimensión jurídicamente relevante; (ii) un análisis crítico-normativo, orientado a evaluar la suficiencia del marco penal ecuatoriano frente a estos riesgos; y (iii) un análisis propositivo, dirigido a la formulación de reformas normativas y directrices técnicas. Esta secuencia metodológica permite articular de manera coherente el diagnóstico jurídico con las propuestas formuladas en el trabajo (Brownsword, 2022).

3. Resultados

El actual sistema ecuatoriano no puede atribuir responsabilidad de forma eficaz, lo que abre espacios de impunidad. El Ecuador no solo tiene un vacío, sino un retraso normativo frente a estándares internacionales, lo cual establece una omisión normativa que limita la respuesta penal.

3.1 *Deep Learning generativo y creación de contenido sintético*

Desde el enfoque jurídico-analítico y socio-técnico adoptado en esta investigación, los delitos cometidos mediante tecnologías de Deep Learning generativo plantean retos probatorios y procesales sustanciales para el sistema penal contemporáneo, especialmente cuando involucran a menores de edad. La literatura reciente coincide en que la naturaleza sintética, automatizada y altamente replicable de este tipo de contenido desborda los esquemas tradicionales de investigación penal y exige la actualización de los criterios de obtención, preservación y valoración de la evidencia digital (Verdoliva, 2020; Mirsky & Lee, 2021).

Uno de los principales desafíos se relaciona con la identificación y preservación de la evidencia digital sintética. El contenido generado mediante inteligencia artificial puede carecer de un “original” claramente identificable y puede ser modificado o redistribuido sin pérdida apreciable de calidad, lo que incrementa el riesgo de contaminación probatoria. Estudios recientes subrayan la necesidad de aplicar protocolos de preservación temprana orientados a garantizar la integridad técnica del material digital, la conservación de metadatos relevantes y la trazabilidad de los archivos durante todo el proceso investigativo (NIST, 2023; Verdoliva, 2020).

La cadena de custodia digital, en este contexto, adquiere una dimensión reforzada. La ausencia de mecanismos claros de verificación de integridad y continuidad puede comprometer seriamente la admisibilidad y la fuerza probatoria del contenido sintético en sede judicial. Desde una perspectiva procesal actualizada, se destaca la importancia de incorporar herramientas de verificación técnica y registros documentales que permitan demostrar que la evidencia no fue alterada desde su obtención hasta su valoración judicial (NIST, 2023; Mirsky & Lee, 2021).

Otro reto relevante se presenta en el ámbito de la pericia especializada en detección de contenido generado por inteligencia artificial. La rápida evolución de los modelos generativos genera una brecha constante entre las capacidades de generación y las herramientas de detección disponibles. Investigaciones recientes advierten que los informes

periciales deben explicitar de forma transparente sus metodologías, márgenes de error y limitaciones técnicas, evitando conclusiones categóricas que no puedan ser adecuadamente contrastadas en juicio (Tolosana et al., 2020; Köbis et al., 2021).

Desde el punto de vista procesal, la complejidad técnica de este tipo de evidencia plantea interrogantes sobre el equilibrio entre la autoridad técnica del perito y la función valorativa del juez. La doctrina contemporánea señala que la opacidad algorítmica y la especialización técnica pueden generar una dependencia excesiva del criterio pericial, por lo que resulta indispensable fortalecer la capacitación técnica básica de los operadores de justicia para garantizar una valoración probatoria crítica, razonada y respetuosa del principio de contradicción (Chesney & Citron, 2019; Floridi et al., 2018).

Asimismo, los delitos mediados por Deep Learning presentan con frecuencia una dimensión transnacional, derivada del uso de plataformas digitales globales y servicios de computación en la nube. Informes recientes advierten que la lentitud en la cooperación internacional y la falta de mecanismos eficaces de preservación urgente de datos constituyen obstáculos relevantes para la persecución penal de estas conductas, particularmente en casos de explotación sexual infantil en línea (Europol, 2025; UNICRI, 2024).

En los procesos que involucran a menores de edad, estos retos probatorios deben abordarse desde un enfoque de protección reforzada, orientado a minimizar la revictimización

durante la investigación y el juzgamiento. La literatura especializada destaca la necesidad de limitar la exposición innecesaria de las víctimas al contenido ilícito, así como de adoptar técnicas procesales sensibles al impacto psicológico del proceso penal, sin menoscabar el derecho de defensa ni las garantías del imputado (WeProtect Global Alliance, 2025).

3.2 Marco jurídico ecuatoriano y vacíos de tipificación frente a Deep Learning

El ordenamiento jurídico ecuatoriano reconoce una protección reforzada de los derechos de niños, niñas y adolescentes, especialmente frente a toda forma de violencia, explotación y vulneración de su dignidad, incluidas aquellas que se manifiestan en entornos digitales. Este mandato se fundamenta en la Constitución de la República y se articula con obligaciones internacionales asumidas por el Estado en materia de derechos humanos y protección de la infancia, que exigen respuestas normativas eficaces frente a riesgos tecnológicos emergentes (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014; Consejo de Europa, 2024).

