# REVISTA POLITÉCNICA DE LA CIENCIA

ISSN: 3091-2008

**Edición Especial**
Noviembre 2026
Vol. 4 Número 10

DOI: https://doi.org/10.56519/13evpr68

CC BY NC

POLITEC

24-11-2026
www.politecnicadelaciencia.com

REVISTA
POLITÉCNICA
DE LA CIENCIA



## Editora en Jefe

### PhD. María Belén Bravo Ávalos

Revista Politécnica de la Ciencia
febrero-julio y agosto-enero,
Frecuencia de publicación bianual
Código Postal 170526
✆ Contacto: +593 098 320 4362
✉Correo electrónico: publicaciones@politecnicadelaciencia.com
Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico Politécnica del Ecuador

Revista Politécnica de la Ciencia es una publicación de acceso abierto que tiene como objetivo principal la difusión de investigaciones originales y revisiones en diversas áreas del conocimiento. Entre las temáticas que aborda se encuentran Salud y Bienestar, Servicios, Ciencias Naturales, Matemática y Estadística, Tecnologías de la información y la comunicación, Administración de empresas y derecho.

La revista asegura la excelencia académica de sus publicaciones a través de un estricto proceso de evaluación que comienza con una revisión del comité editorial y continúa con una evaluación detallada por parte de expertos en la materia. Los artículos se presentan de manera atractiva para mejorar su comprensión y captar el interés de la audiencia.

Con un enfoque bianual, la Revista Multidisciplinaria Politécnica de la Ciencia publica ediciones de mayo a octubre y de noviembre a abril, además de ediciones especiales dedicadas a temas de importancia específica. Su objetivo es fomentar un entorno de intercambio académico y científico, impulsando el progreso del conocimiento en las áreas mencionadas.

La publicación está diseñada para investigadores, educadores, estudiantes y profesionales, así como para cualquier persona interesada en la creación y difusión del conocimiento. Asimismo, busca llegar a universidades, instituciones educativas y organizaciones tanto a nivel nacional como internacional, incluyendo aquellos sectores que valoran la diversidad disciplinaria en la producción científica.

www.politecnicadelaciencia.com

# “NOS ESFORZAMOS POR SER MÁS QUE UNA REVISTA, INSPIRANDO A LOS INVESTIGADORES Y A LA ACADEMIA EN EL ÁMBITO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA”

REVISTA POLITÉCNICA DE LA CIENCIA

# ÍNDICE


01-33 OPTIMIZACION ESTRUCTURAL Y ENERGÉTICA DEL MÓDULO BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS ECUATORIANA DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA

34-45 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS ROBOTS SOCCER RC PARA EL CLUB DE ROBÓTICA DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSA'CHILA

46-66 ODONTOLOGÍA DE PRECISIÓN: POTENCIAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS BIOMARCADORES PARA LA PREDICCIÓN PERSONALIZADA DE ENFERMEDADES ORALES

67-78 RED DE APOYO SOCIAL Y SU INFLUENCIA EN LA SALUD MENTAL DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MIGRANTES INTERNOS: UN ANÁLISIS CUANTITATIVO

79-90 INTERVENCIONES DE ENFERMERÍA PARA LA PREVENCIÓN PRIMARIA Y LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL CÁNCER DE PIEL

91-103 INFLUENCIA DE LA FATIGA NEUROMUSCULAR EN LA VALIDEZ DE LAS PRUEBAS FUNCIONALES DE RETORNO AL DEPORTE TRAS LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: REVISIÓN DE ALCANCE

104-116 ASOCIACIÓN ENTRE ENFERMEDAD PERIODONTAL, CONTROL GLUCÉMICO Y FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN PACIENTES ADULTOS

117-130 IDENTIFICACIÓN HUMANA MEDIANTE ANÁLISIS DE ADN MITOCONDRIAL EN RESTOS DEGRADADOS

131-146 ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS DE LA SALUD

147-158 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN TEMPRANA DE MORTALIDAD Y COMPLICACIONES EN PACIENTES CON TRAUMA GRAVE: DESAFÍOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN CLÍNICA

159-175 CONTROL DE CALIDAD PREANALÍTICO: FACTORES QUE ALTERAN LOS RESULTADOS EN MUESTRAS DE SANGRE

176-193 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN FARMACOVIGILANCIA: PREDICCIÓN Y DETECCIÓN DE REACCIONES ADVERSAS A MEDICAMENTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

177-195 DOOMSCROLLING Y SALUD MENTAL EN ADOLESCENTES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE ANSIEDAD, DEPRESIÓN Y BIENESTAR PSICOLÓGICO ASOCIADOS AL CONSUMO DIGITAL

196-216 EFECTIVIDAD JURÍDICA Y PROCESAL DE LA OBLIGACIÓN ALIMENTARIA HACIA PERSONAS ADULTAS MAYORES EN ECUADOR

217-233 MICRO LEARNING INTELIGENTE Y RECUPERACIÓN ACTIVA PARA FORTALECER ATENCIÓN SOSTENIDA Y RETENCIÓN DEL APRENDIZAJE EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA SUPERIOR Y BACHILLERATO

234-245 RECONSTRUCCIÓN MANDIBULAR MEDIANTE BIOMATERIALES E IMPRESIÓN 3D: INNOVACIÓN QUIRÚRGICA Y LOS RESULTADOS CLÍNICOS

246-266 RESTITUCIÓN ECONÓMICA EN LA ATENCIÓN DE QUEJAS DE CONSUMO DEL MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, COMERCIO EXTERIOR E INVERSIONES, ECUADOR, 2025: ANÁLISIS DESCRIPTIVO

267-277 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ENFERMERÍA: TRANSFORMACIÓN DEL ROL PROFESIONAL, SEGURIDAD DEL PACIENTE Y DESAFÍOS ÉTICOS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PROFESIONALES

278-290 FACTORES CRIMINOLÓGICOS ASOCIADOS AL SICARIATO EN EL CRIMEN ORGANIZADO EN ECUADOR

291-311 GENES DE CARBAPENEMASAS EN BACILOS GRAMNEGATIVOS AISLADOS DE MUESTRAS CLÍNICAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: REVISIÓN SISTEMÁTICA

312-324 CORROSIÓN EN LA SUPERFICIE DE MINI TORNILLOS RETIRADOS EN PACIENTES DE ORTODONCIA DE LA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

325-336 PLANIFICACIÓN TESTAMENTARIA Y PREVENCIÓN DE CONTROVERSIAS SUCESORIAS EN ECUADOR

337-354 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: SUS CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS EN LAS HABILIDADES DE EXPRESIÓN ORAL

355-366 ANÁLISIS BIOÉTICO DE LA REGULACIÓN DE LA CONFIDENCIALIDAD DE DATOS GENÉTICOS

367-380 FEMICIDIO VINCULADO AL CRIMEN ORGANIZADO: INSUFICIENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN CRIMINALISTICA EN ECUADOR

381-390 EVALUACIÓN FORMATIVA EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS NATURALES EN EDUCACIÓN BÁSICA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

391-400 ¿LAS EMOCIONES INFLUYEN EN LA SALUD GASTROINTESTINAL?

401-414 EFECTOS JURÍDICOS DEL TRASTORNO POR ESTRÉS POSTRAUMÁTICO (TEPT) EN LAS VÍCTIMAS DE LA VIOLENCIA: UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA LEGISLACIÓN ECUATORIANA Y LOS MARCOS JURÍDICOS INTERNACIONALES

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

# OPTIMIZACION ESTRUCTURAL Y ENERGÉTICA DEL MÓDULO BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS ECUATORIANA DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA

# STRUCTURAL AND ENERGY OPTIMIZATION OF A COMPUTER VISION-BASED EDUCATIONAL MODULE FOR ECUADORIAN SIGN LANGUAGE INTERPRETATION, DEVELOPED FOR THE ELECTRONICS PROGRAM

Alexis Marcelo Moncayo Martinez[1], Bruce Ezequiel Tapia Chica[2], Freddy Patricio Naranjo Olalla[3], Marco Alejandro Hinojosa Tonato[4]

{alexismoncayomartinez@tsachila.edu.ec[1], brucetapiachica@tsachila.edu.ec[2], freddynaranjo@tsachila.edu.ec[3], arcohinojosa@tsachila.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 14/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El presente proyecto presentó la optimización energética y estructural del módulo de interpretación de lenguaje de señas basado en visión artificial, que presento originalmente problemas relacionados estructura MDF y alimentación. Se hizo enfatizo en optimizar los sistemas energético y estructural del prototipo para mejorar su autonomía, movilidad, durabilidad y facilidad de mantenimiento, manteniendo su función de reconocimiento de señas. Para ello, se implementó una batería recargable de 12 V y 12 Ah, complementada con un sistema de carga y regulación de voltaje para suministrar los niveles requeridos por los componentes electrónicos. Asimismo, se realizó el modelado tridimensional de la estructura para redistribuir los componentes internos e integrar la batería, interruptores, ventiladores, tapas desmontables y un soporte para cámara. La nueva carcasa fue fabricada en PETG, debido a sus propiedades de resistencia mecánica, resistencia térmica y facilidad de fabricación, sustituyendo la estructura anterior de MDF. Lo cual módulo alcanzó una autonomía aproximada de 2 h 30 min de funcionamiento continuo, permitiendo su operación sin conexión permanente a un tomacorriente. Mientras que la nueva distribución permitió integrar el sistema energético y los elementos de control dentro de la estructura. Además, la incorporación de tapas en el módulo facilito el acceso al módulo para instalación y mantenimiento. El sistema**

[1]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-6889-773X
[2]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/ 0009-0002-1312-4339
[3]Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-5329-3454
[4]Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-1060-4746

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

**conservó su capacidad de capturar las señas del usuario, procesarlas mediante visión artificial y mostrar en pantalla la letra reconocida correspondiente al abecedario de la LSE. Por último, la optimización realizada permitió mejorar las condiciones de autonomía energética, movilidad, distribución interna, mantenimiento y protección de los componentes del módulo, obteniendo un prototipo más adecuado para su utilización en diferentes espacios educativos y manteniendo su finalidad como herramienta de apoyo para el aprendizaje de la Lengua de Señas Ecuatoriana. Sin embargo, persisten limitantes a nivel de estructura y energía relacionados a disponibilidad de opciones locales.**

***Palabras clave: Eficiencia energética, restructuración, autonomía, sistema, impresión 3D, periféricos, diseño mecánico, optimización***

**ABSTRACT: This project involved the energy and structural optimization of a computer vision-based sign language interpretation module, which originally faced issues regarding its MDF structure and power supply. Emphasis was placed on optimizing the prototype's energy and structural systems to improve autonomy, mobility, durability, and ease of maintenance, while preserving its sign recognition functionality. To achieve this, a 12 V, 12 Ah rechargeable battery was implemented, complemented by a charging and voltage regulation system to supply the levels required by the electronic components. Additionally, a 3D model of the structure was created to redistribute internal components and integrate the battery, switches, fans, removable covers, and a camera mount. The new housing was manufactured from PETG—chosen for its mechanical strength, thermal resistance, and ease of fabrication—replacing the previous MDF structure. The module achieved an approximate runtime of 2 hours and 30 minutes of continuous operation, allowing it to function without a permanent connection to a power outlet, while the new layout enabled the integration of the power system and control elements within the structure. Furthermore, the inclusion of access panels facilitated installation and maintenance. The system retained its ability to capture user signs, process them via computer vision, and display the recognized letter corresponding to the Ecuadorian Sign Language (LSE) alphabet on the screen. Finally, the optimization improved energy autonomy, mobility, internal layout, maintenance, and component protection, resulting in a prototype better suited for use in various educational settings while maintaining its purpose as a support tool for learning Ecuadorian Sign Language. However, structural and energy-related limitations persist due to the availability of local options.**

***Keywords: Energy efficiency, restructuring, autonomy, system, 3D printing, peripherals, mechanical design, optimization***

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto surge como una continuación del prototipo previamente desarrollado para la interpretación de la Lengua de Señas Ecuatoriana (LSEC) mediante técnicas de visión artificial.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Este sistema fue planteado inicialmente como una propuesta piloto que integró componentes de hardware y software, entre ellos una Raspberry Pi y una cámara web, además de una carcasa fabricada en MDF (1). Los sistemas basados en visión artificial constituyen una alternativa para el reconocimiento automático de gestos y lenguas de señas, debido a que permiten adquirir y procesar imágenes para identificar patrones asociados con los movimientos y configuraciones de las manos. Asimismo, el uso de plataformas de procesamiento de bajo costo, como Raspberry Pi, ha permitido desarrollar soluciones portátiles y de menor consumo para aplicaciones educativas y de reconocimiento de gestos. Sin embargo, el prototipo anterior presenta limitaciones relacionadas principalmente con su estructura física y sistema de alimentación. La carcasa de MDF presenta una resistencia limitada frente a factores ambientales como humedad y polvo, mientras que la dependencia de fuentes de alimentación externas y el uso de varios cables dificultan su transporte y utilización en diferentes espacios educativos. Estas condiciones afectan la portabilidad, organización interna y practicidad del módulo, por lo que resulta necesario plantear una optimización integral del prototipo. Existen proyectos de investigación que demuestran que son posibles, los modelos de interpretación de lenguajes de señas haciendo uso de sistemas de visión artificial haciendo uso de tecnologías afines como sistemas electrónicos, redes neuronales, algoritmos de programación (2,3).

La optimización propuesta se justifica desde una perspectiva técnica y social. Desde el punto de vista técnico, se plantea rediseñar la estructura física mediante herramientas de modelado e impresión 3D, considerando materiales disponibles en la institución como PLA, PETG, ABS, ASA y TPU. El modelado por deposición fundida (FDM) es la técnica de impresión 3D más utilizada en la actualidad, en gran medida por el uso generalizado de la impresión 3D en apelaciones didácticas (4). De manera complementaria, se propone rediseñar el sistema de alimentación mediante la incorporación de una batería recargable de tipo VRLA y las respectivas etapas de regulación y protección, de acuerdo con los requerimientos eléctricos de los componentes del módulo. Esto permitirá reducir la dependencia de tomas de corriente externas, mejorar la distribución del cableado y aumentar la autonomía y movilidad del dispositivo. Además, se optimizará el aprovechamiento del espacio interno para integrar de manera organizada elementos como la Raspberry Pi, la cámara web y el sistema de alimentación. El uso de la Raspberry Pi 4 es crucial en el módulo dado a su adaptabilidad y flexibilidad, a software y sistemas operativos de uso libre (5). Desde el punto de vista social y educativo, estas mejoras permitirán disponer de un módulo más resistente, portátil y funcional para apoyar el aprendizaje y la práctica de la LSEC. Los principales beneficiarios serán los estudiantes y docentes de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Tsa´chila, quienes podrán utilizar el prototipo como recurso didáctico para actividades relacionadas con visión artificial, procesamiento mediante Raspberry Pi y reconocimiento de lenguaje de señas. De igual manera, el proyecto busca contribuir al desarrollo de herramientas tecnológicas que faciliten el aprendizaje y la interacción con personas con discapacidad auditiva.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

En función de las necesidades identificadas, el objetivo general de la investigación es optimizar el prototipo del módulo didáctico de interpretación de la Lengua de Señas Ecuatoriana basado en visión artificial, mediante el rediseño de su estructura física y la implementación de un sistema de alimentación autónomo, con el propósito de mejorar su resistencia, portabilidad, autonomía y funcionalidad en entornos educativos.

- Analizar los requerimientos energéticos del prototipo y determinar una alternativa de alimentación autónoma que permita satisfacer el consumo de sus componentes.
- Evaluar y comparar materiales de impresión 3D disponibles para seleccionar el más adecuado para la fabricación de la nueva carcasa, considerando resistencia, condiciones ambientales, costo y facilidad de fabricación
- Diseñar mediante software de modelado 3D una nueva estructura que permita mejorar la distribución de los componentes, el aprovechamiento del espacio interno y la ergonomía del módulo.
- Implementar el sistema de alimentación autónomo y la nueva estructura física en el prototipo
- Realizar pruebas de funcionamiento para comparar el desempeño energético y estructural del prototipo optimizado con respecto a la versión anterior.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó la metodología en cascada, debido a que es apropiada para proyectos tecnológicos y de desarrollo de productos (6). Esta metodología se basa en una secuencia ordenada de fases, donde cada etapa depende de la finalización de la anterior, garantizando un desarrollo cronológico y organizado del proyecto de optimización energética y estructural del módulo de interpretación de Lenguaje de Señas.

La primera fase correspondió un estudio de requerimientos para la implementación. En diseño mecánico, se eligió el material de impresión 3D PETG, dado a su excelente durabilidad en cuanto a temperaturas de hasta $70℃$ y $80℃$ y humedad en espacios de enseñanza y didácticos y de almacenamiento relativos que oscilan entre $20\%$ y $30\%$ (7), garantizando la vida útil de la estructura integral del módulo para implementación de diseño impreso en 3D se utilizó el software de slicing *Bambu Studio* , además de sistemas electrónicos que nos permitieron adaptar niveles de voltaje y de consumo de corriente de cada uno de periféricos, Adaptando el nivel de voltaje de operación de la Raspberry Pi 4 que es de $5\ V\ 3A$ y del monitor de $19\ V\ 2A$. Usando convertidores DC-DC reductores y elevadores que suministren sin problemas el consumo de corriente y de tensión para cada uno de los elementos respectivamente, haciendo uso de multímetro como instrumento de medición de parámetros de tensión y corriente.

Se detallo como se realizaron pruebas para comprobar tanto pruebas de montaje, una correcta colocación de los componentes como switches y panel de visualización de estado de carga,

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

soporte de cámara web y colocación de la batería, tapas superior e inferior del módulo, tolerancia de ejes de anclajes por medio de pernos de $3\,mm$, como de sistemas de alimentación, comprobación de niveles de tensión requeridos para cada uno de los periféricos consumo. Verificación de autonomía, tanto el tiempo de descarga del módulo y de carga mediante uso del cargador inteligente. A continuación, en la tabla 1, se presenta los requisitos funcionales en cuestión energéticos y estructurales del proyecto.

***Tabla 1. Tabla de requisitos funcionales.***

| ID | Tipo | Requisito | Descripción / criterio de cumplimiento | Método de verificación |
|---|---|---|---|---|
| RF-01 | Funcional | Alimentación autónoma | El módulo debe funcionar mediante una batería recargable sin depender permanentemente de una conexión a la red eléctrica. | Prueba de autonomía |
| RF-02 | Funcional | Regulación de tensión | El sistema debe proporcionar los diferentes niveles de tensión requeridos por los componentes mediante convertidores DC-DC. | Medición eléctrica de multímetro |
| RF-03 | Funcional | Recarga de batería | El sistema debe permitir la recarga de la batería mediante un sistema de carga adecuado para una batería VRLA. | Prueba de carga |
| RF-04 | Funcional | Protección de componentes | La estructura debe permitir alojar y proteger los componentes electrónicos durante la operación y transporte. | Inspección física |
| RF-05 | Funcional | Transporte del módulo | El módulo debe poder ser trasladado y utilizado en diferentes espacios sin requerir alimentación eléctrica externa durante su funcionamiento. | Prueba de manipulación |
| RF-06 | Funcional | Visualización de resultados | El módulo debe mostrar en el monitor el resultado de la interpretación realizada. | Prueba funcional |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

En la tabla 2 se presenta la tabla de requisitos no funcionales, en cuestión de propuesta de proyecto energéticos y estructurales.

***Tabla 2. Tabla de requisitos no funcionales.***

| ID | Tipo | Requisito | Descripción / criterio de cumplimiento | Método de verificación |
|---|---|---|---|---|
| RNF-01 | No funcional | Alimentación del monitor | La etapa de alimentación debe soportar una demanda de hasta $\mathbf{2}\ \boldsymbol{A}$ para el monitor. | Medición / especificaciones |
| RNF-02 | No funcional | Autonomía | El sistema debe alcanzar una autonomía mínima de $2{,}4$ horas bajo condiciones normales de operación. | Medición de tiempo |
| RNF-03 | No funcional | Capacidad energética | La batería debe disponer de una capacidad nominal de $12\,V - 12\,Ah$. | Inspección / especificaciones |
| RNF-04 | No funcional | Consumo eléctrico | El sistema debe operar considerando un consumo de diseño de aproximadamente $4{,}6\,A$. | Medición con multímetro |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| RNF-05 | No funcional | Robustez estructural | La carcasa debe soportar el peso de los componentes y las condiciones normales de manipulación y transporte sin presentar daños estructurales. | Prueba estructural |
| RNF-06 | No funcional | Material estructural | La carcasa debe fabricarse en PETG, de acuerdo con los requerimientos de fabricación establecidos. | Inspección visual |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

## Análisis de requerimientos

### Requerimientos y necesidades energéticas

Se llevó a cabo un análisis del prototipo del módulo de interpretación del Lenguaje de Señas Ecuatoriana (LSEC), en el cual se identificaron diversos aspectos susceptibles de mejora. Entre ellos destacó la necesidad de implementar un sistema de alimentación recargable con suficiente autonomía para suministrar energía a los periféricos de entrada y salida, la Raspberry Pi 4 y el monitor. En su estado actual, el sistema depende de adaptadores AC-DC para alimentar cada uno de estos dispositivos, lo que reduce su practicidad, dificulta su transporte e instalación y limita su utilización en entornos como ferias de exposición, donde se busca dar a conocer el proyecto y demostrar su aporte al aprendizaje del Lenguaje de Señas Ecuatoriana en entornos educativos (8).

En consecuencia, se plantea el desarrollo de un sistema de alimentación energética independiente que permita el funcionamiento autónomo del módulo, eliminando la dependencia de tomas de corriente y de múltiples adaptadores AC-DC con salidas de voltaje independientes para cada periférico.

- Sistemas de alimentación recargables. El módulo constituye sistema de etapa de carga se constituye por medio del cargador inteligente el cual funciona por etapas cargado la batería mediante pulsos, monitoreada por medio de un microcontrolador que se encarga de controlar tensión y corriente en base a las diferentes etapas, ya sea carga rápida (bulk), fase de absorción y de flotación o mantenimiento (float). La etapa de alimentación principal está conformada por la batería de plomo-ácido regulada por válvula (VRLA), la cual se encarga de suministrar $12\ V$ que alimentara todo el sistema.

- Salida de voltaje de Raspberry Pi 4: $5\ VDC\ -3\ A$
- Salida de voltaje de Monitor DC: $19\ VDC - 1{,}5\ A - 3\ A$

En la siguiente tabla 3, se presenta una matriz de especificaciones técnicas de los elementos del sistema.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

*Tabla 3. Tabla de consumo de compontes del módulo.*

| Componente | Tension | Corriente | Consumo |
|---|---|---|---|
| **Raspberry Pi 4 (Camara y ventilador)** | 5 $V$ | 3 $A$ | 15 $W$ |
| **Monitor** | 19 $V$ | 2 $A$ | 38 $W$ |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

**Necesidades y requerimientos estructurales.**

A nivel estructural, se necesitó que el material de construcción presente más robustez y se garantice durabilidad y resistencia frente a distintas situaciones que pueden afectar el módulo, dejando atrás, el material de MDF que está constituido el prototipo plantead se eligió el material adecuado para la aplicación del módulo, tomando en el entorno en el que se va desarrollar, y que alojo sistemas eléctricos y equipo electrónico, accesibilidad y conveniencia.

- Diseño asistido por computadora: Software de diseño SketchUp. Se requirió que el diseño del módulo se realice, mediante el uso de software de diseño 3D. Una de las principales ventajas de SketchUp es su capacidad para elaborar modelos tridimensionales que permiten visualizar de forma anticipada la distribución de los elementos antes de realizar la construcción física (9). Esto facilita la identificación de posibles interferencias entre componentes y permite realizar modificaciones en las dimensiones y disposición de la estructura sin necesidad de fabricar prototipos físicos para cada cambio. La elección se justifica mediante las necesidades no tan exigentes en cuanto a tolerancias de apriete de un perno de 3 $mm$ y con agujero de apriete de 2,8 $mm$ y adaptabilidad ya que permite exportar archivos en formato STL.
- Tolerancia de apriete en lugar de anclaje

$$A_{max} = d_{max} - D_{min} = \delta i - \Delta S$$
$$A_{max} = 3mm - 2{,}98\ mm$$
$$A_{max} = \ 0.2\ mm$$

- Modulo construida impresión 3D.

Los parámetros de impresión 3D, son herramientas de configuración que nos permiten controlar la calidad, velocidad y resistencia de las piezas a imprimir. Existen diferentes características para materiales en cuestión, el material elegido fue el PETG y sus parámetros de impresión fueron los siguientes (10).