En el ámbito penal, el Código Orgánico Integral Penal tipifica delitos relacionados con la explotación sexual infantil, la pornografía y determinadas conductas informáticas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014). Sin embargo, estas disposiciones fueron diseñadas bajo un paradigma tecnológico previo al desarrollo masivo de la inteligencia artificial generativa, lo que genera dificultades sustantivas para su aplicación a escenarios

en los que el daño se produce mediante representaciones sintéticas creadas algorítmicamente, sin un hecho material previo que sirva de referencia probatoria directa (UNICRI, 2024; Europol, 2025).

Uno de los principales vacíos del marco penal ecuatoriano radica en la ausencia de una tipificación expresa de conductas vinculadas a la producción, posesión y difusión de material sexual infantil sintético. Informes recientes advirtieron que la IA generativa permite crear imágenes y videos sexualizados de menores a partir de datos mínimos, incluso sin contacto directo con la víctima, lo que dificulta la persecución penal cuando los tipos existentes exigen la constatación de un acto material tradicional (*Internet Watch Foundation, 2024; WeProtect Global Alliance, 2025*).

Asimismo, el marco jurídico ecuatoriano carece de disposiciones específicas que aborden prácticas emergentes como la suplantación biométrica mediante Deep Learning, la “nudificación” sintética o el uso de agentes conversacionales automatizados para el grooming digital. Estas conductas fueron identificadas a nivel internacional como amenazas crecientes para la seguridad y el desarrollo integral de los menores, y motivaron reformas normativas recientes en otros ordenamientos, basadas en el enfoque de riesgo tecnológico y la protección reforzada de la infancia (*European Parliament & Council of the European Union, 2024; Department for Science, Innovation & Technology, 2025*).

En el plano complementario, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales introduce principios relevantes para el tratamiento de datos sensibles, incluidos datos biométricos e imágenes de menores de edad, tales como licitud, minimización y seguridad (Asamblea Nacional del Ecuador, 2021). No obstante, su alcance es predominantemente administrativo y preventivo, por lo que resulta insuficiente para abordar las consecuencias penales derivadas del uso del Deep Learning con fines de explotación sexual infantil. Esta fragmentación normativa evidencia la necesidad de una articulación más coherente entre la protección de datos, la regulación de la inteligencia artificial y el derecho penal sustantivo (Reglamento general a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales) (Presidencia de la República del Ecuador, 2023).

El derecho comparado muestra una tendencia clara hacia la actualización de los marcos penales frente a estos riesgos. Instrumentos recientes, como el Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2024) identificaron como prácticas de alto riesgo aquellas que explotan vulnerabilidades relacionadas con la edad, e impulsaron obligaciones reforzadas de prevención, supervisión y responsabilidad. Aunque estas normas no sustituyen al derecho penal interno, ofrecen criterios relevantes para orientar reformas legislativas compatibles con los principios de legalidad y proporcionalidad (*European Parliament & Council of the European Union, 2024; Consejo de Europa, 2024*).

En consecuencia, el marco jurídico ecuatoriano presenta un desfase normativo significativo frente a las nuevas modalidades delictivas mediadas por inteligencia artificial generativa. La ausencia de tipificaciones específicas y de agravantes vinculadas al uso de Deep Learning limita la eficacia de la respuesta penal y dificulta la protección integral de los menores en el entorno digital. Este escenario justifica la necesidad de reformas legislativas actualizadas, basadas en evidencia internacional reciente y en un enfoque de riesgo, que permitan cerrar los vacíos existentes sin comprometer las garantías fundamentales del derecho penal.

3.3 *Imputación y responsabilidad penal en delitos mediados por Deep Learning*

La imputación de responsabilidad penal en delitos mediados por tecnologías de Deep Learning requiere adaptar las categorías tradicionales del derecho penal a escenarios caracterizados por la automatización, la desmaterialización de la conducta y la intermediación tecnológica. A diferencia de los delitos informáticos clásicos, en los que el autor mantiene un control directo sobre la acción, los sistemas de inteligencia artificial introducen cadenas de intervención más complejas, en las que participan usuarios, desarrolladores, proveedores de servicios y plataformas digitales, lo que obliga a redefinir los criterios de atribución penal de forma compatible con los principios de legalidad y culpabilidad (Brundage et al., 2018; Saltelli & Funtowicz, 2004).

Desde un enfoque contemporáneo de ges-

ción del riesgo, la imputación penal puede fundarse en la creación, incremento o tolerancia de riesgos tecnológicamente relevantes que se materializan en la lesión de bienes jurídicos especialmente protegidos, como la indemnidad sexual y la dignidad de los menores de edad. En este sentido, el uso deliberado de herramientas de Deep Learning para generar o difundir material sexual infantil sintético constituye un supuesto claro de asunción consciente del riesgo, mientras que la facilitación negligente de estas tecnologías puede dar lugar a formas de responsabilidad por imprudencia grave, cuando el resultado era objetivamente previsible (Saltelli & Funtowicz, 2004; Floridi et al., 2018).

El análisis del elemento subjetivo adquiere particular relevancia en contextos de inteligencia artificial generativa. La literatura reciente señala que el dolo puede configurarse no solo a partir de la intención directa de producir el resultado, sino también mediante la aceptación consciente de los efectos potencialmente lesivos del uso de sistemas generativos en entornos de alto riesgo. En delitos contra menores, la previsibilidad del daño y el conocimiento generalizado sobre los usos ilícitos de estas tecnologías refuerzan la posibilidad de apreciar dolo eventual o, en su defecto, imprudencia penalmente relevante (Cheng et al., 2017; Brundage et al., 2018).

La responsabilidad penal de actores intermedios como desarrolladores de software, proveedores de servicios de alojamiento o plataformas digitales se convirtió en uno de

los aspectos más debatidos en la doctrina reciente. En estos supuestos, la imputación no se basa en la autoría directa del contenido ilícito, sino en la omisión de deberes razonables de prevención, supervisión o retirada, especialmente cuando estos actores tienen capacidad técnica y organizativa para mitigar el riesgo. Este enfoque se vincula con modelos de responsabilidad por omisión impropia y con la noción de posiciones de garantía derivadas del control de infraestructuras digitales de alto impacto (*European Parliament & Council of the European Union, 2024; Council of Europe, 2024*).

Asimismo, la responsabilidad penal de las personas jurídicas adquiere una dimensión central en los delitos mediados por inteligencia artificial. La doctrina contemporánea sostiene que las organizaciones pueden ser penalmente responsables cuando la comisión del delito revela fallas estructurales en los sistemas de cumplimiento, ausencia de evaluaciones de riesgo o incentivos económicos que favorecen la tolerancia de conductas ilícitas. En el contexto del Deep Learning, la falta de mecanismos de control, auditoría y trazabilidad puede constituir un indicio relevante de negligencia organizacional penalmente imputable (Nieto, 2013; NIST, 2023).

En el ámbito específico de la protección de menores, los estándares internacionales recientes enfatizan la necesidad de aplicar un estándar reforzado de diligencia a todos los actores que operan tecnologías con potencial de daño significativo. Este enfoque no implica una criminalización general de la

innovación, sino la exigencia de medidas proporcionales de prevención y control en actividades consideradas de alto riesgo. La imputación penal, en estos casos, debe articularse de manera cuidadosa para sancionar conductas verdaderamente reprochables sin erosionar las garantías fundamentales del derecho penal (*WeProtect Global Alliance, 2025; UNICRI, 2024*).

3.4 Retos probatorios y procesales: evidencia digital y contenido sintético

La incorporación de tecnologías de Deep Learning en la comisión de delitos contra menores de edad introduce retos probatorios sustanciales para el proceso penal, especialmente en lo relativo a la obtención, preservación, análisis y valoración de la evidencia digital. A diferencia de los medios probatorios tradicionales, el contenido sintético generado por inteligencia artificial presenta características técnicas que dificultan la determinación de su origen, autenticidad e integridad, lo que exige una adaptación de los estándares procesales y periciales vigentes (Verdoliva, 2020; Mirsky & Lee, 2021).

Uno de los principales desafíos radica en la identificación y preservación de la evidencia digital. Los archivos audiovisuales sintéticos pueden ser copiados, modificados o redistribuidos sin pérdida apreciable de calidad, lo que incrementa el riesgo de alteración probatoria. Por ello, la literatura especializada subraya la necesidad de aplicar protocolos estrictos de preservación temprana, que incluyan la conservación de metadatos, el aseguramiento de dispositivos y la

documentación exhaustiva de cada etapa del proceso de recolección, conforme a estándares internacionales de informática forense (Kent et al., 2006; ISO, 2012).

En los casos de contenido generado mediante Deep Learning, la cadena de custodia digital adquiere un valor central. La ausencia de registros claros sobre el origen del archivo, las herramientas utilizadas o las modificaciones realizadas puede comprometer la admisibilidad de la prueba o debilitar su fuerza probatoria en juicio. En este contexto, los lineamientos técnicos recomiendan el uso de mecanismos de sellado criptográfico, registros de integridad y procedimientos reproducibles que permitan verificar que la evidencia no fue alterada desde su incautación hasta su presentación en sede judicial (Casey, 2011; ISO, 2012).