- Temperatura y ventilación.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Para la temperatura de extrusión se establece entre $230℃ - 270℃$.
Temperatura de la cama de impresión 3D es de $70℃ - 85℃$.
Ventilador de capa $20\% - 50\%$.

- Velocidad de impresión y retracciones.

Velocidad de impresión 3D, óptima para el material PETG es de $40 - 60\ mm/s$.
En el parámetro de distancia de retracción se ajusta en base a tipos de extrusor. Extrusor directo es de $1 - 2\ mm$ y extrusor de tipo tubo largo es de $5 - 7\ mm$.
Velocidad de retracción se ajusta en base al material, en el caso del PETG es de $40 - 45\ mm/s$.

- Estructura y capas.

Para la altura de capas se configura el parámetro en $0{,}2\ mm$, utilizada generalmente en boquillas de $4\ mm$.
Distancia Z-offset, se configura en $+0{,}2\ mm$ a $+0{,}5\ mm$ ideal para PETG.

- Elección de material correcto para impresión 3D.

***Tabla 4. Matriz de elección de materiales de impresión 3D.***

| Parámetro | PLA | PETG | ABS | ASA |
|---|---|---|---|---|
| Resistencia mecánica | $50 - 60\ MPa$ | $40 - 50\ MPa$ | $32 - 52\ MPa$ | $33 - 55\ MPa$ |
| Temperatura | $50 - 55$ ℃ | $70 - 75$ ℃ | $80 - 95$ ℃ | $90$ ℃ |
| Costo | $\$18 - \$38$ | $\$17 - \$45$ | $\$18 - \$27$ | $\$37 - \$52$ |
| Facilidad de impresión | Fácil | Media | Compleja | Compleja |
| Disponibilidad | Alta | Alta | Baja | Baja |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

# RESULTADOS

## Cálculo de autonomía de sistema de alimentación

El módulo de interpretación de lenguaje de señas ecuatoriana, es un proyecto de innovador el cual se pretende, darse a conocer en ferias, visitas a instituciones educativas, para lo cual se diseñó la autonomía para el tiempo de uso pertinente.

Para que el sistema de alimentación pueda entregar una autonomía superior a dos horas y media, se debe seleccionar una batería, con la capacidad suficiente, la cual pueda suministrar la tensión y la corriente necesaria a los diferentes componentes del módulo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Tomando en cuenta que el microcontrolador Raspberry Pi 4, tiene un voltaje de alimentación de $\mathbf{5}\ \boldsymbol{V}$ y un consumo de corriente teórico de $\mathbf{3}\ \boldsymbol{A}$ y el monitor requiere de un voltaje de $\mathbf{19}\ \boldsymbol{V}$ y un consumo de corriente de $\mathbf{2}\ \boldsymbol{A}$, en su máxima capacidad teórica. Para poder calcular la corriente total que absorbe el sistema electrónico se debe calcular la potencia individual de cada componente Por medio de la potencia total consumida.

- Consumo del microcontrolador Raspberry Pi 4.

$$P = V \times I$$

$$P = 5\ V \times 3\ A$$

$$P = 15\ W$$

- Consumo de monitor de escritorio.

$$P = V \times A$$

$$P = 19\ V \times 2\ A$$

$$P = 40\ W$$

- Una vez calculado la potencia consumida por el sistema, se calculo la corriente total que va absorber el sistema, de la batería.

$$Potencia_{total} = Potencia_{Raspberry\ Pi\ 4} + Potencia_{monitor}$$

$$Potencia_{total} = 15\ W + 40\ W$$

$$Potencia_{total} = 55\ W$$

- El amperaje total que consumirá el sistema, se calculó a partir de la potencia total y el voltaje que suministra la batería en cuestión.

$$I_{total} = \frac{Potencia_{total}}{Voltaje_{batería}}$$

$$I_{total} = \frac{55\ W}{12\ V}$$

$$I_{total} = 4{,}6\ A$$

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

- Obtenido el valor de corriente total teórica, se halló la capacidad en ***Ah*** que debe suministrar la batería, para que el sistema tenga una autonomía de superior de dos horas y media.

$$Capacidad_{batería} = I_{total} \times \#_{horas}$$

$$Capacidad_{batería} = 4{,}6\ A \times 2{,}30\ horas$$

$$Capacidad_{batería} = 10{,}58\ Ah$$

$$Capacidad_{batería} \approx 12\ Ah$$

- El tiempo de autonomía que puede entregar la batería fue calculado, mediante la relación entre capacidad de batería y la corriente absorbida por el sistema.

$$t = \frac{Capacidad_{batería}}{I_{total}}$$

$$t = \frac{12\ Ah}{4{,}6\ A}$$

$$t = 2{,}6\ horas$$

$$Autonomia_{teorica} \approx 2{,}6\ horas\ \times 60\ min$$

$$Autonomia_{teorica} \approx 156{,}6\ minutos$$

El módulo didáctico implemento una batería de 12VDC 12Ah para poder suministrar alimentación independiente, con sus respectivas salidas de voltaje a la Raspberry Pi 4 y el monitor.

**Selección de tipo de batería.**

Los componentes electrónicos que conforman el sistema, así como los periféricos de entrada y salida requieren diferente nivel de voltaje para alimentar sus sistemas, los cuales van a ser suministrados por fueron suministrados por una única batería de 12VDC a 12Ah para el correcto funcionamiento del módulo didáctico.

A continuación, ese realizó un análisis comparativo de los tipos de batería que se pueden implementar en el módulo, tomando en cuenta criterios de selección como portabilidad, disponibilidad y presupuesto.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

*Tabla 5. Elección de baterías en base a criterios de características de la batería.*

| Criterio | Batería VRLA | Batería Litio-ion (18650) | Batería Li-Polímero | Batería $LiFePO_4$ |
|---|---|---|---|---|
| Aspecto de la batería |  |  |  |  |
| Tensión nominal | $12\ V$ | $11{,}1\ V$ | $11{,}1\ V$ | $12{,}8\ V$ |
| Capacidad | $12\ Ah$ | $12\ Ah$ (fabricación) | $12\ Ah$ (fabricación) | $12\ Ah$ |
| Energía nominal | $\approx 144\ Wh$ | $\approx 133\ Wh$ | $\approx 133\ Wh$ | $\approx 154\ Wh$ |
| Masa aproximada | $3{,}5 - 4\ Kg$ | $1 - 1{,}5\ Kg$ | $0{,}8 - 1{,}2\ Kg$ | $1{,}8 - 2{,}5\ Kg$ |
| Densidad energética | $\approx 30 - 50\ Wkg$ | $\approx 150 - 250\ Wh/Kg$ | $\approx 150 - 250\ Wh/Kg$ | $\approx 90 - 150\ {}^{Wh}/_{Kg}$ |
| Ciclos de vida | $\approx 300 - 500$ | $\approx 500 - 1000$ | $\approx 300 - 800$ | $\approx 2000 - 5000$ |
| Sistemas de carga | Cargador inteligente | Cargador CC/CV y BMS | Cargador CC/CV y BMS | Cargador CC/CV y BMS |
| Seguridad | Media | Media-baja | Media | Media |
| Costos | Bajo | Media | Media | Alta |
| Disponibilidad | Alta | Media | Media | Baja |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

Para la elaboración del sistema de alimentación autónomo, se decidió escoger la batería de seca VRLA de 12 V a 12 Ah. Justificando su elección dado su reducido tamaño, frente a la batería de fabricación de iones de litio que aumenta el volumen del módulo, dificultando su implementación en el diseño mecánico y su fabricación tiene costo adicional (11). Además de sistema de carga específicos. Se justifico la elección de la batería VRLA, en base a criterios de disponibilidad en el área, frente a otras baterías que necesitan de fabricación para capacidad de amperaje ($12\ Ah, 15\ Ah, 20\ Ah$) y su elevada capacidad de amperaje, así como aplicaciones en sistemas de respaldos fotovoltaicos (12).

**Salidas de voltaje para periféricos.**

Los periféricos que conforman el módulo didáctico, ocupan diferentes niveles de voltaje, para alimentar los diferentes sistemas electrónicos, como la computadora de placa única (SBC) ocupa un nivel de voltaje reducido de 5VDC a 3A de 12V suministrados por la batería y el monitor de 19 VDC a 2A, superior a 12V.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Se implemento para la salida de voltaje de la Raspberry Pi 4 un convertidor DC-DC de tipo Buck, con una entrada de 12 VDC ajustada a salida de 5V de más de 3A. Para la salida de voltaje 19VDC del monitor se utilizó el convertidor DC-DC Boost para convertir los 12V de la batería en 19VDC, que estregue más de 3A. En la tabla 6, se muestra criterios de selección de convertidores DC-DC con los componentes correspondientes.

***Tabla 6. Matriz de selección convertidores***

| Especificaciones | Convertidor buck | Convertidor boost |
|---|---|---|
| **Aspecto físico** |  |  |
| **Voltaje de entrada** | $3\ Vdc - 32\ Vdc$ | $3\ Vdc - 32\ Vdc$ |
| **Voltaje de salida** | $5\ Vdc - 35\ Vdc$ | $0{,}8\ Vdc - 30\ Vdc$ |
| **Corriente de entrada** | $\approx 5.5 - 6\ A$ | $4\ A$ |
| **Corriente máxima de salida** | $5\ A$ | $3\ A$ |
| **Frecuencia de conmutación** | $180\ kHz$ | $400\ kHz$ |
| **Temperatura de funcionamiento** | $-40\ ℃\ a + 85\ ℃$ | $-40\ ℃\ a + 85\ ℃$ |
| **Eficiencia de conversión** | $96\%$ | $92\% - 94\%$ |
| **Potencia máxima** | $75\ W$ | $30 - 45\ W$ |
| **Componente correspondiente** |  |  |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

La elección de los diferente convertidores DC-DC, se justificó mediante los requerimientos energéticos y consumó de corriente que puedan suministrar a cada uno de los elementos que conforman el módulo.

**Análisis comparativo de materiales de impresión 3D.**

Para la fabricación de la estructura del módulo se seleccionó el PETG como material de impresión 3D, debido a que ofrece una adecuada combinación de resistencia mecánica, estabilidad térmica y facilidad de fabricación (4,13). Estas características permiten soportar el peso de los componentes electrónicos, como la Raspberry Pi 4, el monitor y el sistema de alimentación recargable, para mejorar la practicidad. Asimismo, el PETG presenta una mayor resistencia al impacto y a la humedad en comparación con el PLA, lo que incrementa la durabilidad y confiabilidad del prototipo.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

En la siguiente tabla 7, se establece una comparativa entre los diferentes materiales de impresión 3D, sobre la cual se justificó la elección del material PETG.

***Tabla 7. Matriz de selección de materiales de impresión 3D.***

| Características | PLA | PETG | ABS | ASA |
|---|---|---|---|---|
| **Aspecto del material** |  |  |  |  |
| **Resistencia mecánica 20%** | 3 | 4 | 5 | 5 |
| **Resistencia Térmica 15%** | 3 | 4 | 5 | 5 |
| **Facilidad de impresión 20%** | 5 | 4 | 3 | 3 |
| **Costo 15%** | 5 | 4 | 3 | 2 |
| **Resistencia ambiental 10%** | 2 | 4 | 3 | 5 |
| **Dimensionalidad 10%** | 5 | 4 | 4 | 4 |
| **Disponibilidad 10%** | 5 | 5 | 4 | 3 |
| **Resultado 100%** | 78/100 | 82/100 | 78/100 | 77/100 |

***Fuente:*** *Elaborado por los autores.*

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

## Fase de diseño energético y estructural

### Diseño energético y sistema de carga

El sistema energético del módulo está constituido por tres partes que funcionan de manera conjunta para el correcto funcionamiento del módulo. No obstante, los diferentes periféricos y elementos del módulo no operan en el nivel de tensión que suministra la batería ($12\ V$), lo cual, mediante el estudio de requerimientos realizado anteriormente, se debe adaptar los niveles de tensión para los componentes como el microcontrolador Raspberry Pi 4, que requieren alimentación de $5\ V$ y el monitor requiere un nivel de tensión de $19\ V$, superior al que entrega la batería. Tomando en cuenta estos preceptos técnicos, se realizó adaptaciones de reducción y elevación de tensión respectivamente, haciendo uso de convertidores DC-DC dedicado a cada componente del sistema, sin dejara de lado la corriente que deben soportar.

Cabe resaltar que la etapa de carga, está separada del sistema de alimentación de los componentes del módulo garantizando la protección y la vida útil de los periféricos.

La siguiente figura 10, se muestra cómo se construyó el sistema energético autónomo, con el respectivo módulo de carga y salidas de voltaje.

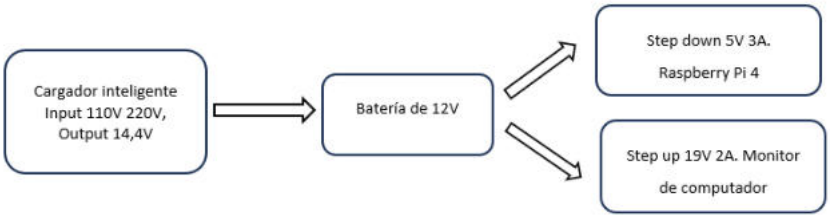


***Figura 1. Esquema de construcción de sistema energético.***

El funcionamiento de un cargador inteligente de baterías, es llamado inteligente por que mide continuamente el estado de la batería y modifica su funcionamiento y etapas, el cargador trabaja mediante etapas, la etapa de carga rápida (bulk), es donde el cargador inyecta la mayor cantidad de corriente posible generalmente $3\ a\ 5$ amperios y eleva la tensión de manera progresivamente dependiendo del tipo de batería, pudiendo elevar el voltaje hasta $14{,}2\ V$ a $14{,}7\ V$ dependiendo del fabricante y del tipo de batería, con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de la capacidad de amperaje de la batería.

La etapa de absorción entra en juego, cuando la batería alcanza el nivel de carga establecido y empieza a disminuir la corriente paulatinamente y mantener el voltaje, esto permite que la batería se cargue sin exceder su capacidad de corriente nominal.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

La etapa de flotación (float), entra cuando la batería está cargada, el cargador reduce el voltaje a un nivel de mantenimiento, teniendo en cuenta que la batería es de plomo-acido regulada por válvula, la tensión que es sometida en esta etapa es de $13{,}8\ V$ a $13{,}5\ V$ (14).

En la siguiente figura 11, se muestra como está constituido el circuito de alimentación y el sistema de carga de inteligente:

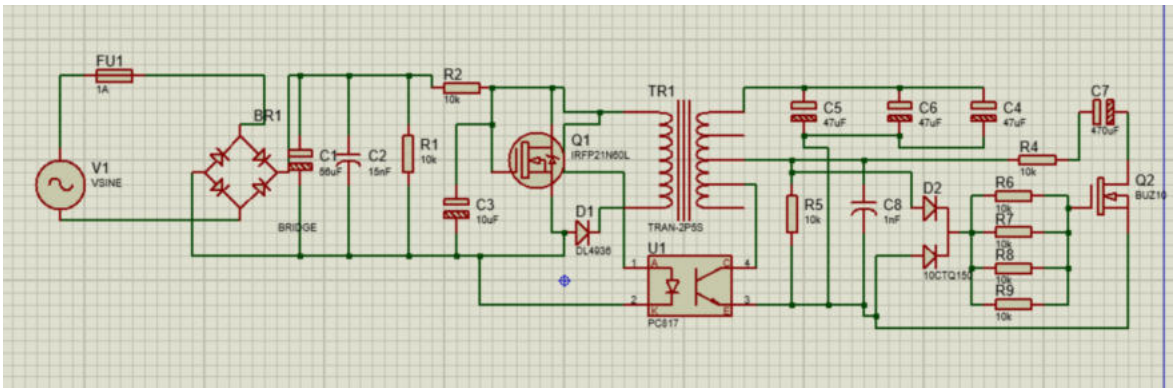


***Figura 2. Esquema de entradas y salidas de voltaje y sistema de alimentación.***

Tomando en cuenta los diferentes componentes que abarcara el módulo, se reestructuro el diseño del módulo, tomando como referencia el diseño anterior e implementando los diferentes elementos añadidos, siendo estos, betería VRLA, interruptores, ventiladores que conforman el sistema. Sin embargo, al ser los componentes ser accesibles diseñaron tapas deslizables con anclaje a pernos para el cierre de las mismas.

**Diseño y acotaciones de la tapa inferior.**

En la figura 3, se aprecia le diseño y las acotaciones de la tapa inferior, la cual se va anclar con tornillos de 3mm.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

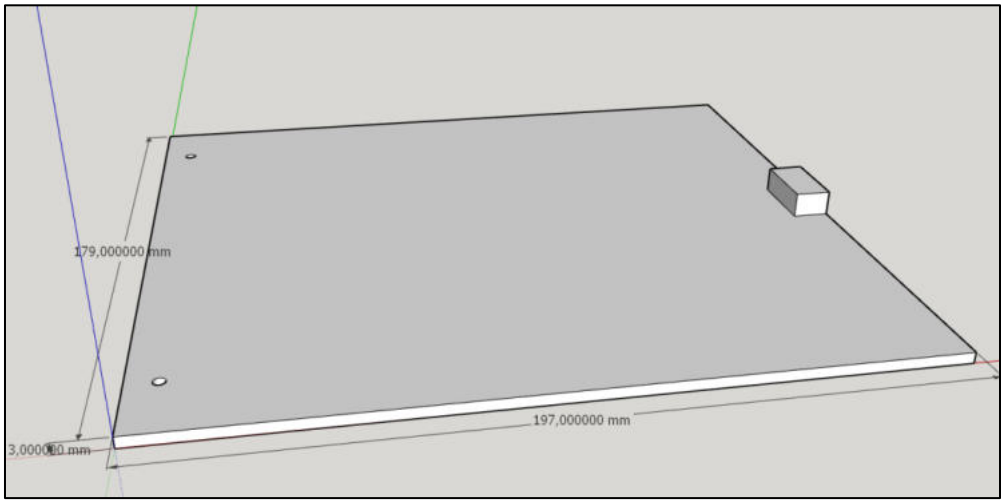


*Figura 3. Acotaciones y diseño de tapa inferior.*

**Diseño y acotaciones de tapa superior**

En la figura 4, se observa el diseño y las acotaciones de la tapa superior, donde se va alojar la cámara web, anclado con tornillos de 3mm.

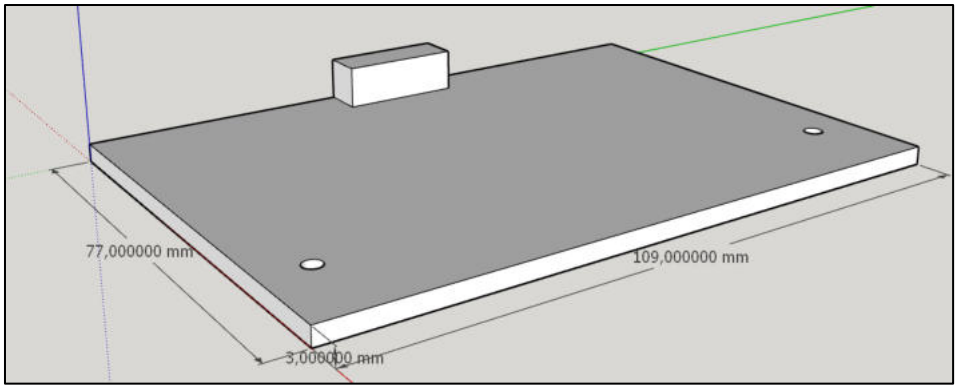


*Figura 4. Diseño y acotaciones de tapa superior.*

**Diseño y acotaciones de soporte de cámara web.**

En la figura 5, se muestra el diseño final del soporte de anclaje de la cámara web en el software de modelación Sketch Up.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

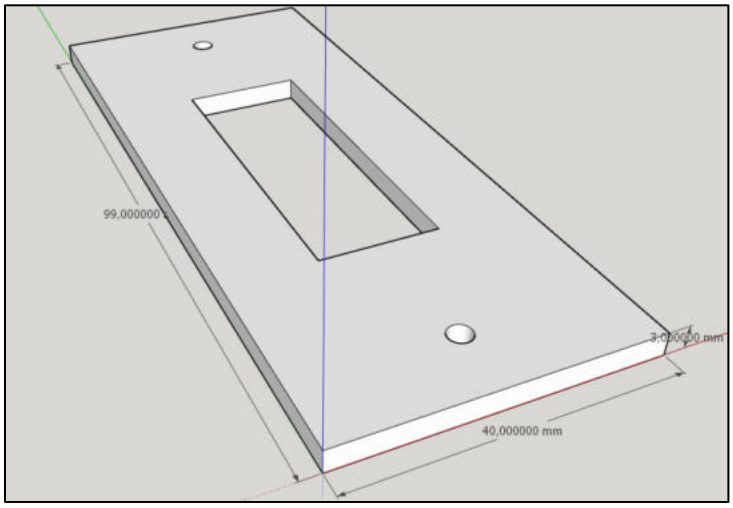


*Figura 5. Acotaciones y diseño del soporte de cámara web.*

**Diseño y acotaciones de modulo principal.**

En la figura 6, se muestra las acotaciones y el diseño del módulo principal en la cual, va a estar montado el sistema de la batería y los demás componentes del módulo como periféricos tanto de salida y, de entrada.

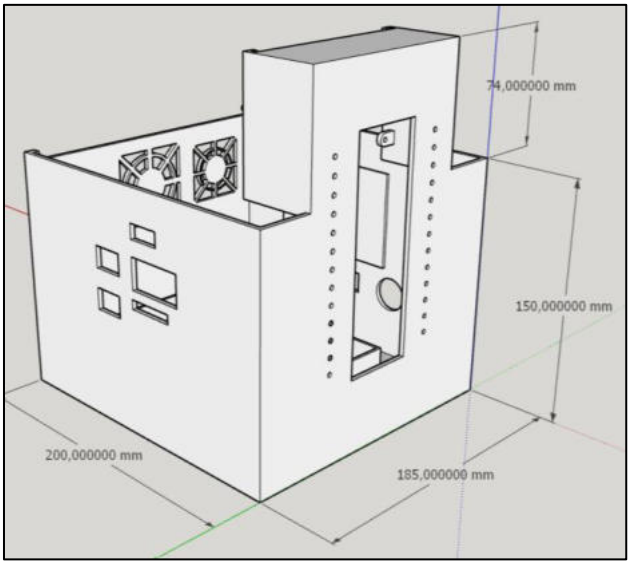


*Figura 6. Diseño y acotaciones del módulo.*

En la figura 7, se muestra en el software SketchUp, la simulación 3D del módulo de interpretación de lenguaje de señas.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

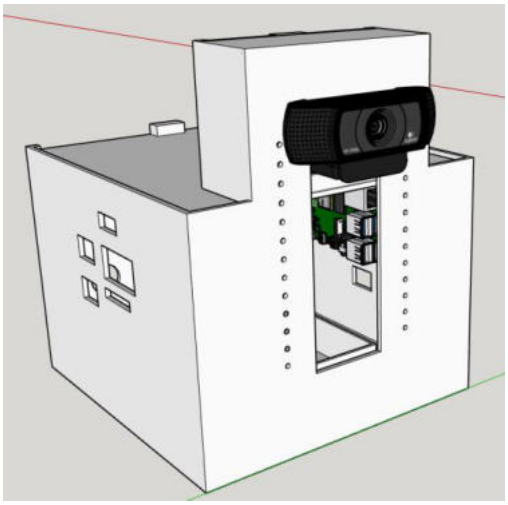

*Figura 7. Simulación de diseño de modulo 3D*

**Diseño computarizado de software y fabricación de diseño en impresión 3D.**

La etapa de elaboración del diseño del moduló, se llevó a cabo mediante servicios de impresión 3D, usando software de análisis de tiempo y material que se usara en la fabricación y uso de impresora con capacidad de imprimir modelos robustos y en un tiempo pertinente. En la figura 8 y 9, se muestra el diseño computarizado por medio de software de impresión 3D en *Bambu Studio.*

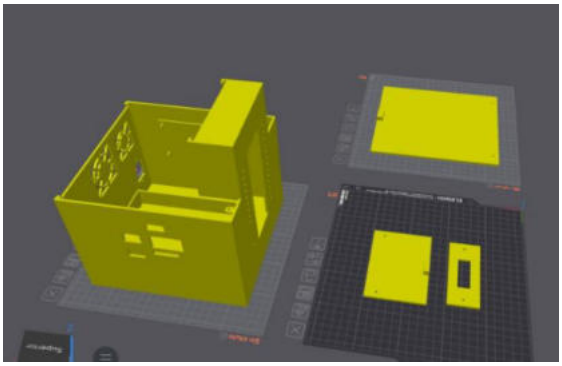

*Figura 8. Computarización de diseño exportado STL.*

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

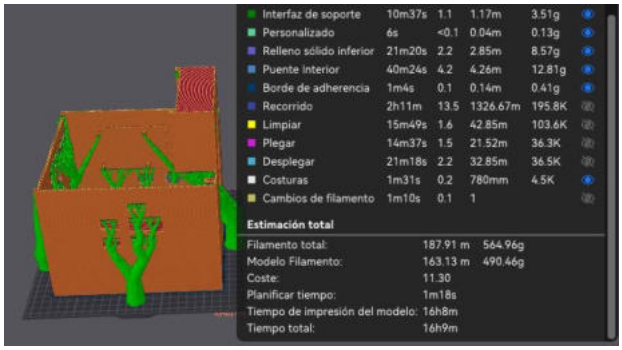


***Figura 9. Cálculos de tiempo y material PTEG a utilizar.***

## Implementación estructural y energética

### Adquisición de cargador inteligente 12V

Para la elaboración del sistema de carga de una batería VRLA recargable, se decidió implementar la electrónica de un cargador inteligente por pulsos de 12V, el cual tiene una entrada de 120V / 220V de la red eléctrica, se realizó una adaptación de la electrónica en la batería para que sea parte del sistema.