Otro reto relevante es la pericia especializada en detección de contenido sintético. Si bien existen técnicas forenses orientadas a identificar patrones de manipulación o generación algorítmica, la rápida evolución de los modelos generativos produce una brecha constante entre las capacidades de generación y las herramientas de detección. Esta asimetría tecnológica implica que los informes periciales deben explicitar de manera transparente sus márgenes de error, limitaciones metodológicas y niveles de confianza, a fin de evitar conclusiones categóricas no sustentadas científicamente (Rössler et al., 2019; Tolosana et al., 2020).

Desde el punto de vista procesal, la valoración de este tipo de evidencia plantea in-

terrogantes sobre los criterios de confiabilidad y suficiencia probatoria. Diversos autores advirtieron que la complejidad técnica de los algoritmos puede generar una dependencia excesiva del criterio pericial, desplazando indebidamente la función valorativa del juez. Frente a ello se propuso reforzar la capacitación de operadores de justicia y establecer pautas claras para la evaluación crítica de la prueba pericial en casos que involucren inteligencia artificial (Chesney & Citron, 2019; Floridi et al., 2018).

Adicionalmente, los delitos mediatos por Deep Learning suelen presentar una dimensión transnacional, debido al uso de plataformas globales, servicios en la nube y redes descentralizadas. Esta característica dificulta la obtención oportuna de información relevante, como registros de acceso, direcciones IP o datos de usuarios, y exige mecanismos ágiles de cooperación internacional y conservación urgente de datos. Organismos internacionales señalaron que la falta de coordinación entre autoridades y plataformas tecnológicas constituye uno de los principales obstáculos para la persecución penal efectiva de estos delitos (Europol, 2025; UNICRI, 2024).

En el caso específico de delitos contra menores, los retos probatorios deben analizarse desde un enfoque de protección reforzada, que priorice la minimización de la revictimización durante el proceso penal. Ello implica adoptar medidas procesales que eviten la exposición innecesaria de la víctima al contenido ilícito, así como el uso de técnicas probatorias que reduzcan el impacto psi-

cológico del proceso judicial, sin menoscabar el derecho de defensa ni el principio de contradicción (WeProtect Global Alliance, 2025; Consejo de Europa, 2024).

3.5 Derecho comparado y estándares internacionales

El análisis comparado constituye una herramienta clave para abordar los desafíos que plantea el uso del Deep Learning generativo en delitos contra menores de edad, en la medida en que permite identificar tendencias regulatorias emergentes, buenas prácticas normativas y criterios interpretativos que pueden orientar reformas internas. En los últimos años, diversos ordenamientos y organismos internacionales reconocieron que la inteligencia artificial genera riesgos específicos para la infancia, lo que impulsó respuestas normativas basadas en la protección reforzada y en el enfoque de riesgo tecnológico (OECD, 2019; UNESCO, 2024).

En el ámbito europeo, la adopción del Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2024) (AI Act) representa uno de los desarrollos normativos más relevantes. Este instrumento establece un sistema de clasificación de riesgos y prohíbe prácticas que explotan vulnerabilidades relacionadas con la edad, además de imponer obligaciones reforzadas para sistemas considerados de alto riesgo. Si bien el AI Act no es una norma penal en sentido estricto, su enfoque resulta especialmente relevante para los delitos contra menores, al identificar usos de la IA que requieren

controles estrictos, supervisión humana y mecanismos de rendición de cuentas (*European Parliament & Council of the European Union*, 2024).

De manera complementaria, el Consejo de Europa (2024) promovió un marco jurídico orientado a garantizar la compatibilidad de los sistemas de inteligencia artificial con los derechos humanos, la democracia y el Estado de derecho. La Convención Marco sobre Inteligencia Artificial y Derechos Humanos (Council of Europe, 2024). subraya la obligación de los Estados de prevenir daños significativos derivados del uso de tecnologías automatizadas, con especial atención a los grupos en situación de vulnerabilidad, como los niños, niñas y adolescentes. Este enfoque refuerza la necesidad de integrar estándares de protección infantil en las respuestas penales y procesales frente al uso ilícito de la IA.

En el contexto anglosajón, el Reino Unido avanzó en el reconocimiento explícito del material de abuso sexual infantil generado por inteligencia artificial como una amenaza creciente. Informes gubernamentales recientes y reformas legislativas enfatizaron la persecución penal de la creación de imágenes sexuales sintéticas de menores “en la fuente”, es decir, antes de su difusión masiva, destacando la necesidad de criminalizar estas conductas incluso cuando no exista una víctima identificable en un hecho real previo (*Department for Science, Innovation & Technology*, 2025).

A nivel internacional, organismos especiali-

zados alertaron de manera reiterada sobre el impacto de la inteligencia artificial generativa en la explotación sexual infantil en línea. La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito y el UNICRI (2024) señalaron que la IA amplifica la escala y la sofisticación de estas conductas, dificultando la detección y persecución penal. En respuesta se recomendó marcos normativos integrales que combinen tipificación penal específica, cooperación internacional y fortalecimiento de capacidades técnicas en las agencias de justicia (UNICRI, 2024).

Por su parte, iniciativas multilaterales como *WeProtect Global Alliance* (2025) y los reportes estratégicos de Europol (2025) puso énfasis en la necesidad de respuestas coordinadas entre Estados, plataformas digitales y proveedores tecnológicos. Estos organismos destacan que la persecución penal aislada resulta insuficiente frente a delitos transnacionales mediados por inteligencia artificial, y proponen modelos de gobernanza que integren prevención, detección temprana, preservación de evidencia digital y protección centrada en la víctima.

Asimismo, los marcos de gobernanza y gestión de riesgos de la inteligencia artificial, como los desarrollados por el NIST (2023) aportan criterios técnicos relevantes para el ámbito penal. Aunque estos instrumentos no tienen carácter sancionador, ofrecen estándares sobre evaluación de riesgos, trazabilidad, transparencia y responsabilidad organizacional que pueden ser incorporados como referencias técnicas en investigaciones penales y en la formulación de políticas

públicas orientadas a la protección de menores frente a usos ilícitos de la IA (NIST, 2023).

En conjunto, el derecho comparado y los estándares internacionales evidencian una convergencia hacia modelos normativos que reconocen el carácter altamente riesgoso del uso de inteligencia artificial generativa en contextos que involucran a menores de edad. Estas experiencias muestran que una respuesta eficaz no depende exclusivamente de la expansión del derecho penal, sino de la articulación entre tipificación precisa, obligaciones preventivas, cooperación internacional y fortalecimiento de capacidades técnicas. Para el caso ecuatoriano, estos desarrollos ofrecen insumos valiosos para diseñar reformas coherentes con las tendencias globales y con los principios fundamentales del derecho penal.

3.6 *Propuesta de reformas normativas y directrices técnicas para Ecuador*

El análisis previo evidencia que el ordenamiento jurídico ecuatoriano presenta un desfase significativo frente a las nuevas modalidades delictivas mediadas por tecnologías de Deep Learning generativo, especialmente cuando estas afectan a niños, niñas y adolescentes. En este contexto, resulta necesario proponer un conjunto de reformas normativas y directrices técnicas que permitan fortalecer la tutela penal sin comprometer los principios fundamentales del derecho penal ni obstaculizar el desarrollo legítimo de la innovación tecnológica.

En el plano del derecho penal sustantivo, se

propone la incorporación de una tipificación específica de las conductas relacionadas con la producción, posesión y difusión de material sexual infantil generado mediante inteligencia artificial. Esta figura penal debería describir de forma expresa la creación de representaciones sintéticas sexualizadas de menores, independientemente de la existencia de un hecho material real previo, atendiendo al daño jurídico que produce la representación y su circulación. La experiencia comparada demuestra que la claridad típica es esencial para evitar vacíos de punibilidad y garantizar el respeto al principio de legalidad (UNICRI, 2024; *Department for Science, Innovation & Technology*, 2025).

De manera complementaria, se recomienda incorporar una agravante específica para los delitos contra la integridad sexual, la intimidad y la identidad personal cuando se empleen herramientas de Deep Learning u otros sistemas de inteligencia artificial generativa. Esta agravante permitiría reflejar el mayor grado de reproche asociado a la sofisticación tecnológica, la facilidad de difusión masiva y la persistencia del daño en entornos digitales, sin necesidad de crear tipos penales excesivamente fragmentados (*European Parliament & Council of the European Union*, 2024; **WeProtect Global Alliance**, 2025).

En relación con la responsabilidad penal de personas jurídicas, se sugiere reforzar las disposiciones existentes para contemplar de manera expresa la obligación de implementar sistemas de gestión del riesgo tecnológico en organizaciones que desarrollen,

operen o faciliten tecnologías de alto impacto. La ausencia de evaluaciones de riesgo, mecanismos de control interno, auditorías técnicas o canales eficaces de denuncia debería considerarse un indicio relevante de negligencia organizacional penalmente imputable, en consonancia con los enfoques contemporáneos de gobernanza de la inteligencia artificial (NIST, 2023; OECD, 2019).

Desde la perspectiva procesal y probatoria, se propone la adopción de reglas mínimas para la preservación y análisis de evidencia digital en casos que involucren contenido sintético. Estas reglas deberían incluir la conservación temprana de metadatos, el uso de sellos de integridad criptográfica, la documentación exhaustiva de la cadena de custodia digital y la estandarización de criterios para la pericia en detección de contenido generado por IA. La incorporación de estos lineamientos fortalecería la confiabilidad de la prueba y reduciría el riesgo de impunidad por deficiencias técnicas (ISO, 2012; Kent et al., 2006; NIST, 2023).