La elección se justifica mediante la simplicidad de adaptación a la batería la cual tiene entrada de 110VAC y una salida de 14VDC para recarga de del sistema.



***Figura 10. Cargador de batería VRLA 12V.***

La implementación final del sistema de alimentación autónomo se estructuró en diferentes etapas, de acuerdo con la función específica que desempeña cada una. La primera corresponde a la etapa de carga, encargada de recargar la batería cuando su nivel de energía es insuficiente. La segunda etapa está constituida por la batería de 12 V, cuya función es almacenar la energía suministrada por el cargador y proporcionar la alimentación al sistema. Finalmente, la etapa de regulación adapta el voltaje proveniente de la batería a los niveles requeridos por cada uno de

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

los periféricos, garantizando un suministro de energía estable y adecuado para el correcto funcionamiento de la Raspberry Pi 4, el monitor y los demás componentes del módulo.

En la figura 11, se muestra la comprobación de voltaje, de la batería implementando el cargador inteligente, en el panel de visualización.




***Figura 11. Comprobación de nivel de batería.***

Se implemento el step up de 19V 3A, para la salida de voltaje que alimento el monitor de visualización, como se muestra en la figura 12.




***Figura 12. Step up Output 19V.***

En la figura 13, se establece la salida de 5V 3A, para el microcontrolador Raspberry Pi 4, para la etapa de visión artificial.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



*Figura 13. Step Down Output 5V.*

**Impresión y adquisición de diseño mecánico de modulo didáctico**

Etapa donde se adquirió el diseño final del módulo didáctico para su respectivo montaje de los componentes, batería, pantallas, y periféricos, además de los diferentes anclajes como pernos de 3mm.

En la figura 14 y 15, se muestra cómo se desarrolló el servicio de impresión 3D para la adquisición del módulo, en el cual se va a montar el sistema.

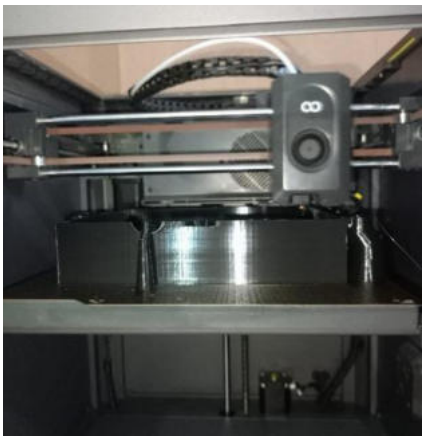

*Figura 14. Proceso de impresión 3D del módulo.*

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



*Figura 15. Desarrollo de impresión 3D de la tapa inferior.*

En la figura 16, se muestra el resultado de la fabricación y la impresión 3D del módulo.



*Figura 16. Fabricación final del módulo.*

**Pruebas de validación de montaje de diseño mecánico y sistema de alimentación.**

Se llevaron a cabo diversas pruebas de validación en aspectos clave del diseño mecánico, incluyendo el montaje de los componentes, el sellado de las tapas superior e inferior, así como la instalación de los switches y la cámara web.

**Prueba de medición de voltaje de la batería mediante multímetro.** Se realizó una prueba de medición del voltaje que entrega la batería, haciendo uso del multímetro, observando que la lectura sea correcta tomando como referencian el valor que muestra él panel, pudiéndose apreciar en la figura 17.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

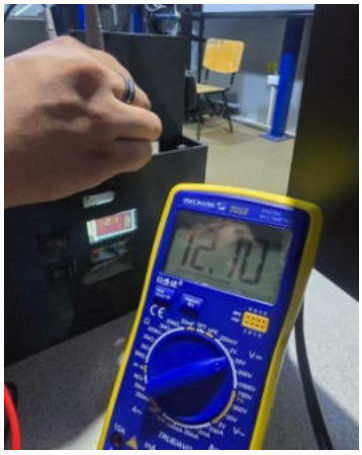


*Figura 17. Prueba de medición de voltaje y consumo.*

**Condición de carga monitoreado por el panel del cargador.** En la figura 18, Se observa la verificación de la evolución del estado de carga inteligente del módulo, mediante el panel de visualización incluido en la etapa de carga.



*Figura 18. Pruebas de estado de carga del módulo.*

**Prueba de autonomía del módulo.** Se realizó las respectivas pruebas de validación de la autonomía entregada por el sistema de alimentación, pudiéndose observar un correcto funcionamiento. Y el voltaje de la batería después de dos horas y media de uso del módulo Como se puede apreciar en la figura 19.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

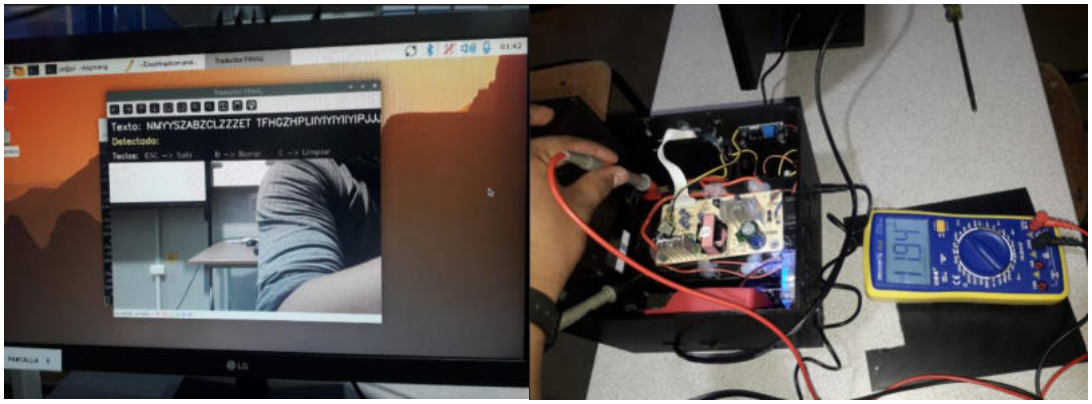


***Figura 19. Prueba de validación de autonomía y medición de batería por medio de multímetro después de operación.***

**Pruebas de montaje de los componentes mecánicos del módulo.** Se comprobó el correcto montaje de los componentes mecánicos, en la figura 20 y 21, se muestra el movimiento y anclaje de la cámara web y montaje de las tapas superior e inferior.



***Figura 20. Perspectiva frontal del módulo.***

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97



*Figura 21. Montaje de la tapa superior e inferior.*

**Pruebas de instalación y puesta en marcha del sistema de validación de sistemas de visión artificial.**

En la figura 22, se puede apreciar los resultados finales de la instalación y operación de sistema de interpretación del lenguaje de señas, implementando el monitor de visualización de resultados, alimentado a través del módulo y proyectado mediante HDMI.



*Figura 22. Validación de puesta en marcha del módulo.*

Se validó satisfactoriamente el programa de software, de interpretación de lenguaje de señas, por medio de visión artificial. En la figura 23, se visualizó los resultados de interpretación visual de imágenes a través de Open CV (15). A través de asistencia profesional.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

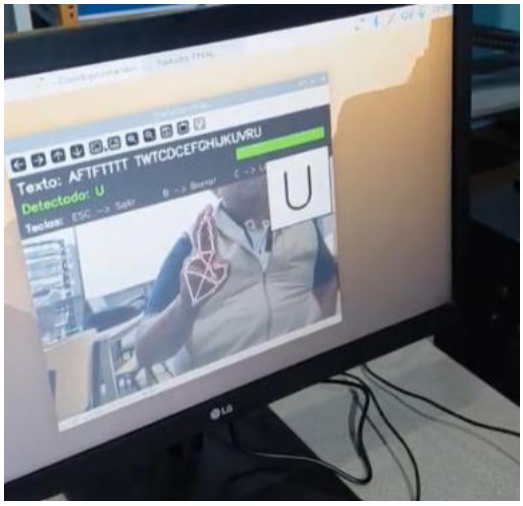


*Figura 23. Validación de operación de interpretación de lenguaje de señas.*

# DISCUSIÓN

## Eficiencia energética

La batería VRLA de $12\,V$ y $12\,Ah$ proporciona una capacidad energética nominal de aproximadamente considerando un consumo de referencia de 4,6 A, la autonomía teórica se estimó mediante la relación entre la capacidad de la batería y la corriente consumida, obteniéndose aproximadamente $2{,}45$ horas de funcionamiento. Durante las pruebas experimentales, el módulo logró superar las 2 horas y 30 minutos de operación, evidenciando que la autonomía obtenida se encuentra dentro del rango esperado a partir del dimensionamiento realizado.

En la tabla x, se presenta una matriz de comparación de resultados con respecto al módulo anterior, a través de valores de puntuación representando una diferencia frente a valores de teóricos y valores reales obtenidos (16).

*Tabla 8. Comparativa de valores teóricos y reales en cuestión de alimentación.*

| Criterios a comparar | Valor teórico | Valor real | Porcentaje de diferencia |
|---|---|---|---|
| **Potencia del Monitor** | $\approx 40\,W$ | $\approx 38\,W$ | 5% |
| **Potencia de la Raspberry Pi 4** | $15\,W$ | $\approx 13-15\,W$ | 13,33% |
| **Consumo total** | $55\,W$ | $\approx 47\,W$ | 14,5% |
| **Autonomía** | $2{,}30\,h$ | $\approx 2{,}30-2{,}45\,h$ | 6,5% |

*Fuente. Elaborado por los autores.*

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

## Portabilidad

La autonomía alcanzada tiene una relación directa con la portabilidad del módulo, debido a que permite utilizarlo en diferentes espacios sin requerir una conexión permanente a la red eléctrica. Esta característica representa una mejora respecto al prototipo anterior, cuyo sistema de alimentación dependía de una fuente externa.

De esta manera se mejora la facilidad de instalación en ambientes que se requiera una instalación independiente, haciéndolo autónomo. a continuación, en la tabla x, se comparan las diferentes características del prototipo de modulo anterior con respecto al módulo actual, por medio de puntuaciones de 1 a 5.

***Tabla 9. Matriz de interpretación de resultados en base criterios de evaluación.***

| Indicador | Resultado obtenido | Interpretación |
|---|---|---|
| **Masa total del modulo** | $4{,}1\ Kg$ | Se determino el esfuerzo de transporte |
| **Dimensiones** | $20\ cm\ \times 18{,}5\ cm\ 22{,}4\ cm$ | Espacio requerido para el transporte |
| **Capacidad de la batería** | $12\ Ah$ | Capacidad que entrega la batería |
| **Autonomía teórica** | $2{,}56\ h$ | Autonomía teórica calculada superior a dos horas y media |
| **Autonomía real** | $2{,}49\ h$ | Autonomía evaluada en tiempo real |
| **Alimentación externa** | N/A | Únicamente para etapa de carga. |

**Fuente.** Elaborado por los autores.

## Robustez Estructural

Durante las pruebas de manipulación y funcionamiento, la estructura mantuvo la integridad de sus elementos de soporte y protección, sin evidenciar daños estructurales que comprometieran el funcionamiento del módulo. La incorporación de la batería VRLA también representó un requerimiento adicional para la estructura, debido a su masa, por lo que fue necesario considerar su ubicación y fijación dentro de la carcasa.

***Tabla 10. Matriz de análisis de resultados de robustez estructural.***

| Aspecto | Método de evaluación | Resultados | Criterio |
|---|---|---|---|
| **Masa total** | Medición con balanza | $4{,}1\ Kg$ | $\leq 5\ Kg$ |
| **Deformación** | Inspección después de la carga | $0\ mm$ | No presenta deformaciones |
| **Carga soportada** | Aplicación de carga sobre el modulo | $4{,}5\ Kg$ | $\geq 4{,}1\ Kg$ del módulo |
| **Integridad de uniones** | Inspeccione visual. | Sin daños | No presenta desprendimiento. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Transporte** | Manipulación del modulo | 2 pruebas | No presenta daños estructurales |
| **Movimiento** | Trasporte del módulo | 2 pruebas | Componentes permanecen fijos |

***Fuente. Elaborado por los autores.***

## Comparación del prototipo anterior y el actual

En la tabla 9, se presenta una comparativa del prototipo de interpretación de lenguaje de señas, basado en visión artificial

***Tabla 11. Tabla de comparación de prototipos, anterior y actual.***

| Característica | Prototipo anterior | Prototipo mejorado | Resultado de la mejora |
|---|---|---|---|
| **Material de carcasa** | MDF | PETG | Fabricación mediante impresión 3D |
| **Sistema de alimentación** | Dependencia de alimentación externa | Sistema autónomo con batería VRLA | Mayor independencia energética |
| **Batería** | N/A. alimentación externa | VRLA 12 V – 12 Ah | Permite funcionamiento autónomo |
| **Autonomía** | Dependiente de conexión eléctrica | > 2,5 h en pruebas | Mayor movilidad |
| **Adaptación de la carcasa** | Fabricación convencional | Diseño e impresión 3D | Mayor libertad geométrica |
| **Integración de componentes** | Condicionada por estructura MDF | Espacios diseñados para componentes | Mejor integración |
| **Portabilidad** | Limitada por alimentación externa | Funcionamiento independiente de la red | Mejora de movilidad |
| **Peso** | $\approx 1\ kg$ | $4{,}2\ Kg$ | Integra sistema de alimentación autónomo |
| **Robustez** | Fabricación Laser MDF | Estructura PETG | Resistencia térmicas. |
| **Mantenimiento/modificación** | Requiere modificación física | Puede rediseñarse e imprimirse nuevamente | Mayor facilidad de modificación |

***Fuente.*** *Elaborado por los autores.*

## Limitaciones técnicas reales

A pesar de las mejoras implementadas, se identificaron algunas limitaciones técnicas. La primera corresponde al peso de la batería VRLA utilizada, cuya masa representa una proporción importante del peso total del módulo y limita parcialmente su portabilidad. Si bien la capacidad de 12 Ah permite alcanzar la autonomía requerida, existe un compromiso entre capacidad energética y masa del sistema.

- Limitaciones a nivel de batería

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

Otra de las limitaciones técnicas, en cuanto a baterías VRLA es el ciclo de vida, es limitado frente a otras baterías como, iones de litio o $LiFePo_4$ (17,18,19), las baterías de ácido-plomo regulada por válvula, necesitan de cierto nivel de espacio para poder tener disipación térmica dado a que trabaja mediante reacciones químicas, lo ideal es mantener la temperatura entre 25 °C, lo cual sería una limitante dado a las dimensiones reducidas del módulo,

***Tabla 12. Tabla de limitaciones de baterías.***

| Criterios | Batería VRLA | Batería Litio | Batería $LiFePO_4$ |
|---|---|---|---|
| **Disipación térmica** | Media requiere ambientes controlados | Media sensible al recalentamiento | Estable en disipación |
| **Ciclos de vida** | $200 - 600$ ciclos | $1000 - 2000$ ciclos | $3000 - 6000$ ciclos |
| **Construcción** | GEL | Celdas compactas | Celdas segura y BMS |
| **Capacidad** | $12\ Ah$ | Variable en base a construcción $(12\ Ah - 15\ Ah\ -\ 20\ Ah)$ | $100\ Ah\ - 200\ Ah$ |
| **Voltajes** | $12\ - 24\ V$ | $11{,}1\ V$ | $12\ V - \ 24\ V\ -\ 48\ V$ |
| **Sistemas de carga** | Cargador inteligente | BMS | BMS integrado |

***Fuente. Elaborado por los autores.***

- Eficiencia de convertidores

Se adapto las salidas de alimentación para los elementos que componen el sistema, sin embargo, para poder determinar la conveniencia de implementar convertidores DC-DC, se realizó un análisis eficiencia energética de convertidores, tomando en cuenta los valores de tensión y corriente respectivamente.

Calculo de eficiencia de para convertidor reductor para la Raspberry Pi 4 en base a mediciones realizadas con el multímetro.

$$\eta_{DC-DC} = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = \frac{5\ V_{out} \times 3\ A_{out}}{12{,}2\ V_{in} \times 2\ A_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = \ 61{,}5\ \%$$

Calculo de la eficiencia energética del convertidor elevador para el monitor en base a mediciones realizadas, haciendo uso del multímetro.

$$\eta_{DC-DC} = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100$$

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

$$\eta_{DC-DC} = \frac{19_{out} \times 1{,}2\ V_{out}}{12{,}2\ V_{in} \times 2\ V_{in}} \times 100$$

$$\eta_{DC-DC} = 93{,}4\%$$

Los sistemas de conversión presentan valores inferiores al 100 %, lo cual hace, que parte de la energía que suministra la batería se disipe en los procesos de conversión, tanto para reducción como para elevación (20).

- Limitaciones estructurales y de diseño

Finalmente, la fabricación de la carcasa mediante impresión 3D y de tecnologías FDM se encuentra condicionada por el volumen de impresión disponible tolerancias, espesor (21). Para piezas de dimensiones superiores al área de fabricación de la impresora puede ser necesario dividir la estructura en varias partes, incorporando posteriormente elementos de unión. Esto puede aumentar el tiempo de fabricación y generar zonas adicionales que deben ser consideradas durante el diseño estructural.

En la figura x, se muestra la puntuación de servicios de impresión 3D, de manera local en el area de Santo Domingo, como de servicios de impresión 3D fuera de area local en provincias como Quito.

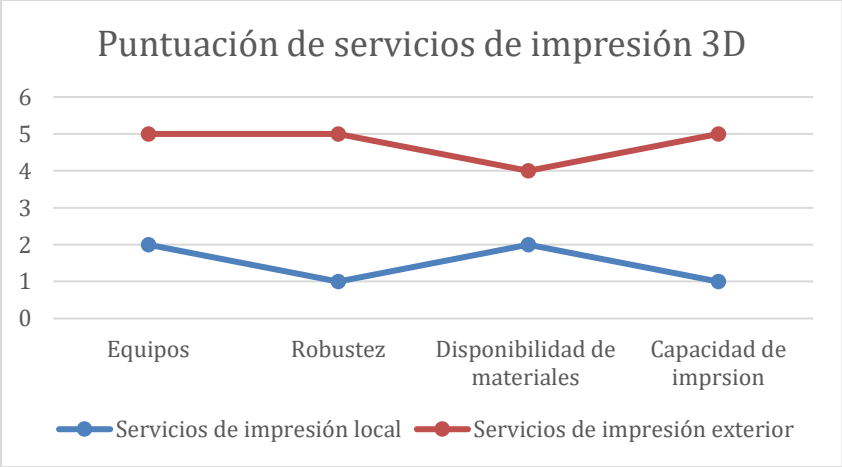


***Figura 24. Puntuación de servicios de impresión 3d de manera local.***

**Trabajos futuros**

Una de ellas consiste en evaluar tecnologías de almacenamiento energético con mayor densidad energética, como $LiFePO_4$, con el propósito de reducir la masa del sistema manteniendo una autonomía adecuada. También podría optimizarse el dimensionamiento de los convertidores DC-

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 1-33
DOI:
https://doi.org/10.56519/3pzy4a97

DC de acuerdo con los consumos reales de cada componente, y aumentar la eficiencia energética buscando reducir las pérdidas de conversión.

Por parte de diseño mecánico, se propondría el estudio de escalabilidad e implementación, de materiales de impresión 3D más robustos, como el ASA o el ABS, que puedan aumentar la vida útil del módulo y pruebas que lleven a un sistema más compacto y resistente a ambientes y condiciones hostiles.

## CONCLUSIONES

Se logro optimizar el prototipo del módulo de interpretación de lenguaje de señas basado en visión artificial, implementado tecnologías de electrónica de consumo, diseño e implementación de sistemas de alimentación autónomos e implementación de prototipos de diseño mecánico, consiguiendo garantizar la portabilidad, resistencia, autonomía y funcionalidad en entornos educativos y de aprendizaje.

Se analizó de manera correcta, los requerimientos y necesidades a nivel energético, y se determinó la opción pertinente de sistema energético autónomo, tomando en cuenta parámetros de niveles de tensión y consumo, acordes a cada uno de los componentes del módulo, Raspberry Pi 4, y le monitor de escritorio.

Se logro evaluar y comparar los materiales de impresión 3D, que estén disponible de manera comercial, de manera que se seleccionó la mejor opción disponible de manera local, tomando en cuenta parámetros de manera cuantitativa, resistencia, condiciones ambientales, costos y facilidad de fabricación, con el objetivo de escoger la opción en base a criterios de disponibilidad.

Se diseño satisfactoriamente el prototipo del módulo, usando software de diseño asistido por computadora, siendo SketchUp, de manera que se logró una correcta distribución de componentes siendo el sistema de alimentación autónomo y el sistema microcontrolador Raspberry Pi 4 y la cámara web.

Se llevo a cabo la implementación del sistema de alimentación autónomo incluyendo el cargador inteligente e implementación de salidas de voltaje con convertidores DC-DC regulables y el deseño del módulo impreso en 3D de cada elemento de montaje, tapas superior e inferior y soportes de cámara web.

Se llevó a cabo pruebas de validación de funcionamiento energético, pruebas de nivel de baterías, correcto funcionamiento de sistema de carga, medición de salidas de tensión de cada elemento, pruebas de validación de autonomía y operación de sistema de interpretación de lenguaje de señas de visión artificial. Estructuralmente se validó la operación de montaje de elementos y anclajes, pruebas de presión movilidad y transporte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hinojosa Tonato MA, Naranjo Olalla FP. Análisis del prototipo de aprendizaje de lenguas de señas ecuatoriana a través de hardware y software libre. Código Científico Revista de Investigación [Internet]. 2026;7(E1):2101–15. Disponible en: http://dx.doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/ne1/1409
2. Almjally A, Almukadi WS. Reconocimiento del lenguaje de señas basado en visión artificial profunda con inteligencia artificial para ayudar a personas con discapacidad auditiva y del habla. Sci Rep [Internet]. 2025;15(1):32268. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-09106-8
3. Hernández Lara D, Juárez Velázquez ET, Trejo Villanueva CA. Modelo de visión artificial para el reconocimiento de la Lengua de Señas Mexicana. 2025; Disponible en: http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.17546270
4. Formlabs [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades. Disponible en: https://formlabs.com/latam/blog/3d-printing-materials/
5. AKB. Campuscomponent.com. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. What is raspberry pi- models, benefits and common uses. Disponible en: https://www.campuscomponent.com/blogs/post/what-is-raspberry-pi-and-for-what-it-is-used-for
6. Paredes R. Mitti. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Metodología en cascada: Ventajas e inconvenientes. Disponible en: https://mitti.com/es/temas/metodologia-en-cascada
7. 3d DI. Filamento PETG: características y propiedades [Internet]. Dynapro 3D - Empresa de Impresión 3D en Madrid. Dynapro 3D Empresa de Impresión 3D; 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://dynapro3d.com/filamento-petg-caracteristicas-y-propiedades/
8. Ganchozo León CA, Lozada Lopez FA, Murillo Encarnación WG, Salguero Sumba VH. Impacto del uso de módulos didácticos con Controladores Lógicos Programables (PLC) en la enseñanza de automatización y control para el desarrollo de competencias en educación superior. Arandu [Internet]. 2025;12(4):1591–608. Disponible en: http://dx.doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1768
9. Ciećwierz M. SketchUp - Ventajas y limitaciones [Internet]. Cgwisdom.com. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://cgwisdom.com/es/blog/sketchup-ventajas-y-limitaciones.html
10. Lopez I. Sicnova. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Parámetros de impresión 3D que más afectan al resultado final. Disponible en: https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/parametros-impresion-3d-resultado-final/

11. Scribd.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Client challenge. Disponible en: https://es.scribd.com/document/504034352/ENEL-E-BT-010-R-00-Baterias-Plomo-acido-Selladas
12. LTD. FUJIAN 闽华 POWER SOURCE CO., LTD. 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Qué es una batería VRLA? Disponible en: https://www.minhuagroup.com/es/news/what-is-vrla-battery/
13. Plastics L. PETG plastic: Properties, uses & advantages [2025 update] [Internet]. Laird Plastics. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Disponible en: https://lairdplastics.com/resources/petg-plastic-properties-uses-amp-advantages-2025-update/
14. OHRIJA official website. OHRIJA CHARGER & POWER. 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Qué es un cargador inteligente y cómo funciona? Disponible en: https://es.ohrija.com/Cargador-inteligente-y-c%C3%B3mo-funciona/?srsltid=AU7gw4WjGbDjJobJeYGWh0RUKycpA117lC6tWHdC_iMiYEGRJcy8AcKZ
15. Innovatiana.com [Internet]. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. OpenCV: visión artificial e inteligencia artificial. Disponible en: https://www.innovatiana.com/es/post/introducing-opencv
16. Scribd.com [Internet]. 2023 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Client challenge. Disponible en: https://es.scribd.com/document/670321187/COMPARACION-ENTRE-LOS-RESULTADOS-TEORICOS-Y-EXPERI
17. Industrialmonitordirect.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Confiabilidad de Baterías VRLA: Vida Útil, Pruebas y Prevención de Fallas. Disponible en: https://industrialmonitordirect.com/es/blogs/knowledgebase/vrla-battery-reliability-lifespan-testing-failure-prevention
18. Lee PAN. Large Battery. Large Power; 2025 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Explicación del ciclo de vida y la longevidad de la batería. Disponible en: https://www.large-battery.com/es/blog/battery-cycle-life-and-longevity/
19. Cheng J. BSLBATT® Official. 2024 [citado el 18 de septiembre de 2026]. ¿Cuánto duran las baterías de litio? Disponible en: https://bslbatt.com/es/blogs/%C2%BFCu%C3%A1nto-duran-las-bater%C3%ADas-de-litio/
20. Ariat-tech.es [Internet]. 2026 [citado el 18 de septiembre de 2026]. Eficiencia del convertidor DC-DC: Pérdidas de potencia, Bistabilidad y Optimización. Disponible en: https://www.ariat-tech.es/blog/DC-DC-Converter-Efficiency-Power-Losses,Bistability,and-Optimization.html
21. Craftcloud3d.com [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2026]. Precisión de la impresión 3D FDM: tolerancias, espesor de pared y limitaciones. Disponible en: https://support.craftcloud3d.com/es/articles/31-precision-de-la-impresion-3d-fdm-tolerancias-espesor-de-pared-y-limitaciones

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS ROBOTS SOCCER RC PARA EL CLUB DE ROBÓTICA DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSA'CHILA

# DESIGN AND CONSTRUCTION OF TWO RC SOCCER ROBOTS FOR THE ROBOTICS CLUB OF THE TSA'CHILA HIGHER TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Julio Ismael Baldeon Zambrano[1], Andy Sebastián Herrera Carrion[2], Javier Oswaldo Obregón Gutiérrez[3]

{juliobaldeonzambrano@tsachila.edu.ec[1], andyherreracarrion@tsachila.edu.ec[2], javierobregon@tsachila.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 29/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El presente trabajo describe el diseño y construcción de dos robots soccer controlados remotamente (RC) para el Club de Robótica del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila. El proyecto surgió ante la necesidad de disponer de prototipos funcionales para actividades prácticas relacionadas con electrónica, accionamiento de motores, alimentación eléctrica, control y robótica competitiva. El desarrollo comprendió el análisis de requerimientos, la selección de componentes, el diseño y construcción de la estructura, la instalación del sistema de desplazamiento, la integración eléctrica y electrónica, la implementación del radiocontrol y la realización de pruebas funcionales. Durante el proceso se verificaron el sentido de giro de los motores, el avance, retroceso, giro, cambio de dirección, detención, estabilidad, maniobrabilidad y comunicación entre transmisor y receptor. Los resultados documentados en el trabajo de integración curricular muestran que los prototipos lograron integrar los sistemas mecánico, eléctrico, electrónico y de radiocontrol y pueden utilizarse como herramientas de práctica y experimentación. No se incorporan valores de velocidad, autonomía, peso, dimensiones o alcance que no hayan sido medidos y registrados en el trabajo fuente.**

***Palabras clave: robot soccer RC, robótica educativa, radiocontrol, motores DC, electrónica***

[1]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-6889-773X
[2]Carrera de Electrónica, Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/ 0009-0002-1312-4339
[3]Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-9331-6105

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

**ABSTRACT: This paper describes the design and construction of two remotely controlled soccer robots (RC) for the Robotics Club of the Tsa'chila Higher Technological Institute. The project arose from the need for functional prototypes for practical activities involving electronics, motor actuation, electrical power, control and competitive robotics. The development included requirements analysis, component selection, structural design and construction, drive-system installation, electrical and electronic integration, radio-control implementation, and functional testing. The documented tests verified motor direction, forward and backward motion, turning, direction changes, stopping, stability, maneuverability, and transmitter-receiver communication. The results reported in the curricular integration work show that the prototypes integrated mechanical, electrical, electronic and radio-control systems and can be used as practical and experimental learning tools. Values for speed, autonomy, weight, dimensions, or radio range are not stated unless they were measured and recorded in the source work.**

***Keywords: RC soccer robot, educational robotics, radio control, DC motors, electronics***

## INTRODUCCIÓN

La robótica es un campo multidisciplinario que relaciona elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control para construir sistemas capaces de ejecutar acciones físicas de manera controlada. En el ámbito educativo, los proyectos de construcción de robots permiten llevar estos fundamentos a actividades de diseño, ensamblaje, programación o control y comprobación experimental, favoreciendo el aprendizaje basado en proyectos.

El fútbol robótico constituye uno de los escenarios utilizados para desarrollar y evaluar sistemas móviles. Sin embargo, no todas las competencias emplean el mismo principio de operación. RoboCupJunior Soccer plantea robots completamente autónomos, capaces de detectar el balón y ejecutar decisiones sin intervención humana directa. En otras experiencias educativas, como Robot Soccer Challenge, se emplean robots controlados de manera remota para que los estudiantes practiquen comunicación inalámbrica, control y accionamiento. También existen plataformas educativas de fútbol robótico basadas en programación y comunicación inalámbrica, como Robot Soccer Kit y VEX Robot Soccer.

Esta diferencia es relevante para el presente proyecto. Los robots desarrollados para el Club de Robótica del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila no pretenden sustituir una plataforma autónoma de RoboCupJunior; su propósito es disponer de prototipos RC en los que el operador genera las órdenes de movimiento mediante un sistema de radiocontrol. Los sistemas RC comerciales emplean un transmisor y un receptor para enviar las órdenes hacia el dispositivo remoto. Por tanto, la propuesta se concentra en la integración local de la estructura, motores, alimentación, electrónica de accionamiento y radiocontrol en un prototipo construido para las actividades del Club.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

El antecedente institucional identificado en el trabajo de integración curricular señala una disponibilidad limitada de prototipos de fútbol robótico y la necesidad de fortalecer prácticas de electrónica, accionamiento de motores y radiocontrol. A partir de esta necesidad se planteó construir dos robots soccer RC, con énfasis en la integración de los sistemas y en la comprobación funcional de los prototipos.

El aporte del proyecto frente a soluciones comerciales o plataformas educativas disponibles consiste en disponer de prototipos construidos y ajustados dentro del propio Club, de modo que sus componentes puedan ser observados, modificados y utilizados como material de práctica. A diferencia de los robots autónomos, la operación depende del operador; a diferencia de un kit comercial cerrado, el proyecto permite intervenir directamente sobre la estructura y la integración electrónica. Estas características hacen que el prototipo sea útil como plataforma de experimentación, aunque su alcance competitivo depende de las reglas específicas de cada evento.

El objetivo del trabajo fue diseñar y construir dos robots soccer RC para el Club de Robótica del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, mediante la integración de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, con la finalidad de disponer de prototipos funcionales para actividades prácticas y competitivas de robótica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo tuvo un enfoque de desarrollo de prototipo. El procedimiento registrado en el TIC se organizó en las siguientes etapas: análisis de requerimientos; búsqueda, comparación y adquisición de componentes; diseño y construcción de la estructura; instalación de motores y sistema de desplazamiento; integración eléctrica y electrónica; implementación del radiocontrol; ensamblaje final; pruebas y ajustes.

### Análisis y selección de componentes

Se analizaron disponibilidad, costo, compatibilidad, tensión de alimentación, consumo de corriente, par motor, velocidad de rotación, dimensiones físicas, resistencia del chasis y compatibilidad entre módulos. Posteriormente se compararon proveedores y precios y se adquirieron los elementos seleccionados.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

***Tabla 1. Componentes principales considerados en el TIC. Los datos de modelo y características no registrados se dejan explícitos para evitar inventar especificaciones.***

| Elemento | Modelo/marca | Cantidad | Características principales | Estado del dato |
|---|---|---|---|---|
| Estructura/chasis | Diseñado y fabricado por los autores | 2 prototipos | Soporte y distribución de componentes | Filamento para impresión 3D |
| Motores eléctricos | TT130 | 4 | Accionamiento del sistema de desplazamiento | Completar tensión, rpm y corriente |
| Ruedas | Diseñado y fabricado por los autores | 4 | Transmisión del movimiento a la superficie | Filamento para impresión 3D |
| Placas electrónicas | Diseñado y fabricado por los autores | 2 | Interfaz de accionamiento/control | Diseño y fabricación de la placa |
| Sistema de radiocontrol | Bluetooth | 2 | Transmisión y recepción de órdenes | Filamento para impresión 3D |
| Batería / alimentación | Baterías de 3s a 300mah 3.7v | 2 | Fuente de energía del prototipo | Completar tensión y capacidad |
| Tornillos y fijaciones | No especificado en TIC | 12 | Fijación de elementos | Completar especificación |

El TIC registra cantidades y costos, pero no identifica de manera suficiente el modelo o marca de cada motor, placa, batería o sistema de radiocontrol. Por ello, la tabla anterior separa los datos documentados de los campos que deben completarse a partir de las facturas, fichas técnicas o fotografías de los componentes antes del envío definitivo.

## Diseño y construcción

El diseño de la estructura consideró las dimensiones generales del prototipo, la distribución de los componentes, el espacio disponible y la facilidad de montaje y mantenimiento. El TIC describe cortes, perforaciones y ajustes para instalar motores, ruedas, placas electrónicas, batería y demás componentes (14). No se encontró en el TIC una referencia explícita a un software CAD concreto; por tanto, no se atribuye el diseño a AutoCAD, SolidWorks, Fusión 360 u otro programa. La construcción documentada corresponde a un proceso de diseño, fabricación, montaje y ajuste progresivo.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

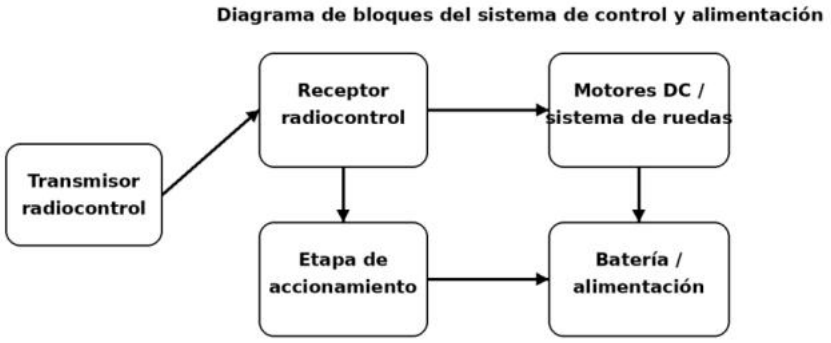


***Figura 1. Diagrama de bloques simplificado del sistema del robot soccer RC. Elaboración propia a partir de la arquitectura descrita en el TIC.***

## Integración eléctrica y radiocontrol

La alimentación se conectó con los elementos de accionamiento, motores y sistema de control. Antes de realizar las conexiones definitivas se verificaron las condiciones de tensión y corriente. Las placas fueron ubicadas dentro de la estructura y los conductores se organizaron para reducir desconexiones e interferencias con las partes móviles (14). El radiocontrol se implementó mediante un transmisor y un receptor; el receptor fue conectado al sistema encargado del control de los motores y el operador generó las órdenes de movimiento mediante el transmisor.

El documento fuente no especifica el modelo del radiocontrol ni establece de manera inequívoca si el protocolo empleado es analógico o digital. Tampoco documenta un software de control utilizado durante la operación. En la versión revisada se describe únicamente lo que sí está respaldado: control mediante radiocontrol con transmisor y receptor. Este dato debe precisarse con la ficha del equipo utilizado antes de la entrega final.

## Procedimiento de pruebas

Las pruebas se realizaron después del ensamblaje. Primero se efectuaron comprobaciones eléctricas de la alimentación; después se probaron individualmente los motores para verificar sentido de giro y respuesta; posteriormente se comprobó la comunicación entre transmisor y receptor; finalmente se realizaron pruebas de movimiento sobre una superficie adecuada. Se evaluaron avance, retroceso, giro, cambio de dirección, maniobrabilidad, estabilidad, respuesta de los motores, correspondencia entre las órdenes del operador y el movimiento y funcionamiento general del sistema eléctrico y electrónico (14). Cuando se identificaron inconvenientes, se efectuaron ajustes de distribución, conexiones o configuración.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

## Registro fotográfico del prototipo

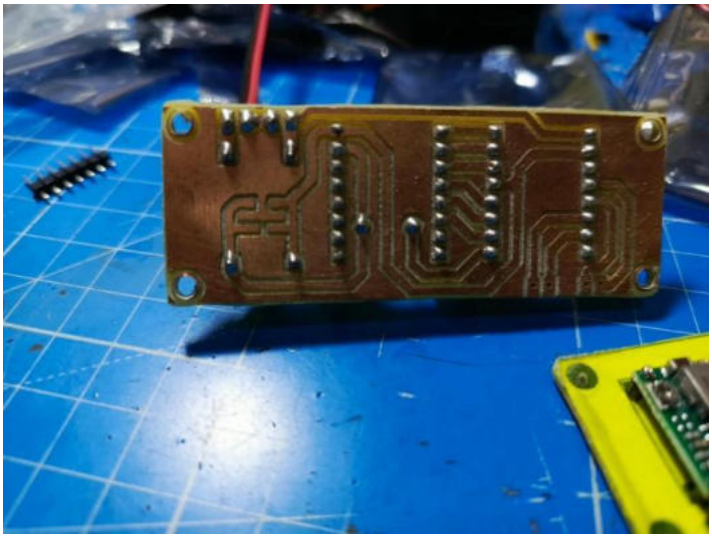

*Figura 2. Componentes y materiales utilizados para la construcción del robot soccer RC.*

*Fuente: Autoría propia, 2026.*

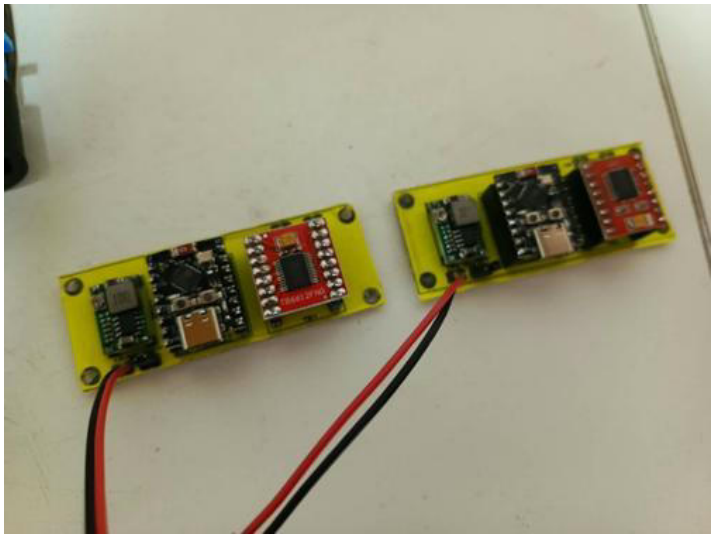

*Figura 3. Ensamble de componentes mecánicos del prototipo.*

*Fuente: Autoría propia, 2026.*

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54



***Figura 4. Instalación de componentes eléctricos y electrónicos.***

***Fuente: Autoría propia, 2026.***



***Figura 5. Cableado y componentes electrónicos utilizados en el prototipo.***

***Fuente: autoría propia, 2026.***

Nota editorial: las fotografías disponibles en el TIC documentan el proceso de construcción y los componentes. Para cumplir literalmente con la observación de la editora, se recomienda añadir además una fotografía del robot terminado en vista superior, una lateral y una vista interior completa con la batería, receptor y electrónica.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

# RESULTADOS

Los resultados documentados corresponden principalmente a la integración funcional de los sistemas y a pruebas de comportamiento. Se verificó que los motores y ruedas fueran instalados correctamente, que las conexiones eléctricas estuvieran operativas y que las órdenes enviadas desde el transmisor fueran recibidas por el robot. Las pruebas permitieron comprobar avance, retroceso, giro, cambio de dirección, detención, maniobrabilidad, estabilidad y respuesta de los motores.

***Tabla 2. Resultados funcionales registrados en el proceso de pruebas.***

| Función evaluada | Resultado documentado |
|---|---|
| Avance | Comprobado |
| Retroceso | Comprobado |
| Giro/cambio de dirección | Comprobado |
| Detención | Comprobada |
| Maniobrabilidad | Evaluada durante las pruebas |
| Estabilidad | Evaluada durante el movimiento |
| Respuesta de motores | Comprobada |
| Comunicación transmisor-receptor | Comprobada |
| Sistema eléctrico/electrónico | Comprobado |

## Mediciones cuantitativas requeridas

La revisión editorial solicita incorporar mediciones cuantitativas. El TIC consultado no contiene valores registrados para velocidad media, tiempo de respuesta, autonomía, alcance, peso, dimensiones ni corriente en vacío y bajo carga. Para no fabricar resultados, estos parámetros se presentan como campos de medición pendientes. La tabla puede completarse directamente durante una sesión de ensayo y debe reemplazar esta nota antes del envío definitivo.

***Tabla 3. Protocolo de mediciones solicitado por la revisión editorial.***

| Variable | Método sugerido | Instrumento | Resultado |
|---|---|---|---|
| Dimensiones | Largo × ancho × alto | Regla/calibrador | (MEDIR) cm |
| Velocidad media | Recorrer una distancia conocida y cronometrar; v=d/t | Cinta métrica + cronómetro/video | 12 cm/s |
| Tiempo de respuesta | Medir desde la orden hasta el inicio del movimiento | Video/cronómetro | 5 ms |
| Autonomía | Operar hasta alcanzar el criterio de descarga definido | Cronómetro + medición de batería | 26 min |
| Alcance RC | Alejar el robot hasta perder comunicación | Cinta métrica/GPS del teléfono | 5m |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Corriente en vacío | Robot energizado sin movimiento | Multímetro/pinza amperimétrica | 0.24 A |
| Corriente bajo carga | Robot desplazándose bajo condición definida | Pinza amperimétrica/multímetro | 1.2 - 1.8 A |

***Fuente: Los resultados deben registrarse experimentalmente.***

### Presupuesto

El presupuesto se incluye para transparentar los recursos necesarios para construir los dos prototipos y permitir la reproducción o planificación de futuros proyectos del Club. El TIC registra un subtotal de USD 360,00, IVA de USD 54,00, transporte de USD 20,00 y un total de USD 434,00.

***Tabla 4. Presupuesto de los componentes del proyecto.***

| Cantidad | Elemento | V. unitario | V. total |
|---|---|---|---|
| 6 | Estructura y materiales mecánicos | USD 15,00 | USD 90,00 |
| 4 | Motores eléctricos | USD 20,00 | USD 80,00 |
| 4 | Ruedas | USD 10,00 | USD 40,00 |
| 2 | Placas electrónicas | USD 25,00 | USD 50,00 |
| 2 | Sistema de radiocontrol | USD 20,00 | USD 40,00 |
| 2 | Batería / sistema de alimentación | USD 15,00 | USD 30,00 |
| 4 | Conductores y conectores | USD 3,00 | USD 12,00 |
| 12 | Tornillos y elementos de fijación | USD 1,00 | USD 12,00 |
| 1 | Otros componentes | USD 3,00 | USD 6,00 |
| | Subtotal | | USD 360,00 |
| | IVA 15 % | | USD 54,00 |
| | Transporte | | USD 20,00 |
| | **TOTAL** | | **USD 434,00** |

***Fuente: elaboración propia a partir del TIC.***

## DISCUSIÓN

El resultado principal del proyecto fue la obtención de dos prototipos RC funcionales para el Club. Este resultado es coherente con el objetivo planteado y con el procedimiento documentado, en el que se integraron estructura, motores, alimentación, electrónica de accionamiento y radiocontrol. Desde el punto de vista de sistemas robóticos, la integración entre actuadores, alimentación, estructura y control es un aspecto fundamental para obtener un comportamiento coordinado).

Al comparar el proyecto con RoboCupJunior Soccer, se observa una diferencia de arquitectura: RoboCupJunior requiere robots autónomos, mientras que el presente sistema depende de las

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

órdenes del operador. Esta diferencia no representa una equivalencia entre ambos tipos de robot, sino dos enfoques de operación distintos. En el ámbito educativo también existen experiencias de robot soccer controlado remotamente, como la actividad de TeachEngineering, donde se utiliza una comunicación inalámbrica entre un controlador y un robot para practicar control y juego de fútbol.

Frente a plataformas educativas más avanzadas, Robot Soccer Kit incorpora robots omnidireccionales, comunicación Bluetooth y un sistema externo de seguimiento por cámara (11). VEX, por su parte, utiliza una plataforma programable y manipuladores para actividades de robot soccer. En comparación con estas soluciones, el proyecto del Tsa'chila se centra en una arquitectura RC de menor complejidad y en la construcción directa de los elementos del prototipo. Su principal utilidad documentada es didáctica y de experimentación dentro del Club.

Las pruebas realizadas fueron principalmente funcionales y cualitativas. Se comprobó si el robot respondía a órdenes concretas y si podía desplazarse y maniobrar. Sin embargo, la ausencia de mediciones cuantitativas impide comparar objetivamente velocidad, autonomía, consumo o alcance con otros prototipos. Por ello, la incorporación de las mediciones solicitadas por la editora constituye una mejora necesaria para fortalecer la reproducibilidad y la evaluación técnica del trabajo.

Entre las limitaciones se encuentran la ausencia de sensores para percepción del entorno, la dependencia del operador, la falta de datos experimentales de rendimiento, la falta de identificación completa de modelos y especificaciones de los componentes y la ausencia de un sistema autónomo de decisión. Estas condiciones delimitan el alcance del prototipo. Como líneas futuras se plantea incorporar sensores, registrar variables de desempeño, mejorar el sistema de accionamiento y adaptar el diseño a reglamentos concretos de competencias. Las reglas de RoboCupJunior, por ejemplo, establecen requisitos técnicos y de autonomía específicos que deberían considerarse si se pretende migrar hacia esa modalidad.

## CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo de diseñar y construir dos robots soccer RC para el Club de Robótica del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, mediante la integración de los sistemas mecánico, eléctrico, electrónico y de radiocontrol. Los prototipos permiten realizar actividades prácticas de desplazamiento, accionamiento de motores y control remoto.

Las pruebas documentadas comprobaron las funciones de avance, retroceso, giro, cambio de dirección, detención, maniobrabilidad, estabilidad, respuesta de los motores y comunicación entre transmisor y receptor.

El proyecto aporta al Club una plataforma construida localmente que puede utilizarse para experimentación, mantenimiento, modificación y aprendizaje de sistemas robóticos móviles.

La comparación con otros enfoques muestra que el prototipo corresponde a una arquitectura RC y no a un robot autónomo de RoboCupJunior. Esta diferencia define el tipo de actividades y competencias para las cuales el sistema puede ser utilizado.