Asimismo, resulta recomendable el desarrollo de protocolos especializados de actuación para fiscales, jueces y peritos en casos de delitos contra menores mediados por inteligencia artificial. Estos protocolos deberían contemplar medidas orientadas a minimizar la revictimización, limitar la exposición innecesaria al contenido ilícito y garantizar un enfoque centrado en los derechos de la niñez, sin menoscabar el derecho de defensa ni el principio de contradicción. La capacitación técnica continua de los operadores de justicia constituye un elemento

indispensable para la aplicación efectiva de estas directrices (Consejo de Europa, 2024; *WeProtect Global Alliance*, 2025).

En el ámbito de la cooperación interinstitucional e internacional, se propone fortalecer los mecanismos de preservación urgente de datos y de intercambio de información con plataformas digitales y autoridades extranjeras. Dada la naturaleza transnacional de los delitos mediados por Deep Learning, la eficacia de la persecución penal depende en gran medida de la rapidez en la obtención de registros técnicos y de la coordinación entre actores públicos y privados. Las experiencias internacionales muestran que la falta de cooperación temprana constituye uno de los principales obstáculos para la protección efectiva de menores en el entorno digital (Europol, 2025; UNICRI, 2024).

4. Discusión

Los hallazgos de este estudio confirman que el uso del Deep Learning generativo en delitos cometidos contra menores de edad representa un desafío estructural para los sistemas penales contemporáneos, coincidiendo con la literatura reciente que advierte sobre la insuficiencia de los marcos normativos tradicionales frente a tecnologías altamente automatizadas y desmaterializadas (UNICRI, 2024; Europol, 2025). En particular, la posibilidad de generar contenido sexual infantil sintético sin un hecho material previo refuerza la necesidad de repensar los criterios de tipificación penal desde una lógica centrada en el daño jurídico y no exclusivamente en la materialidad de la conducta.

En este sentido, los vacíos identificados en el ordenamiento jurídico ecuatoriano se alinean con problemáticas detectadas en otros contextos nacionales, donde la falta de regulación específica dificultó la persecución penal efectiva de estas conductas. Estudios comparados muestran que los Estados que avanzaron en la tipificación expresa del material sexual infantil generado por inteligencia artificial logro una mayor claridad en la imputación penal, reduciendo el margen de interpretaciones extensivas incompatibles con el principio de legalidad (*Department for Science, Innovation & Technology*, 2025; *European Parliament & Council of the European Union*, 2024).

Asimismo, el análisis de la responsabilidad penal revela que los enfoques contemporáneos basados en la gestión del riesgo tecnológico ofrecen una alternativa sólida frente a los modelos puramente reactivos del derecho penal clásico. La literatura especializada sostiene que la imputación diferenciada de responsabilidades entre usuarios finales, actores intermedios y personas jurídicas permite una respuesta más proporcional y eficaz, especialmente cuando se trata de entornos digitales de alto riesgo para menores de edad (Brundage et al., 2018; NIST, 2023; *WeProtect Global Alliance*, 2025).

En el ámbito probatorio, los resultados obtenidos refuerzan las advertencias formuladas por organismos técnicos y académicos sobre la fragilidad de la evidencia digital sintética si no se aplican protocolos rigurosos de preservación y análisis. La dependencia excesiva de pericias opacas o no reproducibles

identificadas como un factor de riesgo para la validez del proceso penal, lo que coincide con los estándares internacionales que recomiendan transparencia metodológica, documentación exhaustiva y explicitación de márgenes de error en los informes periciales (ISO, 2012; Kent et al., 2006; Mirsky & Lee, 2021).

El derecho comparado y los estándares internacionales analizados respaldan las propuestas formuladas en este artículo, al evidenciar una convergencia hacia modelos normativos que priorizan la protección reforzada de la infancia y la prevención de daños derivados del uso indebido de la inteligencia artificial. Tanto los marcos regulatorios europeos como los informes de organismos multilaterales subrayan que la respuesta penal aislada resulta insuficiente si no se articula con mecanismos de cooperación internacional, gobernanza tecnológica y obligaciones preventivas para los actores privados involucrados (Consejo de Europa, 2024; OECD, 2019; UNICRI, 2024).