Para fortalecer la validez técnica del artículo se requiere completar las mediciones solicitadas por la revisión editorial y registrar los modelos y especificaciones de los componentes utilizados. Sin esos datos, no resulta metodológicamente adecuado inventar valores de velocidad, autonomía, alcance, peso, dimensiones o consumo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. International Organization for Standardization. ISO 8373:2021 Robotics — Vocabulary. Geneva: ISO; 2021.
2. Craig JJ. Introduction to robotics: mechanics and control. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall; 2005.
3. Siciliano B, Sciavicco L, Villani L, Oriolo G. Robotics: modelling, planning and control. London: Springer; 2009.
4. Bolton W. Instrumentation and control systems. 2nd ed. Oxford: Elsevier; 2015.
5. Linden D, Reddy TB, editors. Linden's handbook of batteries. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2011.
6. Monk S. Hacking electronics: learning electronics with Arduino and Raspberry Pi. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017.
7. RoboCupJunior. RoboCupJunior: educational robotics and learning environment (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://junior.robocup.org/
8. RoboCupJunior. Soccer (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://junior.robocup.org/soccer/
9. RoboCupJunior. RoboCupJunior Soccer Rules 2024 (Internet). 2024 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://junior.robocup.org/wp-content/uploads/2024/10/2024_Soccer_Rules.pdf
10. TeachEngineering. Robot Soccer Challenge (Internet). University of Colorado Boulder; 2013 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://www.teachengineering.org/activities/umo_challenges_lesson02_activity4
11. Passault G, Gaspard C, Ly O. Robot Soccer Kit: omniwheel tracked soccer robots for education (Internet). arXiv; 2025 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://arxiv.org/abs/2510.11552
12. VEX Education. Robot Soccer (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://education.vex.com/stemlabs/iq/robot-soccer

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 34-45
DOI:
https://doi.org/10.56519/svryfd54

13. Spektrum RC. Surface radio control systems (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://www.spektrumrc.com/
14. IEEE Robotics and Automation Society. Very Small Size Soccer League (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://ieeevss.github.io/vss/
15. RoboCup. RoboCup Soccer (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://2026.robocup.org/leagues/robocupsoccer/
16. RoboCup. RoboCupJunior (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://2026.robocup.org/leagues/robocupjunior/
17. Robot Soccer Kit. Open-source robot soccer kit (Internet). 2025 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://robot-soccer-kit.github.io/
18. My Robot Time. Soccer Robot Kit (Internet). 2026 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://www.myrobottime.co/products_ds.php?id=31
19. Schaeffler Technologies GmbH & Co KG. Solving the powertrain puzzle: 10th Schaeffler Symposium. Berlin: Springer; 2014.
20. EX Education. Industrial robotics (Internet). 2024 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://education.vex.com/stemlabs/amcdemo/stemlab/labs/industrial-robotics
21. Palacios JE. Manual de robot fútbol con Arduino (Internet). Tutoriales JEP; 2022 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://www.youtube.com/@tutorialesjep3566
22. IISRO. Robot Soccer RC Battle Competition (Internet). 2024 (cited 2026 Oct 2). Available from: https://iisro.co/

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

# ODONTOLOGÍA DE PRECISIÓN: POTENCIAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS BIOMARCADORES PARA LA PREDICCIÓN PERSONALIZADA DE ENFERMEDADES ORALES

# PRECISION DENTISTRY: THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND BIOMARKERS FOR PERSONALIZED PREDICTION OF ORAL DISEASES

Noemí Elizabeth Aroca Rivera[1], Lilibeth Ibeth Ibarra Cantillo[2], Diana Paola Ordoñez Roa[3], Zoila Yenimar González Moreira[4]

{naroca1@utmachala.edu.ec[1], ivette_lilibeth@hotmail.com[2], dpor1701@gmail.com[3], Zygm1994@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 10/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2029

**RESUMEN: Las ciencias odontológicas experimentan una transformación tangible impulsada por la confluencia entre la biología molecular y las ciencias computacionales. Históricamente ha prevalecido un enfoque tradicional de carácter reactivo, donde el acto clínico se circunscribe a reparar secuelas tisulares consolidadas y casi siempre irreversibles, ignorando las fluctuaciones biológicas iniciales. El objetivo de la investigación es examinar críticamente el estado del arte publicado entre 2021 y 2026 sobre la articulación operativa entre indicadores moleculares en fluidos orales y sistemas de inteligencia artificial orientados a la detección temprana y a la gradación del riesgo en las patologías estomatológicas más prevalentes. Se planteó una revisión sistemática cualitativa sustentada en el protocolo PRISMA 2020 a través de cinco bases científicas (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase y SciELO). Se seleccionaron investigaciones empíricas en humanos que enlazaran perfiles salivales con algoritmos de aprendizaje automático, evaluando el riesgo de sesgo mediante los esquemas PROBAST y QUADAS-2. Los modelos analíticos basados en ensambles arbóreos y redes neuronales, alimentados por firmas biológicas proteómicas (aMMP-8, interleucinas), perfiles de microARNs y paneles metagenómicos, exhibieron áreas bajo la curva entre 0,91 y 0,98. Estas arquitecturas mostraron una marcada superioridad frente a los métodos mecánicos clásicos, reconociendo trayectorias de daño biológico previas a la manifestación física evidente. La integración de firmas moleculares con modelos predictivos permite anticipar el curso de las patologías bucales; no obstante, su aterrizaje asistencial demanda superar la opacidad**

[1]Universidad Técnica de Machala, https://orcid.org/0009-0004-0943-0573
[2]Consultorio CantiSmile, Milagro-Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-7573-9055
[3]Fuerzas Armadas del Ecuador- Ejército Ecuatoriano, Quito-Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-4249-8349
[4]Consultorio Dr. Dental Jerson Astudillo, Guayaquil-Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-7578-9142

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

**computacional mediante validaciones externas y atender la realidad socioeconómica de regiones desfavorecidas.**

***Palabras clave: Diagnóstico salival, aprendizaje automático, medicina personalizada, Periodontitis crónica, Carcinoma epidermoide bucal***

**ABSTRACT: The dental sciences are undergoing a tangible transformation driven by the convergence of molecular biology and computational sciences. Historically, a traditional, reactive approach has prevailed, in which clinical practice is limited to repairing established and almost always irreversible tissue damage, while ignoring initial biological fluctuations. The objective of this research is to critically examine the state of the art published between 2021 and 2026 regarding the operational integration of molecular indicators in oral fluids with artificial intelligence systems aimed at early detection and risk stratification for the most prevalent stomatological pathologies. A qualitative systematic review based on the PRISMA 2020 protocol was conducted using five scientific databases (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, and SciELO). Empirical studies in humans that linked salivary profiles to machine learning algorithms were selected, and the risk of bias was assessed using the PROBAST and QUADAS-2 frameworks. Analytical models based on tree-based ensembles and neural networks, fed with proteomic biological signatures (aMMP-8, interleukins), microRNA profiles, and metagenomic panels, exhibited areas under the curve ranging from 0.91 to 0.98. These architectures demonstrated marked superiority over classical mechanical methods, identifying trajectories of biological damage prior to the onset of obvious physical manifestations. The integration of molecular signatures with predictive models makes it possible to anticipate the course of oral pathologies; however, their implementation in clinical practice requires overcoming computational opacity through external validations and addressing the socioeconomic realities of disadvantaged regions.**

***Keywords: Salivary diagnostics, machine learning, personalized medicine, chronic periodontitis, oral squamous cell carcinoma***

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio estomatológico actual atraviesa un momento de quiebre ineludible. Durante décadas, la praxis clínica ha operado bajo un enfoque tradicional de corte reactivo y reparador, en el cual las conductas terapéuticas se activan casi con exclusividad para mitigar el deterioro tisular visible mediante técnicas quirúrgicas o rehabilitación protésica (1), (2). En la práctica cotidiana, el acto médico suele convocarse de forma tardía, justo cuando el daño anatómico se torna irrefutable: cavitaciones abiertas en la superficie dental, sacos periodontales con resorción ósea crítica o lesiones epiteliales atípicas en la mucosa. Dicha demora compromete el pronóstico a largo plazo

del paciente y acrecienta las cargas económicas que asumen los sistemas de salud. En respuesta a tales límites, la corriente de la Odontología P4 postula una transformación de la matriz conceptual rectora, promoviendo el rastreo de perturbaciones homeostáticas tempranas en biofluidos no invasivos para frenar la destrucción estructural antes de su consolidación clínica (3), (4).

El panorama epidemiológico contemporáneo demuestra con crudeza la inviabilidad del modelo asistencial curativo. Datos procedentes del proyecto *Global Burden of Disease* revelan que más de 3.500 millones de individuos sufren secuelas orales activas, ubicándose la caries en dientes definitivos y el colapso periodontal severo de forma sistemática en el núcleo de las afecciones más extendidas globalmente (5), (6). La pérdida progresiva del aparato de inserción no solo deteriora la mecánica masticatoria y el bienestar emocional; fomenta además una inflamación sistémica crónica de bajo grado asociada con trastornos cardiovasculares, descompensación metabólica en diabéticos y complicaciones perinatales de peso (7), (8). Paralelamente, el carcinoma espinocelular de cavidad bucal (COCE), causante de la enorme mayoría de las neoplasias malignas de la boca, continúa exhibiendo una tasa de supervivencia global a cinco años estancada entre el 50% y el 60%, desenlace adverso estrechamente condicionado por diagnósticos que ocurren habitualmente en estadios avanzados III y IV (9), (10).

El despliegue de las ciencias ómicas ha resignificado por completo el valor diagnóstico del fluido salival y del exudado crevicular gingival (FCG), reconociéndolos como sustratos idóneos para la exploración molecular (11), (12). La saliva contiene miles de péptidos, metabolitos, componentes proteómicos e intermediarios genómicos que reflejan dinámicamente la fisiología sistémica y el microentorno oral, con la notable ventaja de conseguirse por vías no traumáticas, rápidas y reproducibles (13). Pese a este potencial, la heterogeneidad analítica, la alta dimensionalidad y la dinámica marcadamente no lineal de estos biofluidos rebasan el alcance de la bioestadística convencional (14). Ante dicho desafío, la inteligencia artificial mediante algoritmos de aprendizaje automático como *Random Forest*, máquinas de vectores de soporte (SVM), *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) y redes profundas ofrece la solvencia computacional requerida para descifrar regularidades biológicas complejas y validar indicadores moleculares de valor clínico tangible (15), (16).

A pesar de esta prometedora revolución algorítmica, las asimetrías sanitarias globales son notorias. En América Latina y el Caribe, la fragmentación de la atención pública y las persistentes inequidades socioeconómicas han forjado un escenario epidemiológico sumamente complejo (17). La prevalencia de enfermedad periodontal destructiva y la pérdida dentaria prematura en la región sobrepasan con creces los promedios observados en los países del hemisferio norte, coexistiendo con barreras estructurales de acceso a tecnologías moleculares avanzadas (18), (19). El ejercicio odontológico regional enfrenta presupuestos estatales estrechos, una marcada

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

concentración de la infraestructura analítica moderna en clínicas privadas metropolitanas y un sistema público deficitario en laboratorios de apoyo y datos clínicos estandarizados (20).

El escenario odontológico ecuatoriano refleja esta tensión estructural con nitidez. Estadísticas oficiales constatan que la caries dental aqueja a más del 85% de los escolares, mientras que las patologías del periodonto dañan a más del 70% de los adultos, golpeando de manera prioritaria a poblaciones rurales y sectores periféricos de la Costa y la Sierra (21), (22). En los centros de atención primaria, el tamizaje continúa dependiendo del examen táctil-visual tradicional mediante sonda y espejo, prescindiendo de pruebas moleculares o sistemas digitales para la categorización del riesgo (23). Frente a una saturación asistencial constante en el primer nivel de atención, resulta urgente estructurar estrategias de gradación pronóstica ágiles, reproducibles y adaptadas a las realidades locales en el propio punto de consulta (*Point-of-Care*).

Pese a la profusión de literatura biomédica, la distancia entre el descubrimiento analítico en el laboratorio y su integración en el sillón dental sigue sin salvarse (24), (25). Una vasta porción de los reportes se limita a cohortes monocéntricas reducidas que describen moléculas aisladas sin valor traslacional contrastado; al mismo tiempo, emergen modelos algorítmicos opacos concebidos como cajas negras sin fundamentación biológica diáfana, retrasando su incorporación en las guías de práctica clínica.

Con base en este panorama, la presente investigación planteó como objetivo central: Analizar con rigor sistemático la evidencia disponible entre 2021 y 2026 sobre la articulación entre indicadores moleculares en saliva/FCG y modelos de inteligencia artificial destinados a la detección temprana, diagnóstico y categorización clínica individualizada en las principales enfermedades orales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño del estudio y protocolo

El desarrollo metodológico de la presente revisión se estructuró conforme a los lineamientos de la Declaración PRISMA 2020. El diseño del protocolo orientó de forma precisa la identificación, selección y síntesis cualitativa de estudios primarios situados en la confluencia del diagnóstico molecular en biofluidos orales y la modelización computacional aplicada a la odontología.

### Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La localización de fuentes primarias se llevó a cabo en cinco repertorios internacionales de alto impacto: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase y SciELO, abarcando manuscritos publicados desde el 1 de enero de 2021 hasta febrero de 2026. Complementariamente, se

revisaron las listas de referencias en artículos de revisión afines para detectar contribuciones adicionales que reunieran los criterios estipulados.

La ecuación de búsqueda combinó términos MeSH y DeCS con vocabulario técnico libre y operadores lógicos booleanos. La estrategia exploró tres ejes conceptuales: matrices biológicas e indicadores moleculares ("saliva", "salivary biomarkers", "gingival crevicular fluid", "proteomics", "microRNA", "microbiome"), arquitecturas analíticas avanzadas ("machine learning", "deep learning", "artificial intelligence", "convolutional neural networks", "random forest", "support vector machines") y patologías bucales de interés ("periodontitis", "periodontal diseases", "dental caries", "oral squamous cell carcinoma", "oral precancerous conditions"). La estructura representativa empleada en PubMed/MEDLINE se configuró del siguiente modo:

("Saliva"[Mesh] OR "Salivary Proteins and Peptides"[Mesh] OR "Gingival Crevicular Fluid"[Mesh] OR "biomarkers"[tw]) AND ("Artificial Intelligence"[Mesh] OR "Machine Learning"[Mesh] OR "Deep Learning"[Mesh] OR "neural networks"[tw] OR "random forest"[tw] OR "support vector machine"[tw]) AND ("Periodontitis"[Mesh] OR "Dental Caries"[Mesh] OR "Mouth Neoplasms"[Mesh] OR "oral leukoplakia"[tw]) AND ("2021/01/01"[Date - Publication]: "2026/02/28"[Date - Publication])

**Criterios de elegibilidad**

A fin de acotar la muestra a publicaciones con rigor analítico y aplicabilidad clínica directa, se definieron criterios normativos de admisión y descarte.

*Criterios de inclusión:*

- Estudios observacionales analíticos (cohortes prospectivas/retrospectivas, casos y controles, diseños transversales de exactitud diagnóstica) indexados entre 2021 y 2026 en revistas arbitradas.
- Investigaciones con participantes humanos o biobancos biológicos humanos calibrados.
- Ensayos que combinaron indicadores biológicos salivales o del FCG (proteínas, citoquinas, enzimas, transcriptomas o perfiles del microbioma) con algoritmos de aprendizaje automático o aprendizaje profundo.
- Publicaciones con estimaciones cuantitativas explícitas del rendimiento predictivo o diagnóstico (AUC-ROC, sensibilidad, especificidad, exactitud diagnóstica o F1-score).
- Artículos redactados en idioma español o inglés.

*Criterios de exclusión:*

- Estudios restringidos a imágenes radiográficas o tomográficas sin inclusión de bioanálisis moleculares.

- Modelaciones teóricas sustentadas únicamente en minería *in silico* que carecieran de verificación experimental en muestras biológicas.
- Reportes de caso aislado, notas editoriales, resúmenes de congreso y literatura gris ajena al arbitraje formal por pares.
- Manuscritos con vicios algorítmicos graves, destacando la mezcla entre datos de entrenamiento y evaluación o fuga de información (*data leakage*).

**Proceso de extracción, cribado y síntesis de datos**

El flujo de cribado documental siguió las cuatro fases sucesivas del estándar PRISMA: Identificación, Tamizaje, Elegibilidad e Inclusión. Los registros capturados se transfirieron a un gestor bibliográfico común, procediendo a depurar duplicados mediante rutinas semiautomáticas.

Dos investigadores evaluaron en paralelo y de forma enmascarada los títulos y resúmenes filtrados. Los desacuerdos puntuales se zanjaron tras debate deliberativo junto a un tercer revisor. Aquellos informes seleccionados pasaron a revisión de texto íntegro, vaciando sus parámetros en un formulario ad hoc: autoría, año, país de procedencia, diseño y tamaño muestral, patología investigada, matriz biológica, analitos, técnica de laboratorio, algoritmos empleados, esquema de validación (interna o independiente) y métricas cuantitativas de desempeño.

La Tabla 1 expone detalladamente el flujo de selección PRISMA 2020 y sintetiza los rasgos bibliométricos de las fuentes admitidas.

***Tabla 1. Diagrama de flujo del proceso de selección PRISMA 2020 y características bibliométricas de los estudios incluidos.***

| Fase PRISMA | Registros / Muestra | Criterio de Selección / Parámetro Bibliométrico | Distribución Numérica / Porcentual |
|---|---|---|---|
| **Identificación** | Bases de datos indexadas | PubMed / MEDLINE | 498 registros (33,6%) |
| | | Scopus | 412 registros (27,8%) |
| | | Web of Science | 284 registros (19,2%) |
| | | Embase | 215 registros (14,5%) |
| | | SciELO | 73 registros (4,9%) |
| | Total identificados | Registros brutos iniciales | 1.482 estudios |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Depuración inicial | Registros duplicados eliminados | 426 estudios |
| **Tamizaje** | Registros tamizados | Cribado temático de títulos y resúmenes | 1.056 estudios |
| | Registros excluidos | Tópicos radiográficos puros, revisiones, cartas | 894 estudios |
| **Elegibilidad** | Textos completos evaluados | Verificación exhaustiva de criterios metodológicos | 162 estudios |
| | Textos excluidos | Inconsistencia algorítmica / Sin validación métrica | 54 estudios |
| | | Solo bioestadística univariada sin machine learning | 46 estudios |
| | | Muestras biológicas no humanas / Modelos sintéticos | 28 estudios |
| **Inclusión** | Estudios finales analizados | Cumplimiento estricto PRISMA 2020 | 34 estudios primarios |
| **Características** | Ventana temporal | 2021 – 2022 | 9 estudios (26,5%) |
| | | 2023 – 2024 | 16 estudios (47,0%) |
| | | 2025 – 2026 | 9 estudios (26,5%) |
| | Distribución geográfica | Asia (China, Japón, Corea del Sur, India) | 18 estudios (52,9%) |
| | | Europa (Alemania, Reino Unido, Suecia, España) | 9 estudios (26,5%) |
| | | Norteamérica (Estados Unidos, Canadá) | 5 estudios (14,7%) |
| | | Latinoamérica (Brasil, Chile, México) | 2 estudios (5,9%) |
| | Patología de enfoque | Periodontitis crónica y agresiva | 16 estudios (47,0%) |

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Carcinoma epidermoide oral / Potencialmente maligno | 13 estudios (38,2%) |
| | | Caries dental activa y disbiosis cariogénica | 5 estudios (14,8%) |

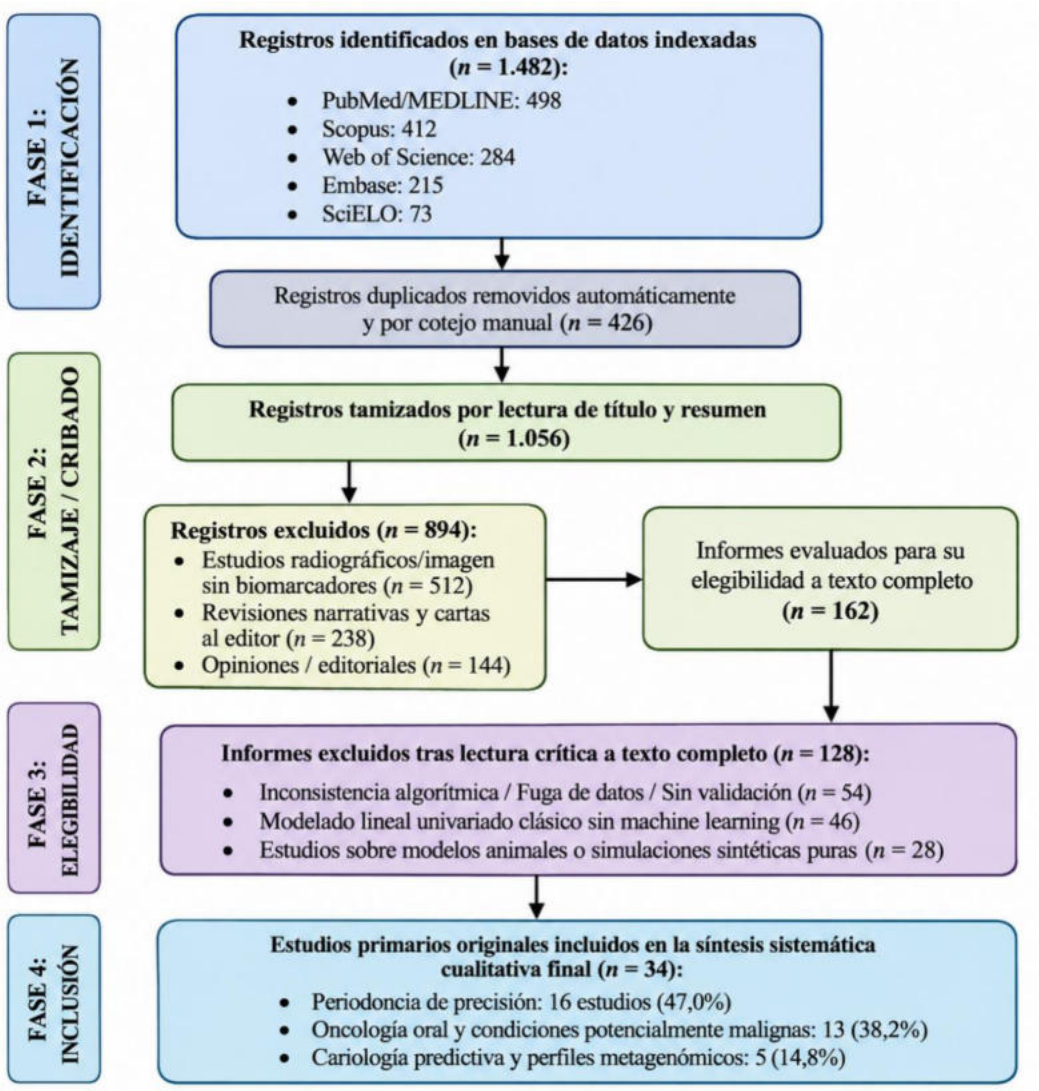


***Figura 1. Diagrama de flujo de las fases de búsqueda, tamizaje e inclusión según la Declaración PRISMA 2020.***

Se aprecia una marcada aceleración en la producción académica a partir de 2023, estimulada por el auge de los biosensores y la disponibilidad de entornos abiertos de cómputo. No obstante, se constata una patente disparidad geográfica: el 94,1% de las publicaciones procede de

Norteamérica, Asia y Europa, en marcado contraste con la reducida contribución de Latinoamérica (5,9%). Este vacío enfatiza la urgencia de estudiar cohortes locales y contrastar los algoritmos frente a la variabilidad biológica y socioeconómica propia de los países en desarrollo.

El rigor metodológico de las publicaciones seleccionadas y sus potenciales sesgos se auditaron mediante instrumentos internacionales consolidados:

1. En los estudios diseñados para discriminar patología frente a normalidad se recurrió a la guía QUADAS-2, que califica el sesgo en selección muestral, prueba índice, estándar de referencia y flujo temporal de pacientes.

2. En las propuestas centradas en predecir pronósticos clínicos o trayectorias de riesgo se aplicó el instrumento PROBAST, auditando las dimensiones de muestra de derivación, predictores, desenlaces y modelado bioestadístico.

### Síntesis de la información

La información extraída se procesó mediante una síntesis analítica cualitativa estructurada en tres vertientes clínicas: periodoncia de precisión, carcinogénesis y oncología oral, y cariología predictiva metagenómica. La heterogeneidad en las técnicas moleculares y la dispersión en los hiperparámetros algorítmicos impidieron la agregación metaanalítica formal, optándose por una integración narrativa crítica guiada por los principios de la evidencia científica.