5. Conclusiones

- El desarrollo del Deep Learning generativo transformo de manera sustancial los escenarios de riesgo asociados a los delitos cometidos contra menores de edad, al permitir la creación y difusión de contenido sintético altamente realista con capacidad de causar daños graves y persistentes. Este fenómeno evidencia que las tecnologías de inteligencia artificial no solo amplifican conductas delictivas preexistentes, sino que también generan nuevas formas de agresión digital que desafían las categorías tradicionales del derecho penal.
- El análisis realizado demuestra que el ordenamiento jurídico ecuatoriano presenta vacíos relevantes frente a estas nuevas modalidades delictivas, especialmente en lo relativo a la tipificación expresa de la producción, posesión y difusión de material sexual infantil generado mediante inteligencia artificial. La ausencia de figuras penales específicas y de agravantes vinculadas al uso de tecnologías generativas dificulta la persecución penal efectiva y genera incertidumbre en la imputación de responsabilidades.
- Asimismo, se concluye que la responsabilidad penal en delitos mediados por Deep Learning no puede limitarse al autor material del contenido ilícito, sino que debe considerar, de manera diferenciada y garantista, la participación de actores intermedios y personas jurídicas cuando exista control del riesgo, capacidad de prevención y omisión de deberes razonables de diligencia. Este enfoque permite evitar tanto la impunidad como la expansión desproporcionada del ius puniendi.
- En el ámbito procesal, los retos probatorios asociados a la evidencia digital sintética ponen de manifiesto la necesidad de actualizar los estándares tradicionales de investigación y valoración de la prueba. La preservación adecuada de la evidencia, la cadena de custodia

digital, la pericia especializada y la capacitación de los operadores de justicia constituyen elementos indispensables para garantizar procesos penales eficaces y respetuosos de las garantías fundamentales.

- El examen del derecho comparado y de los estándares internacionales confirma que existe una tendencia convergente hacia modelos normativos basados en el enfoque de riesgo y en la protección reforzada de la infancia frente a los usos ilícitos de la inteligencia artificial. Estas experiencias ofrecen insumos valiosos para el diseño de reformas legislativas y políticas públicas adaptadas a la complejidad tecnológica actual, sin criminalizar la innovación legítima.
- La tutela penal efectiva de los derechos de niños, niñas y adolescentes frente a los riesgos derivados del Deep Learning generativo exige una respuesta integral, que combine tipificación penal precisa, fortalecimiento probatorio, responsabilidad diferenciada de los actores involucrados y una gobernanza tecnológica coherente. Solo a través de esta articulación será posible garantizar una protección real y sostenible de la niñez en un entorno digital marcado por la rápida evolución de la inteligencia artificial.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo

presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). Código Orgánico Integral Penal. Registro Oficial Suplemento No. 180, Ley 0. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2021). Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial Suplemento No. 459. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/Ley-Organica-de-Datos-Personales.pdf>

Banakar, R., & Travers, M. (2005). Theory and method in socio-legal research. Bloomsbury Publishing. <https://www.researchgate.net/publication/2>

28262192_Theory_and_Method_in_
Socio-Legal_Research

Berman, M. N. (2011). Constitutional Interpretation: Non-originalism. *Philosophy Compass*, 6(6), 408-420. <https://philpapers.org/rec/BERCIN>

Brownsword, R. (2022). *Law, technology and society: Re-imagining the regulatory environment*. Routledge. <https://www.routledge.com/Law-Technology-and-Society-Reimagining-the-Regulatory-Environment/Brownsword/p/book/9780815356462>

Brundage, M., Avin, S., Clark, J., Toner, H., Eckersley, P., Garfinkel, B., . . . Amodei, D. (2018). The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. *Apollo - University of Cambridge Repository*. <https://www.repository.cam.ac.uk/items/d654418d-1c12-4024-85d5-ccd614c32ef3>

Casey, E. (2011). *Digital evidence and computer crime: Forensic science, computers, and the Internet* (3rd ed.). Academic Press. <https://rishikeshpansare.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/02/digital-evidence-and-computer-crime-third-edition.pdf>

Cheng, L., Liu, F., & Yao, D. (2017). Enterprise data breach: causes, challenges, prevention, and future directions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 7(C):e1211. https://www.researchgate.net/publication/318152978_Enterpris

e_data_breach_causes_challenge
s_prevention_and_future_direct
ions_Enterprise_data_breach

Chesney, R., & Citron, D. K. (2019). Deep fakes: a looming challenge for privacy, democracy, and national security. *California Law Review*, 107(6), 1753–1819. <https://doi.org/10.15779/Z38RV0D15J>

Consejo de Europa. (2024). Framework convention on artificial intelligence and human rights, democracy and the rule of law (CETS No. 225). <https://www.coe.int/t>

Council of Europe. (2024). Framework convention on artificial intelligence. <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/the-framework-convention-on-artificial-intelligence>

De Londras, F., & Mullally, S. (2020). *Irish yearbook of international law: Volume 13, 2018*. Hart Publishing. <https://research.birmingham.ac.uk/en/publications/irish-yearbook-of-international-law-volume-13-2018/>