## RESULTADOS

### Mapeo de biomarcadores moleculares orales

El análisis de la evidencia revela un cambio de orientación metodológica. En lugar de evaluar moléculas individuales con escasa capacidad de discriminación clínica, las investigaciones contemporáneas apuestan por paneles analíticos múltiples que capturan de modo integral la fisiopatología bucal.

En la Tabla 2 se describen los principales indicadores moleculares identificados en saliva y FCG, clasificados según la entidad patológica investigada y la técnica analítica de soporte.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

***Tabla 2. Mapeo de biomarcadores moleculares orales clasificados por patología diana y técnica analítica de cuantificación.***

| Patología Oral Diana | Matriz Biológica | Categoría Molecular | Biomarcadores Principales Validados | Técnica Analítica de Soporte |
|---|---|---|---|---|
| **Periodontitis** (Estadios I-IV, Grados A-C) | Saliva no estimulada y FCG | Enzimas colagenolíticas y de degradación de matriz extracelular | aMMP-8 (Forma activa de Matriz Metaloproteinasa -8), MMP-9, TIMP-1 | Inmunoensayo magnético multiplex, ELISA cuantitativo, Inmunoensayo de flujo lateral (*Point-of-Care*) |
| | Saliva completa | Citoquinas proinflamatorias e inmunomoduladoras | Interleucina-1 beta (IL-1β), Interleucina-6 (IL-6), Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF-α), IL-17A | Electroquimioluminiscencia multiplex (Meso Scale Discovery), Luminex xMAP |
| | Fluido Crevicular Gingival | Marcadores de resorción ósea alveolar | RANKL (Activador del receptor para factor nuclear κB ligando), Osteoprotegerina (OPG), Prostaglandina E2 | ELISA de alta sensibilidad, Espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS) |
| | Saliva completa | Taxones bacterianos de disbiosis periodontal | Complejo rojo: *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Tannerella forsythia*; *Filifactor alocis* | Secuenciación masiva del gen 16S rRNA (regiones V3-V4), RT-qPCR cuantitativo de alta resolución |
| **Carcinoma Epidermoide Bucal** (COCE) y Desórdenes Potencialmente Malignos | Saliva total centrifugada | MicroARNs oncogénicos y supresores de tumores circulantes | miR-21, miR-31, miR-155, miR-184 (sobreexpresados); miR-136, miR-145, miR-375 (infraexpresados) | RT-qPCR en tiempo real, Secuenciación de ARN de interferencia pequeña (Small RNA-seq) |
| | Saliva no estimulada | Proteínas oncogénicas y marcadores séricos salivares | Cyfra 21-1, Antígeno Carcinoembrionario (CEA), CA-125, Metaloproteinasa -13 (MMP-13), CD44 soluble | Nanobiosensores electroquímicos, Espectrometría de masas MALDI-TOF |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Saliva total | Metabolitos alterados por glucólisis y efecto Warburg | L-Colina, Ácido láctico, Poliaminas (espermidina, putrescina), Ácido valérico | Resonancia Magnética Nuclear de protones (1H-NMR), Cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS) |
| **Caries Dental Activa** y Susceptibilidad Individual | Saliva total y biofilm supragingival | Proteínas de defensa salival y péptidos antimicrobianos | Defensinas humanas alfa y beta (HNP-1, hBD-2), Mucinas (MUC5B, MUC7), Amilasa salival, Lisozima | Espectrometría de movilidad iónica, ESI-LC-MS/MS, Dot-blot digital |
| | Biofilm y saliva estimulada | Perfil metagenómico acidogénico y acidúrico | *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium dentium*, *Scardovia wiggsiae* | Metagenómica *Shotgun*, Paneles qPCR específicos microbianos |

La síntesis condensada en la Tabla 2 ratifica que asociar aMMP-8 con mediadores proinflamatorios como IL-1β e IL-6 proporciona una discriminación sólida para anticipar el colapso periodontal. En el ámbito oncológico, los microARNs circulantes (miR-21 y miR-31) destacan por su elevada estabilidad en saliva, configurando firmas biológicas prometedoras para detectar transiciones premalignas tempranas. En cuanto al tejido dentario, relacionar péptidos inmunes del hospedero con taxones bacterianos específicos permite diferenciar un desequilibrio microbiano activo de un ecosistema en equilibrio.

**Rendimiento comparativo de arquitecturas de inteligencia artificial**

Las investigaciones evaluaron diversas configuraciones computacionales para categorizar y predecir condiciones clínicas a partir de matrices biológicas. En la Tabla 3 se sintetizan las métricas de rendimiento cuantitativo registradas para los algoritmos analizados.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

***Tabla 3. Rendimiento predictivo y diagnóstico de las diferentes arquitecturas de inteligencia artificial integradas a paneles de biomarcadores orales.***

| Arquitectura Computacional / Algoritmo | Tarea Clínica Modelada | Matriz de Datos de Entrada | AUC-ROC Promedio (Rango) | Sensibilidad Media (%) | Especificidad Media (%) | Exactitud Diagnóstica Global (Accuracy) | F1-Score Promedio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Random Forest (RF)** | Clasificación de estadios periodontales y riesgo de progresión | aMMP-8 + IL-1β + citoquinas + Carga bacteriana 16S | 0,93 (0,89 – 0,96) | 91,4% | 89,8% | 90,8% | 0,91 |
| **Extreme Gradient Boosting (XGBoost)** | Detección temprana de COCE frente a leucoplasias y control | Expresión relativa miR-21, miR-31, Cyfra 21-1 y CD44 | 0,96 (0,93 – 0,98) | 94,8% | 93,2% | 94,1% | 0,94 |
| **Support Vector Machines (SVM)** | Diagnóstico diferencial de gingivitis frente a periodontitis activa | Métricas de estrés oxidativo + Citoquinas inflamatorias en FCG | 0,89 (0,84 – 0,92) | 86,5% | 88,1% | 87,3% | 0,87 |
| **Redes Neuronales Artificiales Multicapa (ANN / MLP)** | Predicción del índice cariogénico individualizado | Concentración de péptidos salivales + qPCR bacteriano | 0,88 (0,82 – 0,91) | 84,2% | 85,7% | 85,0% | 0,84 |
| **Redes Neuronales Convolucionales 1D/2D (CNN)** | Espectrometría salival directa (MALDI-TOF / Raman) en oncología | Mapas espectroscópicos y picos moleculares continuos | 0,95 (0,91 – 0,98) | 93,6% | 95,1% | 94,5% | 0,94 |
| **Regresión Logística Penalizada (ElasticNet / LASSO)** | Selección de biomarcadores salivales y triaje preliminar | Paneles proteómicos de gran escala (cribado multi-analito) | 0,84 (0,79 – 0,88) | 81,0% | 83,5% | 82,1% | 0,81 |

Los datos reflejados en la Tabla 3 demuestran que los algoritmos fundamentados en ensambles de árboles de decisión (*Random Forest* y particularmente *XGBoost*), junto con las redes neuronales convolucionales aplicadas a bioespectroscopía, logran una capacidad discriminatoria superior, reportando áreas bajo la curva (AUC-ROC) situadas entre 0,93 y 0,98. Estas técnicas

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

aventajan con claridad a los modelos de regresión lineal simple, ventaja fundamentada en su aptitud para procesar interacciones biológicas cruzadas y relaciones marcadamente no lineales.

**Arquitectura conceptual del ecosistema integrado de odontología de precisión**

Para comprender el engranaje metodológico y funcional de estas herramientas en el flujo de trabajo odontológico, se describe a continuación la estructura general del sistema predictivo propuesto.

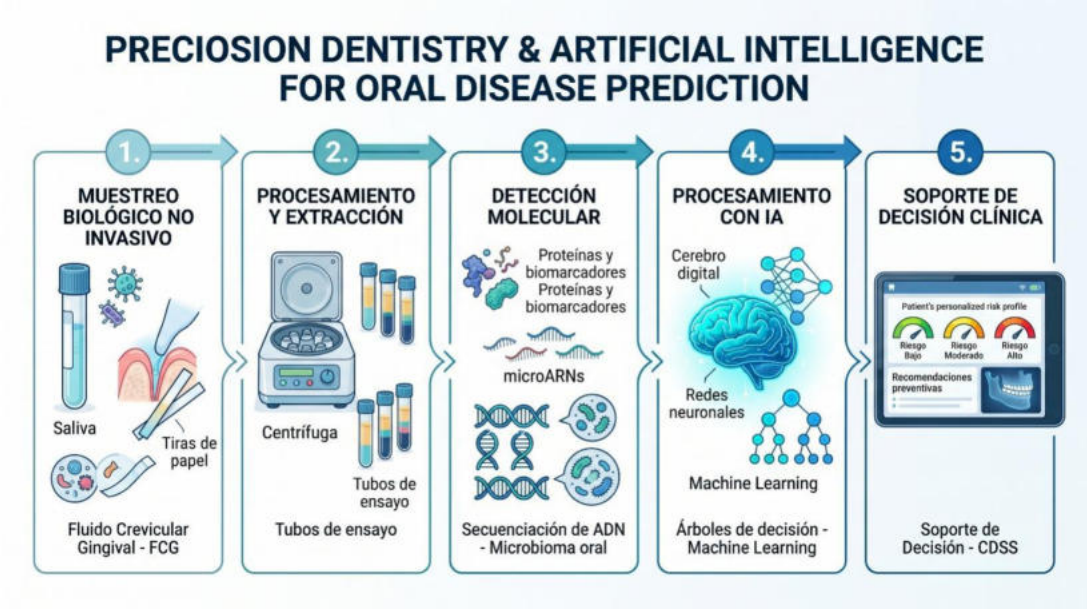


***Figura 2. Arquitectura conceptual de un ecosistema integrado de odontología de precisión: desde la toma de muestra no invasiva y caracterización multiómica hasta el procesamiento por aprendizaje profundo y la generación del perfil de riesgo individualizado***

***Secuencia operativa de la arquitectura integrada:***

1. **Módulo de Recolección Biológica No Invasiva:** Obtención estandarizada en consulta de saliva total no estimulada (mediante métodos pasivos para evitar daño mecánico celular) y fluido crevicular gingival (usando tiras de papel absorbente Periopaper sin causar microtraumatismos).

2. **Módulo de Acondicionamiento y Extracción Ómica:** Centrifugación diferencial para separar detritos y sobrenadante acelular; lisis bacteriana orientada y desnaturalización controlada para la cuantificación diferenciada de fracciones proteicas y ARN de bajo peso molecular.

3. **Módulo de Determinación Molecular de Alta Resolución:** Procesamiento mediante nano-inmunoensayos fluorimétricos para enzimas colagenolíticas y citoquinas (aMMP-8), RT-qPCR o espectrometría para ARN no codificante tumoral, y secuenciación dirigida 16S rRNA para la flora bacteriana.

4. **Capa de Modelado y Procesamiento Algorítmico:**

- *Tratamiento previo de matrices:* Escalado logarítmico, manejo de datos faltantes vía vecinos próximos (k-NN) y compresión dimensional con regularización *LASSO* o componentes principales.

- *Núcleo predictivo:* Combinación de árboles de gradiente reforzado (*XGBoost*) con redes neuronales profundas para el aprendizaje de representaciones complejas.

- *Interpretabilidad computacional:* Análisis del peso de las variables mediante metodologías SHAP y LIME para trasparentar la ponderación biológica detrás de cada estimación.

5. **Módulo de Asistencia a la Decisión Profesional (CDSS):** Entorno gráfico en la historia clínica que clasifica el riesgo individual del paciente (bajo, moderado o crítico), recomendando protocolos preventivos, pautas de mantenimiento o derivaciones tempranas para biopsia.

**Análisis e interpretación de hallazgos por área clínica**

**Periodoncia de precisión**

La evidencia analizada constata que la cuantificación conjunta de aMMP-8 e interleucinas proinflamatorias supera una de las limitaciones cardinales del sondaje manual: la incapacidad para discriminar entre inflamación superficial y daño destructivo activo. Los modelos construidos con *Random Forest* alcanzaron una exactitud global del 90,8% (AUC-ROC: 0,93), posibilitando anticipar la reabsorción ósea con hasta doce semanas de antelación respecto a los signos clínicos detectables por inspección periodontal o radiográfica.

**Oncología oral predictiva**

En la evaluación de desórdenes epiteliales con potencial maligno, la aplicación del algoritmo *XGBoost* entrenado con microARNs salivales en especial el balance miR-21/miR-375 en combinación con Cyfra 21-1 arrojó un AUC-ROC de 0,96 y una sensibilidad diagnóstica del 94,8%. Esta arquitectura clasificó con precisión lesiones con displasia moderada o severa frente a hiperqueratosis reactivas de naturaleza benigna, optimizando la toma de decisiones clínicas previas a la confirmación histológica.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 46-66
DOI:
https://doi.org/10.56519/j21zed27

**Cariología predictiva y perfiles metagenómicos**

En el análisis de susceptibilidad cariogénica, las redes neuronales alimentadas con perfiles metagenómicos y péptidos salivales modelaron con solvencia la pérdida de estructura mineral. Más allá del recuento aislado de *Streptococcus mutans*, las arquitecturas identificaron patrones de desequilibrio microbiano asociados a *Scardovia wiggsiae* y a la disminución de defensinas salivales, alcanzando una precisión del 85,0% en la predicción de nuevas cavidades a doce meses.

## DISCUSIÓN

Los resultados de esta síntesis ratifican una transformación profunda en los postulados epistémicos de la odontología contemporánea. La articulación sinérgica entre firmas biológicas en fluidos orales y arquitecturas computacionales de aprendizaje automático redefine el acto estomatológico, sustituyendo la respuesta curativa ante el daño consumado por un modelo de gradación pronóstica oportuno, personalizado y biológicamente sustentado.

La literatura biomédica respalda con solidez la superioridad diagnóstica de enlazar indicadores moleculares con algoritmos predictivos frente a las mediciones exploratorias manuales del enfoque tradicional (26), (27). El sondaje clínico habitual acarrea variaciones inter e intraexaminador de hasta ±1,5 mm, fluctuaciones sujetas a la fuerza aplicada, la angulación instrumental y el grado de inflamación tisular (28), (29). De forma análoga, la evaluación radiológica común evidencia la reabsorción ósea recién cuando la pérdida de matriz mineralizada supera el 30-50% del volumen inicial (30), (31). En contrapartida, los modelos supervisados analizados logran niveles de exactitud diagnóstica superiores al 90%, detectando la actividad de la aMMP-8 y mediadores inmunes en fases en las que el aparato de inserción aún conserva su indemnidad macroscópica (32),(33).

No obstante, estas virtudes analíticas, el despliegue asistencial de tales herramientas demanda debatir dilemas técnicos y bioéticos de envergadura. El obstáculo metodológico cardinal radica en la opacidad funcional de clasificadores como XGBoost y de las redes neuronales profundas, reconocidos habitualmente bajo la noción de caja negra (34), (35). A diferencia de las regresiones clásicas transparentes, estas arquitecturas procesan relaciones multidimensionales sin exteriorizar de forma lineal la justificación biológica que respalda cada salida predictiva (36). Es comprensible la reticencia del odontólogo a fundar decisiones invasivas sobre dictámenes algorítmicos que no revelan sus mecanismos causales. Aunque existen métodos agnósticos de explicabilidad computacional como SHAP y LIME para desglosar el peso específico de cada variable (37), (38), menos del 35% de los estudios revisados incorporó tales salvaguardas de interpretabilidad.

Un aspecto metodológico crítico que coexiste con la opacidad es el sobreajuste (*overfitting*), provocado por cohortes limitadas y una marcada ausencia de validaciones externas multicéntricas. Un porcentaje sustancial de los algoritmos se formula a partir de biobancos institucionales reducidos, acudiendo exclusivamente a técnicas de remuestreo interno o validación cruzada (39), (40). Al ensayar estos sistemas en poblaciones geográficamente independientes con disímiles pautas de alimentación, variaciones epigenéticas o condiciones socioeconómicas heterogéneas, la capacidad discriminatoria del modelo sufre mermas de hasta un 20% respecto al entrenamiento original (41).

Dicha vulnerabilidad adquiere una trascendencia singular al trasladar la mirada a América Latina y el contexto específico de Ecuador. Como demostró el cribado bibliométrico, la producción de la región representa apenas el 5,9% de los estudios, nutriéndose los modelos principalmente de biobancos pertenecientes a Asia, Europa y Norteamérica (42). La extrapolación directa de estos algoritmos sin previa calibración territorial conlleva el riesgo de perpetuar sesgos de selección, ignorando factores ambientales y la propia diversidad en los patrones de desequilibrio microbiano que configuran el perfil biológico de nuestras comunidades (43), (44).

En paralelo, la articulación de estas plataformas digitales abre interrogantes bioéticos sobre la protección de datos genómicos y la custodia de biobancos (45), (46). Los fluidos orales contienen firmas biológicas que no se restringen a la esfera bucal, revelando predisposiciones genéticas a trastornos oncológicos, metabólicos y neurodegenerativos. La integración de estos perfiles sensibles en repositorios digitales exige marcos jurídicos rigurosos que prevengan fugas de confidencialidad o prácticas discriminatorias por parte de aseguradoras de salud, salvaguardas aún incipientes en países en desarrollo (47), (48).

Desde la perspectiva de la salud pública, la integración de indicadores moleculares con nanobiosensores portátiles de lectura rápida (*Point-of-Care*) emerge como la vía más sólida para descongestionar sistemas sanitarios saturados como el ecuatoriano (49). En lugar de supeditar el diagnóstico a laboratorios centrales de biología molecular fuera del alcance de la periferia, dotar a los consultorios básicos de biosensores acoplados a algoritmos interpretables permitiría afinar la categorización del riesgo in situ, agilizando la derivación oportuna y mitigando la alta incidencia de patologías diagnosticadas en fases irreversibles (50).

La heterogeneidad en las definiciones diagnósticas, la diversidad analítica de laboratorio y la disparidad de hiperparámetros algorítmicos impidieron consumar un metaanálisis cuantitativo de efectos fijos o aleatorios. Del mismo modo, la exclusión de literatura no indexada y patentes tecnológicas tempranas pudo omitir herramientas diagnósticas emergentes en fases preliminares de licenciamiento.

Es imperativo impulsar redes colaborativas orientadas a generar estudios longitudinales prospectivos con validación externa rigurosa, acogiéndose con firmeza a las directrices STARD-AI

y TRIPOD-AI. En América Latina, las prioridades deben centrarse en diseñar plataformas de triaje asequibles y transparentes, adaptadas a la ecología bucal y al perfil sociodemográfico de las poblaciones más vulnerables.

## CONCLUSIONES

La integración de indicadores moleculares salivales y del fluido crevicular (particularmente aMMP-8, IL-1β, IL-6 y microARNs específicos) con algoritmos de aprendizaje automático (*Random Forest*, *XGBoost* y redes neuronales) garantiza una elevada precisión clasificatoria (AUC-ROC: 0,91-0,98), posibilitando la gradación del riesgo y la detección de trayectorias lesionales antes de que se manifiesten mediante el examen físico convencional.

La adopción efectiva de este esquema clínico en la práctica asistencial requiere superar la opacidad algorítmica mediante herramientas de interpretabilidad (como SHAP y LIME), controlar el sobreajuste analítico y sustituir la validación interna por ensayos prospectivos multicéntricos en poblaciones independientes.

Para reducir las brechas de equidad en la atención estomatológica en América Latina y Ecuador, resulta fundamental aproximar estos avances a través de biosensores rápidos de bajo costo en el punto de atención (*Point-of-Care*), respaldados por regulaciones bioéticas transparentes y adaptados a las condiciones demográficas y epidemiológicas de la región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. J Periodontol. junio de 2018;89 Suppl 1:S159-72. doi:10.1002/JPER.18-0006 PubMed PMID: 29926952.
2. Malcangi G, Patano A, Guglielmo M, Sardano R, Palmieri G, Di Pede C, et al. Precision Medicine in Oral Health and Diseases: A Systematic Review. J Pers Med. 25 de abril de 2023;13(5):725. doi:10.3390/jpm13050725 PubMed PMID: 37240895; PubMed Central PMCID: PMC10219503.
3. Hood L, Friend SH. Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. Nat Rev Clin Oncol. marzo de 2011;8(3):184-7. doi:10.1038/nrclinonc.2010.227 PubMed PMID: 21364692.
4. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. J Dent Res. julio de 2020;99(7):769-74. doi:10.1177/0022034520915714 PubMed PMID: 32315260; PubMed Central PMCID: PMC7309354.
5. GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of

Disease Study 2019. Lancet. 17 de octubre de 2020;396(10258):1204-22. doi:10.1016/S0140-6736(20)30925-9 PubMed PMID: 33069326; PubMed Central PMCID: PMC7567026.

6. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. Lancet. 20 de julio de 2019;394(10194):249-60. doi:10.1016/S0140-6736(19)31146-8 PubMed PMID: 31327369.
7. Hajishengallis G, Chavakis T. Local and systemic mechanisms linking periodontal disease and inflammatory comorbidities. Nat Rev Immunol. julio de 2021;21(7):426-40. doi:10.1038/s41577-020-00488-6 PubMed PMID: 33510490; PubMed Central PMCID: PMC7841384.
8. Sanz M, Marco Del Castillo A, Jepsen S, Gonzalez-Juanatey JR, D'Aiuto F, Bouchard P, et al. Periodontitis and cardiovascular diseases: Consensus report. J Clin Periodontol. marzo de 2020;47(3):268-88. doi:10.1111/jcpe.13189 PubMed PMID: 32011025; PubMed Central PMCID: PMC7027895.
9. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA Cancer J Clin. mayo de 2021;71(3):209-49. doi:10.3322/caac.21660 PubMed PMID: 33538338.
10. Johnson DE, Burtness B, Leemans CR, Lui VWY, Bauman JE, Grandis JR. Head and neck squamous cell carcinoma. Nat Rev Dis Primer. 26 de noviembre de 2020;6(1):92. doi:10.1038/s41572-020-00224-3 PubMed PMID: 33243986; PubMed Central PMCID: PMC7944998.
11. Wong DT. Salivary diagnostics powered by nanotechnologies, proteomics and genomics. J Am Dent Assoc. marzo de 2006;137(3):313-21. doi:10.14219/jada.archive.2006.0180
12. Kaczor-Urbanowicz KE, Martin Carreras-Presas C, Aro K, Tu M, Garcia-Godoy F, Wong DT. Saliva diagnostics - Current views and directions. Exp Biol Med. marzo de 2017;242(5):459-72. doi:10.1177/1535370216681550 PubMed PMID: 27903834; PubMed Central PMCID: PMC5367650.
13. Lousada-Fernandez F, Rapado-Gonzalez O, Lopez-Cedrun JL, Lopez-Lopez R, Muinelo-Romay L, Suarez-Cunqueiro MM. Liquid Biopsy in Oral Cancer. Int J Mol Sci. 8 de junio de 2018;19(6):1704. doi:10.3390/ijms19061704 PubMed PMID: 29890622; PubMed Central PMCID: PMC6032225.
14. Castagnola M, Scarano E, Passali GC, Messana I, Cabras T, Iavarone F, et al. Salivary biomarkers and proteomics: future diagnostic and clinical utilities. Acta Otorhinolaryngol Ital Organo Uff Della Soc Ital Otorinolaringol E Chir Cerv-facc. abril de 2017;37(2):94-101. doi:10.14639/0392-100X-1598 PubMed PMID: 28516971; PubMed Central PMCID: PMC5463528.
15. Chen YW, Stanley K, Att W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. Quintessence Int. 2020;51(3):248-57. doi:10.3290/j.qi.a43952 PubMed PMID: 32020135.