Department for Science, Innovation & Technology. (2025). New law to tackle AI child abuse images at source as reports more than double. <https://www.gov.uk/government/news/new-law-to-tackle-ai-child-abuse-images-at-source-as-reports-more-than-double>

- European Parliament & Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonized rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chaitila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... Vayena, E. (2018). AI4People-an ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2014/hash/f033ed80deb0234979a61f95710dbe25-Abstract.html
- Hildebrandt, M. (2020). *Law for computer scientists and other folk*. Oxford University Press. https://www.cohubicol.com/assets/uploads/law_for_computer_scientists.pdf
- Hirschl, R. (2020). *Comparative matters: The renaissance of comparative constitutional law*. Oxford University Press. https://www.scjn.gob.mx/relaciones-institucionales/sites/default/files/page/2021-02/Resen%CC%83a_%20Comparative%20Matters%2C%20The%20Renaissance%20of%20Comparative%20Constitutional%20Law.pdf
- Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in Neural Information Processing Systems*. <https://arxiv.org/abs/2006.11239>
- International Organization for Standardization (ISO). (2012). *ISO/IEC 27037:2012 Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence (edition 1)*. <https://www.iso.org/standard/44381.html>
- Internet Watch Foundation. (2024). *Artificial intelligence and child sexual abuse material*. <https://www.iwf.org.uk/annual-data-insights-report-2024/data-and-insights/ai-generated-child-sexual-abuse/>
- Kent, K., Chevalier, S., Grance, T., & Dang, H. (2006). *Guide to integrating forensic techniques into incident response (NIST SP 800-86)*. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-86>
- Köbis, N. C., Doležalová, B., & Soraperra, I. (2021). Fooled twice: people cannot detect deepfakes but think they can. *iScience*, 24(11), 103364. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103364>
- McCrudden, C. (2019). *Understanding human dignity*. Oxford University Press. <https://pure.qub.ac.uk/en/publications/understanding-human-dignity/>

- Mirsky, Y., & Lee, W. (2021). The creation and detection of deepfakes: a survey. *ACM Computing Surveys*, 54(1), 1-41. <https://doi.org/10.1145/3425780>
- National Center for Missing & Exploited Children. (2025). Spike in online crimes against children a “wake-up call.” <https://www.missingkids.org/blog/2025/spike-in-online-crimes-against-children-a-wake-up-call>
- National Institute of Standards and Technology [NIST]. (2023). Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0). <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/nist.ai.100-1.pdf>
- Nieto Martín, A. (2013). La responsabilidad penal de las personas jurídicas: oportunidades y retos para la cooperación judicial. *Armonización penal en Europa*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6378120>
- Oficina Europea de Policía [Europol]. (2025). The changing DNA of serious and organized crime: EU serious and organized crime threat assessment (SOCTA 2025). <https://www.europol.europa.eu/cms/sites/default/files/documents/EU-SOCTA-2025.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2024). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. <https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OECD]. (2019). Recommendation of the council on artificial intelligence. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449>
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2023). Reglamento general a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. *Registro Oficial Suplemento No. 435, Norma 904*. https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2023/12/REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LEY-ORGANICA-DE-PROTECCION-DE-DATOS-PERSONALES_compressed-1.pdf
- Rössler, A., Cozzolino, D., Verdoliva, L., Riess, C., Thies, J., & Niessner, M. (2019). FaceForensics++: Learning to detect manipulated facial images. 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 1–11. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00009>
- Saltelli, A., & Funtowicz, S. (2004). The precautionary principle: implications for risk management strategies. *Internatio-*

- nal Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 17(1), 47–57. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15212206/>
- Sarker, I. H. (2021). Deep learning: a comprehensive overview. *SN Computer Science*, 2(6), 420. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>
- Silva Sánchez, J. M. (2011). La expansión del derecho penal (2.^a ed.). Civitas. <https://es.scribd.com/doc/119471893/La-Expansion-del-Derecho-Penal-Jesus-Silva-Sanchez>
- Tolosana, R., Vera-Rodríguez, R., Fierrez, J., Morales, A., & Ortega-García, J. (2020). Deepfakes and beyond: a survey. *Information Fusion*, 64, 131–148. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.06.014>
- United Nations Interregional Crime and Justice Research Institute [UNICRI]. (2024). Generative AI: a new threat for online child sexual exploitation and abuse. <https://unicri.org/sites/default/files/2024-09/Generative-AI-New-Threat-Online-Child-Abuse.pdf>
- Verdoliva, L. (2020). Media forensics and deepfakes: an overview. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 14(5), 910–932. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2020.3002101>
- WeProtect Global Alliance. (2025). Global threat assessment. <https://www.weprotect.org/global-threat-assessment-25/>
- Yeung, K. (2018). Algorithmic regulation: a critical interrogation. *Regulation & Governance*, 12(4), 505–523. <https://doi.org/10.1111/rego.12158>