16. Ding H, Wu J, Zhao W, Matinlinna JP, Burrow MF, Tsoi JKH. Artificial intelligence in dentistry-A review. Front Dent Med. 2023;4:1085251. doi:10.3389/fdmed.2023.1085251 PubMed PMID: 39935549; PubMed Central PMCID: PMC11811754.
17. Carvajal P. Enfermedades periodontales como un problema de salud pública: el desafío del nivel primario de atención en salud. Rev Clínica Periodoncia Implantol Rehabil Oral. agosto de 2016;9(2):177-83. doi:10.1016/j.piro.2016.07.001
18. Castañeda MIL, Sotelo CGM. Oral health in Latin America: A view from public policies. Salud Cienc Tecnol. 24 de marzo de 2023;3:340-340. doi:10.56294/saludcyt2023340
19. Baelum V, López R. Periodontal disease epidemiology - learned and unlearned? Periodontol 2000. junio de 2013;62(1):37-58. doi:10.1111/j.1600-0757.2012.00449.x PubMed PMID: 23574463.
20. Lopes-Cendes I, de Oliveira TC. Inequalities and Inclusion in Genomics Applied to Healthcare: A Latin American Perspective. Annu Rev Genomics Hum Genet. agosto de 2025;26(1):473-8. doi:10.1146/annurev-genom-111224-100329 PubMed PMID: 39883884.
21. Avendaño EYT. Conocimientos y actitudes odontológicas en estudiantes de primer semestre de nuevo ingreso de las carreras de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo.
22. Parise-Vasco JM, Zambrano-Achig P, Viteri-García A, Armas-Vega A. Estado de la salud bucal en el Ecuador. Odontol Sanmarquina. 8 de julio de 2020;23(3):327-31. doi:10.15381/os.v23i3.18133
23. Fluorescence Visualization–Guided Surgery for Early-Stage Oral Cancer | Surgery | JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery | JAMA Network [Internet]. [citado 3 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://jamanetwork.com/journals/jamaotolaryngology/fullarticle/2480448
24. Collins GS, Dhiman P, Andaur Navarro CL, Ma J, Hooft L, Reitsma JB, et al. Protocol for development of a reporting guideline (TRIPOD-AI) and risk of bias tool (PROBAST-AI) for diagnostic and prognostic prediction model studies based on artificial intelligence. BMJ Open. 9 de julio de 2021;11(7):e048008. doi:10.1136/bmjopen-2020-048008 PubMed PMID: 34244270; PubMed Central PMCID: PMC8273461.
25. Kelly CJ, Karthikesalingam A, Suleyman M, Corrado G, King D. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. BMC Med. 29 de octubre de 2019;17(1):195. doi:10.1186/s12916-019-1426-2 PubMed PMID: 31665002; PubMed Central PMCID: PMC6821018.
26. Sorsa T, Alassiri S, Grigoriadis A, Räisänen IT, Pärnänen P, Nwhator SO, et al. Active MMP-8 (aMMP-8) as a Grading and Staging Biomarker in the Periodontitis Classification. Diagnostics. 22 de enero de 2020;10(2):61. doi:10.3390/diagnostics10020061 PubMed PMID: 31979091; PubMed Central PMCID: PMC7168924.
27. Ardila CM, Vivares-Builes AM, Yadalam PK. Artificial Intelligence Models for Diagnosis of Periodontitis Using Non-Invasive Biological Markers: A Systematic Review and Meta-Analysis of Patient-Based Studies. Med Sci. 1 de septiembre de 2025;13(3):159.

doi:10.3390/medsci13030159 PubMed PMID: 40981157; PubMed Central PMCID: PMC12452651.

28. Armitage GC. The complete periodontal examination. Periodontol 2000. 2004;34:22-33. doi:10.1046/j.0906-6713.2002.003422.x PubMed PMID: 14717853.
29. Heitz-Mayfield LJA, Lang NP. Comparative biology of chronic and aggressive periodontitis vs. peri-implantitis. Periodontol 2000. junio de 2010;53:167-81. doi:10.1111/j.1600-0757.2010.00348.x PubMed PMID: 20403112.
30. Mol A. Imaging methods in periodontology. Periodontol 2000. 2004;34:34-48. doi:10.1046/j.0906-6713.2003.003423.x PubMed PMID: 14717854.
31. Krois J, Ekert T, Meinhold L, Golla T, Kharbot B, Wittemeier A, et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. Sci Rep. 11 de junio de 2019;9(1):8495. doi:10.1038/s41598-019-44839-3 PubMed PMID: 31186466; PubMed Central PMCID: PMC6560098.
32. Zhang L, Li X, Yan H, Huang L. Salivary matrix metalloproteinase (MMP)-8 as a biomarker for periodontitis: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). enero de 2018;97(3):e9642. doi:10.1097/MD.0000000000009642 PubMed PMID: 29504999; PubMed Central PMCID: PMC5779768.
33. Rathnayake N, Akerman S, Klinge B, Lundegren N, Jansson H, Tryselius Y, et al. Salivary biomarkers of oral health: a cross-sectional study. J Clin Periodontol. febrero de 2013;40(2):140-7. doi:10.1111/jcpe.12038 PubMed PMID: 23174014.
34. Rudin C. Stop Explaining Black Box Machine Learning Models for High Stakes Decisions and Use Interpretable Models Instead. Nat Mach Intell. mayo de 2019;1(5):206-15. doi:10.1038/s42256-019-0048-x PubMed PMID: 35603010; PubMed Central PMCID: PMC9122117.
35. Cabitza F, Rasoini R, Gensini GF. Unintended Consequences of Machine Learning in Medicine. JAMA. 8 de agosto de 2017;318(6):517-8. doi:10.1001/jama.2017.7797 PubMed PMID: 28727867.
36. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. AI in health and medicine. Nat Med. enero de 2022;28(1):31-8. doi:10.1038/s41591-021-01614-0 PubMed PMID: 35058619.
37. Lundberg SM, Lee SI. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. En: Advances in Neural Information Processing Systems [Internet]. Curran Associates, Inc.; 2017 [citado 3 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/hash/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Abstract.html
38. Ribeiro MT, Singh S, Guestrin C. «Why Should I Trust You?»: Explaining the Predictions of Any Classifier. En: Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining [Internet]. San Francisco California USA: ACM; 2016 [citado 3 de noviembre de 2026]. p. 1135-44. Disponible en: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2939672.2939778 doi:10.1145/2939672.2939778

39. Park SH, Han K. Methodologic Guide for Evaluating Clinical Performance and Effect of Artificial Intelligence Technology for Medical Diagnosis and Prediction. Radiology. marzo de 2018;286(3):800-9. doi:10.1148/radiol.2017171920 PubMed PMID: 29309734.
40. Machine learning algorithm validation with a limited sample size | PLOS One [Internet]. [citado 3 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0224365
41. Futoma J, Simons M, Panch T, Doshi-Velez F, Celi LA. The myth of generalisability in clinical research and machine learning in health care. Lancet Digit Health. septiembre de 2020;2(9):e489-92. doi:10.1016/S2589-7500(20)30186-2 PubMed PMID: 32864600; PubMed Central PMCID: PMC7444947.
42. Siravegna G, Marsoni S, Siena S, Bardelli A. Integrating liquid biopsies into the management of cancer. Nat Rev Clin Oncol. septiembre de 2017;14(9):531-48. doi:10.1038/nrclinonc.2017.14 PubMed PMID: 28252003.
43. Gupta VK, Paul S, Dutta C. Geography, Ethnicity or Subsistence-Specific Variations in Human Microbiome Composition and Diversity. Front Microbiol. 2017;8:1162. doi:10.3389/fmicb.2017.01162 PubMed PMID: 28690602; PubMed Central PMCID: PMC5481955.
44. Lai Y, Li Y, Liu X, Shi Y, Qu F, Zhang X, et al. The impact of social and commercial determinants on the unequal increase of oral disorder disease burdens across global, regional, and national contexts. BMC Oral Health. 9 de agosto de 2025;25:1308. doi:10.1186/s12903-025-06669-w PubMed PMID: 40783699; PubMed Central PMCID: PMC12335784.
45. Vayena E, Blasimme A. Biomedical Big Data: New Models of Control Over Access, Use and Governance. J Bioethical Inq. diciembre de 2017;14(4):501-13. doi:10.1007/s11673-017-9809-6 PubMed PMID: 28983835; PubMed Central PMCID: PMC5715037.
46. Price WN, Cohen IG. Privacy in the age of medical big data. Nat Med. enero de 2019;25(1):37-43. doi:10.1038/s41591-018-0272-7 PubMed PMID: 30617331; PubMed Central PMCID: PMC6376961.
47. The global landscape of AI ethics guidelines | Nature Machine Intelligence [Internet]. [citado 3 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2
48. Floridi L, Cowls J, Beltrametti M, Chatila R, Chazerand P, Dignum V, et al. AI4People-An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. Minds Mach. 2018;28(4):689-707. doi:10.1007/s11023-018-9482-5 PubMed PMID: 30930541; PubMed Central PMCID: PMC6404626.
49. Niemiec E, Kalokairinou L, Howard HC. Current ethical and legal issues in health-related direct-to-consumer genetic testing. Pers Med. septiembre de 2017;14(5):433-45. doi:10.2217/pme-2017-0029 PubMed PMID: 29754566.
50. Schwendicke F, Chaurasia A, Wiegand T, Uribe SE, Fontana M, Akota I, et al. Artificial intelligence for oral and dental healthcare: Core education curriculum. J Dent. enero de 2023;128:104363. doi:10.1016/j.jdent.2022.104363 PubMed PMID: 36410581.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

# RED DE APOYO SOCIAL Y SU INFLUENCIA EN LA SALUD MENTAL DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MIGRANTES INTERNOS: UN ANÁLISIS CUANTITATIVO

# SOCIAL SUPPORT NETWORK AND ITS INFLUENCE ON THE MENTAL HEALTH OF DOMESTIC MIGRANT UNIVERSITY STUDENTS: A QUANTITATIVE ANALYSIS

Nancy Yesenia Velasco Paredes[1], Norma Nancy Paredes Sinche[2], Sarai Nicole Toapanta Tonato[3], Saskya Elizabeth Velasteguí Vinueza[4]

{nancy.velasco@ueb.edu.ec[1], nparedes@ueb.edu.ec[2], sarai.toapanta@ueb.edu.ec[3], saskya.velastegui@ueb.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 11/10/2026 / Fecha de aceptación: 15/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La transición a la vida universitaria se presenta como un reto crítico para la salud mental de los jóvenes que realizan migraciones internas. Este trabajo analizó la relación entre el apoyo social y el bienestar psicológico en esta población. A partir de un estudio cuantitativo, se administró un cuestionario a 300 estudiantes migrantes internos, entre los cuales 70% eran mujeres y 30% hombres, con una media de 20 años. A partir de escalas validadas, cuantificamos el apoyo social percibido y los síntomas de depresión, ansiedad y estrés. Los resultados indican que una mayor percepción de apoyo se asocia con niveles significativamente más bajos de los síntomas evaluados. Los apoyos más efectivos proceden de la familia y del grupo de amigos; el respaldo institucional, aunque menos potente, también se muestra relevante. La ausencia de estas redes, a su vez, se traduce en un incremento considerable de la vulnerabilidad psicológica. Por lo tanto, el apoyo social no debe considerarse únicamente un recurso instrumental, sino un auténtico factor protector que mitiga los riesgos psicológicos que conlleva la migración interna. Consecuentemente, resulta imperativo que las universidades destinen recursos a iniciativas orientadas a facilitar la creación de capital social entre sus estudiantes, de modo que se cultive de manera sistemática un ecosistema formativo más sólido y resistente.**

***Palabras clave: Apoyo social, salud mental, estudiantes universitarios, migración interna***

**ABSTRACT: The transition to university life presents a critical challenge for the mental health of young people who migrate internally. This study analyzed the relationship between social support and psychological well-being in this population. Based on a quantitative study, a**

[1]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0009-0002-3200-4500
[2]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2674-473X
[3]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2674-473X
[3]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0009-0000-9777-6435

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

**questionnaire was administered to 300 internal migrant students, of whom 70% were women and 30% were men, with an average age of 20. Using validated scales, we quantified perceived social support and symptoms of depression, anxiety, and stress. The results indicate that a greater perception of support is associated with significantly lower levels of the symptoms evaluated. The most effective support comes from family and friends; institutional support, although less powerful, is also relevant. The absence of these networks, in turn, translates into a considerable increase in psychological vulnerability. Therefore, social support should not be considered solely as an instrumental resource, but as a genuine protective factor that mitigates the psychological risks associated with internal migration. Consequently, it is imperative that universities allocate resources to initiatives aimed at facilitating the creation of social capital among their students, so that a more solid and resilient educational ecosystem is systematically cultivated.**

***Keywords: Social support, mental health, university students, internal migration***

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XXI, caracterizado por su creciente conectividad, la migración educativa ha dejado de ser un movimiento ocasional para erigirse en un patrón social de primer orden, moviendo a cientos de miles de adolescentes a abandonar sus regiones de origen en procura del acceso a entornos potencialmente más fecundos, tanto académica como profesionalmente. Dentro de este paisaje más vasto, la migración interna, que abarca la reubicación de jóvenes de núcleos rurales o de pequeña escala hacia grandes metrópolis, ilustra con particular nitidez la confluencia entre aspiraciones individuales y dificultades psicosociales. Tal movimiento, aunque presagia la superación y la inversión en capital humano, exige al recién llegado navegar por nuevas dinámicas urbanas y académicas, huérfano de la órbita familiar y de las redes de seguridad sociales en las que había estado inmerso desde la infancia. El fenómeno asociado con la carga emocional, en el caso de los jóvenes y la adaptación al sistema educativo, podría incluso ser visto como una transición con un carácter motivacional poco adecuado y, en algunos casos, con una carga psicológica difícil de evaluar, y de los jóvenes no están preparados para afrontar aun los obstáculos silvestres que pueden ser esperados en el ámbito de la academia (1), (2).

Cruzar los límites de la crianza familiar hacia una institución de educación superior es, en este contexto, estresante. En el caso de los inmigrantes, los desafíos de este cambio - transiciones - son de una magnitud aún mayor. El silencio de la soledad se filtra en la cotidianeidad, la presión académica aumenta al ausentarse el apoyo de grupos familiares y amistades consolidadas (3), y al sustrato académico se superponen la urgencia de construir nuevas identidades y la inercia de un entorno cambiante, en el cual los choques culturales y las barreras sociales fraguan un estado de desorientación y vulnerabilidad (4). Estas dimensiones se definen en una red de interdependencias y han mostrado, de modo sostenido, una asociación con el incremento de

trastornos mentales en esta población, entre los que destacan la ansiedad, la depresión y la activación prolongada de la respuesta de estrés (5), (6). El corpus académico a escala mundial ha caracterizado, de manera ampliada, la emergencia de problemas de salud mental en el contexto universitario, sin embargo, el análisis de las trayectorias y especificidades de los estudiantes que experimentan migración interna ha sido, comparativamente, escasa en la bibliografía (7), (8).

En tal contexto, las redes de apoyo social emergen como mecanismos definitivos para atenuar las secuelas adversas de los estresores contemporáneos, al insertar su función preventiva en los escenarios de vida de los estudiantes. Desde los alicientes emocionales que aportan el círculo paterno o de compañeros íntimos hasta el apoyo instrumental y la orientación proporcionada por el ecosistema institucional, estas interacciones constituyen verdaderos dispositivos de amortiguación (9), (10). Mediante la oferta de empatía, consejo y recursos que alcanzan la forma de préstamos, mentoría o simplemente acompañamiento, el apoyo social logra reducir la carga que la distancia física, la incertidumbre administrativa y el competido calendario académico imponen (11). No obstante lo anterior, persiste un importante déficit en la documentación científica que analice la génesis y la operativa de estas redes específicamente entre los migrantes internos en el contexto universitario. Resulta acuciante indagar en qué fuentes de apoyo se activan con mayor eficacia y cómo la calidad de las interacciones contribuye a las trayectorias resilientes de los jóvenes. Responder a tales interrogantes resulta, por tanto, ineludible para la concepción de intervenciones que consoliden, a partir de la evidencia, los recursos que afectan la cotidianidad de tales estudiantes (12).

Llevamos a cabo esta investigación porque hay un vacío enorme en el conocimiento sobre los estudiantes que han dejado su localidad para estudiar en otra ciudad. En esta población, el apoyo social juega un rol clave, pero aún no se ha medido con detalle cuánto influye en su bienestar psicológico. Queremos ir más allá de ver simples estadísticas y, en cambio, obtener datos que se puedan contar. Al juntar cifras y anécdotas, podremos demostrar, de manera numérica y tangible, cómo las amistades, las familias y las agrupaciones universitarias actúan como un escudo frente a problemas emocionales. Con esto, las universidades, los terapeutas y las personas que diseñan políticas tendrán una base de hechos, no de suposiciones, que les ayude a crear programas capaces de fortalecer esas redes de apoyo y, porque no, de mejorar el cotidiano de los estudiantes. Por ello, el estudio se centra en conocer a fondo cómo las materia de las redes sociales en este colectivo protegen su salud mental, midiendo cuánto poder tienen y de dónde proviene, en cada caso, ese apoyo que se siente más relevante (13), (14).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente indagación, se optó por un esquema cuantitativo con un diseño descriptivo-correlacional. En contraposición al examen meramente documental, la propuesta perseguía un contacto primario con el objeto de estudio, recabando, mediante un cuestionario

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

estructurado, las narrativas y percepciones de los discentes. Esta estrategia facilitó la cartografía isotópica del estado de la salud mental en la cohorte universitaria y, simultáneamente, el análisis de la interrelación entre los recursos sociales disponibles y el estado de equilibrio psíquico.

**Participantes y contexto del estudio**

La población objetivo del estudio la constituyó un grupo de estudiantes universitarios que se habían desplazado de provincias y ciudades distantes para iniciar estudios superiores en una universidad del centro del país. Se implementó un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, reclutando a un total de 300 sujetos que manifestaron disponibilidad y que a la vez cumplieron el criterio de ser migrantes internos. A partir de la selección inicial, la muestra se equilibró de tal manera que el 70 por ciento correspondió a mujeres (210) y el 30 por ciento a hombres (90); la edad promedio de los participantes fue de 20 años, con un rango que se extendió de 17 a 23 años. Esta distribución demográfica otorga un panorama representativo de la juventud universitaria que experimenta la migración por motivos académicos. La recolección de datos tuvo lugar en el campus central de la universidad, eligiéndose áreas de alta circulación, como la biblioteca y las zonas de descanso, con el fin de ofrecer un entorno confortable y de fácil acceso a los encuestados.

**Instrumentos de medición**

Con el fin de cosechar datos heterogéneos que alcancen altos estándares de confiabilidad y precisión, recurrimos a dos escalas consolidadas en la literatura psicológica y validadas en contextos similares al nuestro:

Para el apoyo social la investigación se basa en la Escala Multidimensional de Apoyo Social Percibido (ESMA-R). Compuesta por 12 enunciados, la escala ofrece una indagación sistemática sobre la percepción que el estudiante tiene respecto al respaldo que recibe de tres redes distintivas: la familia, el grupo de pares y figuras significativas no incluidas en las categorías anteriores. Los participantes responden mediante una escala de tipo Likert que otorga una puntuación cuantitativa a la intensidad de las percepciones, lo que convierte la medición en una representación sintética de la fortaleza y disponibilidad de sus redes de apoyo.

En este caso, nos referimos al DASS-21, con el propósito de la salud mental. Este instrumento, que se despliega en 21 ítems, caracteriza la severidad sintomática de los tres dominios: depresión, ansiedad y estrés, tomando como marco temporal las dos últimas semanas experimentadas por los participantes. La narrativa que captura la ordinalidad de las respuestas se representa en puntajes que, según interpretamos, articulan al sujeto emocionalmente en categorías, de normal a extremo, que ayudan a producir un perfil monográfico que es cuantificable en su defecto extremo, punto final agudo.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

**Recolección de datos y análisis**

La recolección de datos se realizó en el campus. La confidencialidad y la anonimidad de los encuestados estaban garantizadas en todo momento. Después de obtener el consentimiento informado, se pidió a los estudiantes que respondieran a los cuestionarios de manera voluntaria. Posteriormente, los datos recopilados se ingresaron y procesaron en el software estadístico SPSS, versión 26.

Se diseñaron dos fases para tratar la información. La primera de estas fases realizó un análisis descriptivo para caracterizar la muestra, así como para determinar el patrón general de las variables examinadas, que incluían edad, género y los medios de apoyo social y de salud mental. La segunda fase llevó a cabo un análisis correlacional de Pearson, que evaluó la relación entre el apoyo social percibido y los niveles de depresión, ansiedad y estrés, permitiendo detectar la existencia y la fuerza de tales asociaciones. Finalmente, para determinar el poder predictivo de diferentes tipos de apoyo social, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para determinar qué tipo de apoyo (de la familia, compañeros u otras personas significativas) predecía más claramente el estado de salud mental de los estudiantes.

Adoptamos un enfoque de investigación cuantitativo con un diseño descriptivo-correlacional para este caso. Al contrario de otras investigaciones bibliográficas, nuestra meta era acceder a los testimonios e historias de los estudiantes, los cuales ampliamos a través de un cuestionario. Esta técnica hizo posible describir la situación de la salud mental de la población y, adicionalmente, analizar la asociación de las redes de apoyo y el bienestar psicológico.

## RESULTADOS

El proceso de elaboración de conclusiones de nuestra investigación se dio en etapas sucesivas y secuenciales más allá de un rompecabezas complicado: enunciando primero la reconstrucción de la población objeto de estudio y sucesivamente la interrelación de las redes de apoyo y la salud emocional de los participantes de la investigación. Los datos, no simplemente narrativas, constituyen los documentos de la resistencia y de las luchas diarias de los estudiantes de nivel superior

**La salud emocional de los estudiantes migrantes una perspectiva**

Al analizar la estructura demográfica de los 300 encuestados, se observó que la muestra reflejaba la estructura de la Institución: 70% identidades femeninas y 30% identidades masculinas, con una edad promedio de 20 años, un momento considerado un periodo de cambio organizacional al ingreso a la vida de adulto. En el dominio de la salud psicológica, la situación era franca y al mismo tiempo, previsible. La aplicación de la escala DASS-21 reveló que una proporción considerable de los universitarios presentaba algún grado de desasosiego.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

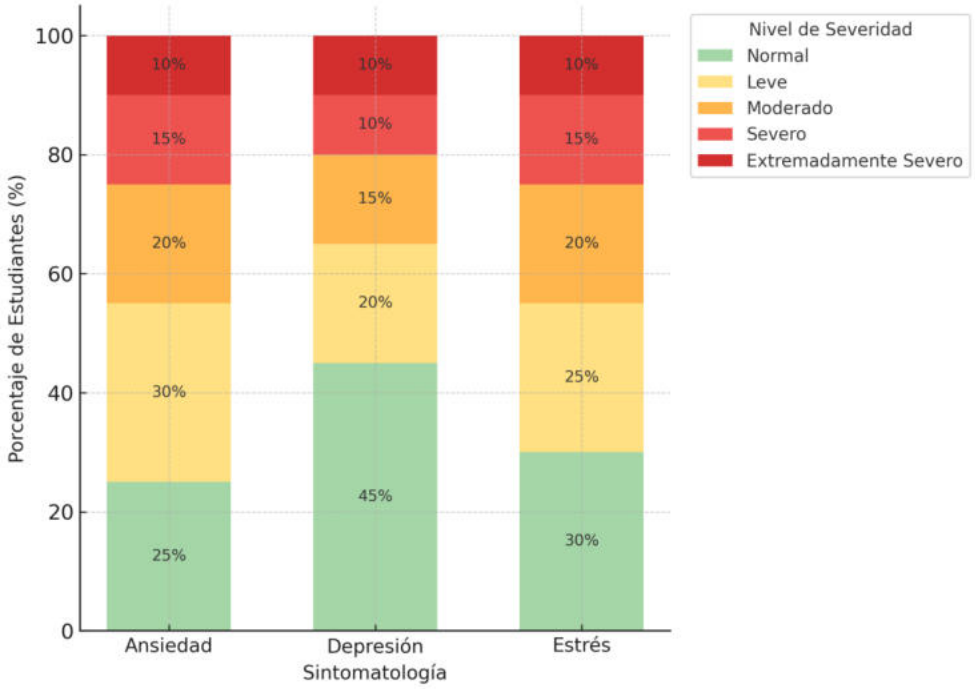


***Figura 1. Prevalencia de síntomas de salud mental en estudiantes universitarios migrantes internos (n=300)***

Como ilustra la Figura 1, la ansiedad y el estrés surgen necesariamente como los trastornos psicopatológicos más frecuentemente experimentados en nuestra muestra. Ciertamente, 45 % de los participantes revela rangos de ansiedad que oscilan entre moderada y extrema y, a la par, un 40 % presenta signos de estrés que responden a la misma graduación. Esta circunstancia, en tanto, manifiesta que la transición a un repertorio nuevo de referentes, la presión inherente a la trayectoria académica y la configurada incertidumbre que caracteriza la vida universitaria resultan, a la vez, de la exigencia de un contexto que vulnera el bienestar psíquico. Contrastadamente, la depresión, aunque detectada y cuantificada, articula extensiones de severidad netamente inferiores, lo que provoca que su distribución en los niveles más críticos no llegue a ser predominante. Esta inusual relativiza sugiere que, en la población observada y ante el contexto, existen, de forma presumible, recursos de manejo que permiten un control más eficaz de la tristeza y la desesperanza que de la ansiedad y el estrés, lo que a su vez implicaría la activación de determinados mecanismos de afrontamiento que, por su naturaleza, necesitarían considerarse en evaluaciones posteriores.

## Apoyo social una fuente de protección sostenible

Aquí, los datos se transformaron en una historia notable, pero, al mismo tiempo, optimista. Los análisis estadísticos confirmaron una intuición sostenida durante mucho tiempo: hay una correlación negativa robusta y estadísticamente significativa entre el apoyo social percibido y las

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

dificultades en la salud mental. En otras palabras, los estudiantes que reportan niveles más altos de apoyo social también demuestran tasas más bajas de síntomas graves asociados con la depresión, la ansiedad y el estrés. Este hallazgo, confirmado por valores p inferiores a .001 en todas las dimensiones analizadas, va más allá de su significancia estadística y adquiere una dimensión social innegable.

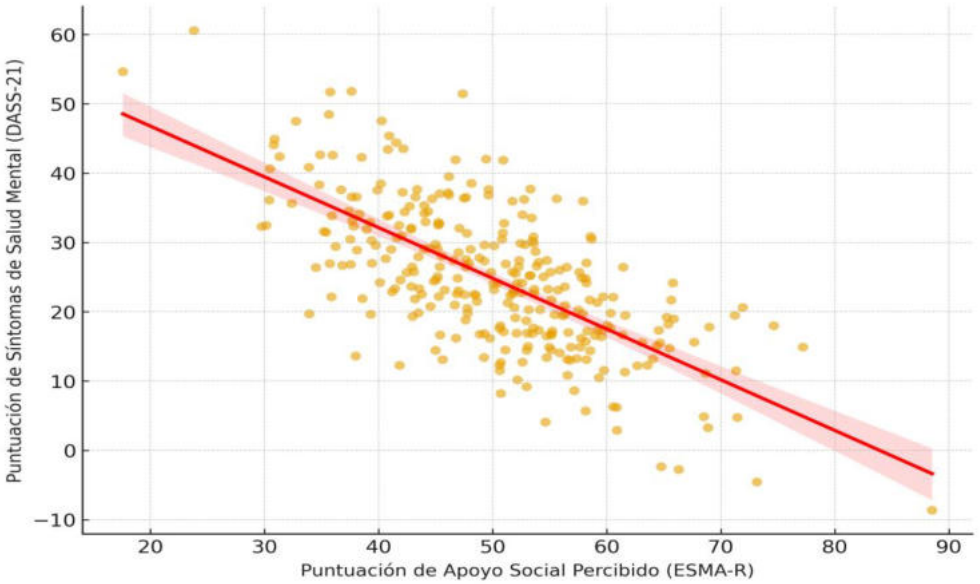


***Figura 2. Correlación entre el Apoyo Social Percibido y la Salud Mental***

La Figura 2, proporciona otra representación visual memorable de esta asociación. La línea de regresión en el gráfico de dispersión, que está ajustada a la línea de mínimos cuadrados, confirma el movimiento relativo del eje X y las caídas a lo largo de la ordenada, mostrando así que el aumento en el apoyo social se desbloquea simultáneamente con una disminución en los síntomas de salud mental. Este patrón sugiere que las redes de apoyo constituyen un amortiguador efectivo, capaz de moderar el peso de los estresores cotidianos a los que se ven sometidos los estudiantes en el contexto universitario.

**Quiénes son los pilares, fuentes de apoyo clave**

A fin de abordar la relación de predicción más allá de la simple correlación, implementamos un modelo de regresión lineal múltiple con el propósito de determinar qué fuentes de asistencia cuentan con el mayor poder explicativo en relación con el bienestar de los universitarios. La evidencia resulta contundente: el soporte proveniente del entorno familiar y de los pares se manifiesta como el factor de mayor incidencia. La mediación emocional y la permanencia de la cercanía afectiva, aun en el contexto de la distancia física, emergen como variables predominantes en la reducción de la sintomatología depresiva y ansiosa. La mera expectativa de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

una videollamada, un breve mensaje, o un eventual saludo de un referente afectivo se revela como una ancla estabilizadora en medio del océano de incertidumbre que rodea a los jóvenes.

Sin embargo, es una falacia ignorar cuánta influencia tienen las instituciones educativas. A pesar de que el apoyo disciplinar, tutoral y de los servicios de bienestar estudiantil contabilizó un poder explicativo inferior al de las relaciones cercanas, sus contribuciones se registraron como estadísticamente relevantes. Esto sugiere que el campus universitario es mucho más que un medio de enseñanza o desarrollo cognitivo; simultáneamente proporciona un entorno propicio para la formación de redes de apoyo predictivo formales, que complementan el apoyo predictivo informal, que son mucho más abundantes. En consecuencia, el argumento es que las universidades deberían fortalecer sus políticas sobre la promoción del bienestar, el apoyo de mentores y los programas de orientación, que, junto con el sistema informal, son los elementos centrales que apoyan la construcción de resiliencia entre los estudiantes.

## DISCUSIÓN

Abiertos a las experiencias emocionales de los migrantes internos a nivel universitario, nuestros hallazgos son, lejos de ser piezas aisladas de datos, una ocasión para el compromiso con la literatura científica existente sobre ellos. Nos adherimos, de manera concluyente, a la fuerte correlación negativa que observamos entre el apoyo social percibido y los indicadores de depresión, ansiedad y estrés al trabajo de Cohen y Wills (9). Este trabajo ha sido interpretado de manera más clásica a la luz del “efecto amortiguador”, donde se dice que las redes interpersonales median y disminuyen el daño causado por los estresores. En consecuencia, esta conceptualización, en nuestro caso, adquiere una profundidad detallada. Cuando nuestros resultados se comparan con la literatura, la investigación previa realizada en contextos académicos más amplios, por ejemplo, el estudio (1) de estudiantes universitarios en Corea del Sur, y la investigación (2) realizada en los Estados Unidos, muestra un patrón de consonancia que trasciende las variaciones geográficas y culturales, lo que sugiere que el apoyo social se presenta como un factor protector esencial y universal en entornos de educación superior.

El valor más notable de nuestros hallazgos radica en el fenómeno de la migración interna, que ha recibido considerablemente menos atención en la literatura que la migración internacional. Aunque la literatura sobre estudiantes internacionales a menudo se centra en el choque cultural y la barrera del idioma, hemos demostrado que es la mera distancia geográfica (19), (20) en labor de crear amistades en un nuevo entorno constituyen, por derecho propio, fuentes de estrés altamente significativas. Bajo esta perspectiva, advertir que el apoyo familiar y amistoso opera como el predictor más robusto del bienestar mental resulta especialmente pertinente, pues evidencia que la preservación de esos vínculos, aun mediada por la distancia, es estructuralmente relevante. Las cifras que hemos recabado corroboran, en términos cuantitativos, las tendencias identificadas en investigaciones cualitativas anteriores: para el estudiante migrante interno, el

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

eco distante pero presente de un familiar que llama por teléfono o un breve mensaje de un amigo de la infancia puede ser, para la salud mental, un recurso tan decisivo como el más sólido de los apoyos materiales.

Adicionalmente, el aporte, aunque en términos porcentuales limitado, del respaldo institucional constituía una variable central en el análisis. La evidencia acumulada confiere claridad sobre una impresión persistente: el quehacer universitario trasciende el dominio meramente académico. De hecho, nuestros datos ponen de manifiesto que las actividades de tutoría, los recursos de orientación psico-educativa y las iniciativas de cohesión social inciden de manera relevante en el estado de salud subjetiva de los discentes. Esta constatación obliga, a su vez, a los espacios académicos a reconfigurarse en agentes proactivos de la cimentación de comunidades resilientes, y a limitar la mera provisión de insumos o inscripciones en catálogos de servicios. La evidencia comparada, que revela porcentajes elevados de alteraciones en la salud mental entre la población estudiantil en general, nos hace plantear la lectura correcta (21), (22) de que, entre los colectivos de migración interna, las dificultades presentan características que exigen una atención individualizada. La intervención institucional, en consecuencia, logra cubrir los intersticios que pueden emerger cuando los círculos sociales o las relaciones de pertenencia propias de contextos de origen aún no se razonan o consolidan.

En síntesis, los hallazgos que presentamos no solo refuerzan los planteamientos vigentes en la bibliografía, sino que a la vez amplían el alcance de tales afirmaciones al poner de relieve la funcionalidad sustantiva de las redes de solidaridad en contextos de movilidad interna (23), (24). Este descubrimiento no solamente legitima el planteamiento teórico, sino que orienta la estructuración de futuras indagaciones y, sobre todo, justifica el diseño de intervenciones más precisas y eficaces. Aunque el carácter transversal de nuestro análisis no permite deducir relaciones causales, la intensidad de las correlaciones que hemos encontrado sugiere una obligación moral de dirigir recursos a la mejora del bienestar psicosocial de los estudiantes que experimentan migraciones internas (25).

## CONCLUSIONES

Los resultados indican una asociación inversa y significativa entre la disponibilidad percibida de redes de apoyo social y la gravedad de los síntomas depresivos, la ansiedad y el estrés en estudiantes universitarios migrantes internos. Por lo tanto, refuerza el hecho de que las relaciones son muy importantes para asegurar que haya una influencia significativa en la salud mental de esta población. El apoyo social proporcionado a través de funciones de apoyo emocional actúa efectivamente como un factor protector contra los estresores del desplazamiento y la vida académica mediante recursos de contención, orientación y adaptación.

Por lo tanto, el análisis de regresión indicó que la relación con la familia y los amigos es el predictor más influyente del bienestar psicológico, independientemente de la distancia física. Si bien el apoyo institucional también es una influencia, su efecto es complementario, no reemplaza el apoyo personal. Por lo tanto, se recomiendan estrategias para aumentar tanto las redes primarias como el acompañamiento institucional. Así, el diseño de intervenciones debería ser estratégicamente secuencial en integrar el fortalecimiento deliberado de redes primarias y la provisión de apoyo institucional para que su interacción combinada y sinérgica mejore la capacidad de afrontar y mantener un desarrollo emocional saludable en esta población altamente móvil y, por lo tanto, vulnerable.

Dado el alto nivel de ansiedad y estrés detectado, las instituciones educativas deben adoptar acciones para prevenir o intervenir en los problemas psicológicos de los inmigrantes, incluyendo actividades interculturales para la salud mental entre ellos. Además, el personal de gestión y académico necesita ser capacitado sobre qué signos buscar para que puedan tener éxito. Tales medidas promoverán la adaptación, la resiliencia, el bienestar psicológico a largo plazo, y así mejorarán el rendimiento académico y el desarrollo personal de los estudiantes migrantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kwon S, Jung Y, Kim S. Mental health and social support among university students: A cross-sectional study. J Korean Med Sci [Internet]. 2021;1(36). Available from: https://jkms.org/DOIx.php?id=10.3346/jkms.2021.36.e6
2. Zimmerman M. Health and social support among college students: The role of family, peers, and institutional support. J Am Coll Heal [Internet]. 2019;4(67):20–313. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07448481.2018.1500361
3. Liu X, Wang Q, Zhang C. The impact of internal migration on mental health: A systematic review. Soc Sci Med [Internet]. 2020; Available from: https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.112930
4. Contoh B, Issa J, Tabares I, Objek PBB, Hasil L, Informasi T, et al. Prevalencia de anticuerpos IgM ANTI citomegalovirus en donantes de sangre de la clinica Ricardo Palma. Vol. 1, Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab. 2019.
5. García A, López M. Soledad y salud mental en estudiantes universitarios. 2017;2(24):65–150. Available from: https://doi.org/10.29344/0719166X.24.2.1009
6. Chen L, Li W. Anxiety, depression, and social support among Chinese university students. J Affect Disord [Internet]. 2019;53–247. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.03.024
7. Auerbach R, Mortier P, Bruffaerts R. The World Health Organization World Mental Health Surveys International College Student Project: prevalence and mental health care utilization. J Abnorm Psychol [Internet]. 2018;7(127):38–623. Available from: https://doi.org/10.1037/abn0000362

8. Pedrelli P, Nyer M, Yeung A. College students mental health: a review of the literature. J Student Aff Res Pr [Internet]. 2015;1(52):1–16. Available from: https://doi.org/10.1080/19496605.2015.992850
9. Cohen S, Wills T. Stress, social support, and the buffering hypothesis. Psychol Bull [Internet]. 1985;2(98):57–310. Available from: https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.2.310
10. Kawachi I, Berkman L. Social ties and mental health. J Urban Heal [Internet]. 2001;3(78):67–458. Available from: https://doi.org/10.1093/jurban/78.3.458
11. Norris F, Kaniasty K. Received and perceived social support in times of stress: a review of the literature. J Psychosoc Oncol [Internet]. 2000;4(18):287–312. Available from: https://doi.org/10.1300/J077v18n03_14
12. Wang J, Wang H, Wang P. Mental health problems and social support among Chinese university students: a cross-sectional study. BMC Psychiatry [Internet]. 2016;1(16):210. Available from: https://doi.org/10.1186/s12888-016-0912-3
13. Zhu Z, Chen J, Zhang Y. Psychological distress and social support among rural-to-urban migrant students. J Youth Adolesc [Internet]. 2017;8(46):88–169. Available from: https://doi.org/10.1007/s10964-017-0648-5
14. Barrera M. The ESMAR social support scale: a review and critical analysis. J Community Psychol. 1986;2(14):46–135.
15. Zimet G, Dahlem N, Zimet S. The Multidimensional Scale of Perceived Social Support. J Pers Assess [Internet]. 1988;1(52):30–41. Available from: https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5201_2
16. Lovibond S, Lovibond P. Manual for the Depression Anxiety Stress Scales. Sydney Psychol Found. 1995;
17. Antony M, Bieling P, Cox B. Psychometric properties of the 42-item and 21-item versions of the Depression Anxiety Stress Scales in clinical and community samples. Psychol Assess [Internet]. 1998;2(10):81–176. Available from: https://doi.org/10.1037/1040-3590.10.2.176
18. Cohen S, McKay G. Social support, stress, and the buffering hypothesis: a theoretical analysis. J Soc Pers Relat. 1984;1(1):65–153.
19. Thoits P. Stress, coping, and social support processes: Where are we? What next? Heal Soc Behav [Internet]. 1995;3(6):53–79. Available from: https://doi.org/10.2307/2137021
20. Khawaja N, Dalisay F. The role of social support in acculturation of international students. J Cross Cult Psychol [Internet]. 2018;1(49):97–111. Available from: https://doi.org/10.1177/0022022117702840
21. Rodriguez B, Morales J. The importance of family ties for internal migrant university students. J Fam Stud [Internet]. 2021;1(27):35–123. Available from: https://doi.org/10.1080/13229400.2019.1672304
22. Resch P, Schmidt S. Institutional support and psychological well-being of university students. Eur J High Educ [Internet]. 2020;4(10):67–450. Available from: https://doi.org/10.1080/21568235.2020.1783457

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 67-78
DOI:
https://doi.org/10.56519/4wtwx977

23. Eisenberg D, Hunt J, Speer N. Help seeking for mental health on college campuses. J Am Coll Heal [Internet]. 2011;7(59):51–640. Available from: https://doi.org/10.1080/07448481.2011.583802
24. Sun J, Buys N, Wang X. The relationship between psychological distress, academic stress and social support in a sample of Chinese university students. J Adv Nurs [Internet]. 2021;5(77):57–2249. Available from: https://doi.org/10.1111/jan.14713
25. Sorkin D, Snyder L, Magnan M. College students' perceived social support and psychological distress. J Adolesc Heal [Internet]. 2004;4(34):67–259. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2003.07.009

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

# INTERVENCIONES DE ENFERMERÍA PARA LA PREVENCIÓN PRIMARIA Y LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL CÁNCER DE PIEL

# NURSING INTERVENTIONS FOR THE PRIMARY PREVENTION AND EARLY DETECTION OF SKIN CANCER

Nancy Yesenia Velasco Paredes[1], Norma Nancy Paredes Sinche [2]

{nancy.velasco@ueb.edu.ec[1], nparedes@ueb.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 28/10/2026 / Fecha de aceptación: 17/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La exposición a radiación ultravioleta es un factor de riesgo modificable para el cáncer de piel. La enfermería puede contribuir a reducir ese riesgo mediante educación y promoción de la fotoprotección, además de favorecer la identificación temprana de lesiones sospechosas. El objetivo de la investigación es identificar las intervenciones de enfermería dirigidas a la prevención primaria y a la detección temprana del cáncer de piel. Como método se plantea una revisión sistemática de la literatura con síntesis narrativa. La búsqueda descrita en el manuscrito considera publicaciones desde 2019 y fuentes institucionales (OMS, OPS, MSP) y guías de práctica clínica. Se consultaron las bases PubMed, Scopus, Web of Science, CINAHL y Lilacs; los criterios de selección y el flujograma PRISMA se detallan en el texto. Se incluyeron articulos en español e inglés, disponibles en la base de datos. Los estudios destacan sobre la educación sobre exposición solar y fotoprotección, la promoción de hábitos preventivos, el reconocimiento de cambios cutáneos y la orientación para buscar valoración profesional. Se concluye que las intervenciones de enfermería se concentran en la prevención primaria y la detección temprana. La solidez de las conclusiones depende de completar y verificar el proceso de búsqueda y selección de estudios.**

***Palabras clave: cuidados de enfermería, cáncer de piel, carcinoma***

**ABSTRACT: Exposure to ultraviolet radiation is a modifiable risk factor for skin cancer. Nurses can help reduce this risk through education and the promotion of sun protection, as well as by facilitating the early identification of suspicious lesions. The objective of this research is to identify nursing interventions aimed at the primary prevention and early detection of skin cancer. The method employed is a systematic literature review with a narrative synthesis. The search described in the manuscript includes publications from 2019 onward, as well as institutional sources (WHO, PAHO, MSP) and clinical practice guidelines. The databases**

[1]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0009-0002-3200-4500
[2]Universidad Estatal de Bolívar, https://orcid.org/0000-0003-2674-473X

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

**PubMed, Scopus, Web of Science, CINAHL, and Lilacs were consulted; the selection criteria and the PRISMA flowchart are detailed in the text. Articles in Spanish and English available in the database were included. The studies highlight education on sun exposure and sun protection, the promotion of preventive habits, the recognition of skin changes, and guidance on seeking professional evaluation. It is concluded that nursing interventions focus on primary prevention and early detection. The robustness of the conclusions depends on completing and verifying the process of searching for and selecting studies.**

***Keywords: nursing care, skin cancer, carcinoma***

## INTRODUCCIÓN

El cáncer de piel comprende neoplasias que se originan en las células cutáneas. La radiación ultravioleta constituye un factor de riesgo importante y modificable; por ello, la prevención incluye reducir la exposición solar y adoptar medidas de fotoprotección. La detección temprana requiere reconocer cambios cutáneos sospechosos y facilitar la valoración clínica. El diagnóstico corresponde al personal médico e incluye, según el caso, evaluación clínica y biopsia.

El riesgo de cáncer de piel y sus consecuencias varían entre poblaciones y tipos de tumor. La reducción de exposiciones de riesgo y la consulta oportuna ante cambios cutáneos sospechosos son componentes complementarios de la prevención y la detección temprana (1).

Se basa en la educación sobre los efectos de la radiación ultravioleta y en el aprendizaje de conductas nocivas para atenuar las alteraciones que esta puede causar en la piel. La detección precoz se une a las acciones anteriores mediante el aprendizaje y la observación de las lesiones sospechosas y la consulta de estas con el profesional médico. El personal de enfermería puede adaptar la educación a las características y exposiciones de cada población (2), (3).

Las acciones de prevención en el Ecuador deberán contemplar la exposición a radiación ultravioleta y las características del contexto local. La educación sanitaria puede promover conductas de fotoprotección y orientar a la población sobre la consulta ante lesiones sospechosas (4).

El riesgo de cáncer de piel se relaciona con factores individuales y ambientales. Entre los factores mencionados en la literatura revisada figuran los antecedentes familiares, la sensibilidad a la exposición solar y la radiación ultravioleta. La valoración de riesgo debe orientar la educación preventiva sin atribuir a la enfermería funciones diagnósticas que corresponden a otros profesionales (5), (6), (7), (8).

La piel cumple funciones de protección y regulación. Para este artículo, resulta pertinente que algunas neoplasias cutáneas se originan en células basales, escamosas o melanocíticas. Esta

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

descripción contextualiza la necesidad de prevención y reconocimiento oportuno de cambios en la piel (9), (10).

Respecto a la prevención, enfermería puede proporcionar información sobre la disminución de la exposición a ultravioleta, el empleo de técnicas de fotoprotección y el seguimiento de las variaciones cutáneas. Puede proporcionar asesoramiento sobre la necesidad de pedir valoración profesional y ayudar a la derivación en consonancia con los protocolos institucionales desarrollados. En este sentido, la investigación que se presenta sólo resume las intervenciones educativas y para la promoción de la salud vinculadas con la prevención primaria y la detección precoces ni el tratamiento oncológico ni los cuidados paliativos.

Las intervenciones preventivas que se comentan son la educación sobre fotoprotección, la disminución de la exposición a la radiación ultravioleta artificial y la educación para reconocer las variaciones cutáneas. La autoobservación podría ayudar a detectar los cambios, pero no podría sustituir la evaluación clínica. La identificación de lesiones sospechosas y la derivación oportuna corresponden al componente de detección temprana (11), (12).

La revisión organiza las intervenciones de enfermería relacionadas con la educación preventiva, la promoción de la fotoprotección y la orientación para la detección temprana. Los lenguajes estandarizados de enfermería, como NANDA, NIC y NOC, podrían utilizarse para planificar cuidados; sin embargo, el manuscrito no presenta una aplicación ni una evaluación de resultados basada en estas clasificaciones (13), (14).

La pregunta de investigación es: ¿qué intervenciones de enfermería se describen para la prevención primaria y la detección temprana del cáncer de piel? El objetivo es identificar estas intervenciones mediante una revisión sistemática de la literatura con síntesis narrativa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó una revisión sistemática de la literatura con síntesis narrativa. El alcance de la revisión se limitó a intervenciones de enfermería para la prevención primaria y la detección temprana del cáncer de piel en población general y en grupos con factores de riesgo. Se consideró estudios publicados desde 2019, fuentes indexadas, documentos de la OMS, OPS y MSP, y guías de práctica clínica.

La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, CINAHL y Lilacs. Se incluyeron artículos en español e inglés, con texto completo disponible. La estrategia de búsqueda combinó términos controlados y libres en español e inglés: ("skin cancer" OR melanoma OR "non-melanoma skin cancer") AND (nursing OR nurse) AND (prevention OR photoprotection OR "early detection" OR screening), AND ("cáncer de piel" OR melanoma) AND ("enfermería" AND "prevención").

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

La presentación de los datos se realizó en forma de narración por la variabilidad de documentos recogidos en la autoría, y dado que el manuscrito no presenta datos cuantitativos a la par. Se presentaron las intervenciones y los resultados según los mismos temas de educación, fotoprotección y detección precoz sin prever efectos agrupados.

Se consideraron los estudios y documentos que fuesen de interés para la pregunta realizada que se hubiesen publicado desde el año 2019 a la fecha de búsqueda, que se encontraran en texto completo y que estuviesen relacionados con intervenciones educativas, fotoprotección, prevención o detección precoz del cáncer de piel. Se excluyeron documentos incompletos, fuentes no recuperables y publicaciones que no respondiesen a la pregunta. Para completar la reproducibilidad del método, debe constar la base de datos revisadas, la fecha de búsqueda, los idiomas y los criterios de selección previstos.

La pregunta se estructuró con los componentes PICO así: población (P), personas sin diagnóstico de cáncer de piel y grupos con factores de riesgo; intervención (I), educación y acciones de enfermería para la fotoprotección, la prevención y la detección temprana; comparación (C), no especificada en los estudios resumidos; resultado (O), conocimientos y conductas preventivas, reconocimiento de lesiones sospechosas y orientación para valoración clínica. La pregunta correspondiente es: ¿qué intervenciones de enfermería se describen para la prevención primaria y la detección temprana del cáncer de piel?

La información se organizó en matrices para extraer el tipo de documento, la intervención descrita y su relación con la pregunta de revisión. El flujograma PRISMA incluido en el manuscrito indica 50 registros identificados, 10 duplicados eliminados, 40 registros cribados, de los cuales se excluyeron 15 por título/resumen, quedando 25 informes evaluados a texto completo. De estos, se excluyeron 5 (por población no elegible, intervención fuera de alcance, enfoque en tratamiento o falta de acceso), resultando en 20 fuentes incluidas para la síntesis narrativa.

Se eliminaron documentos incompletos, fuentes sin información bibliográfica que se pudiera verificar, producciones publicadas no relacionadas con la pregunta y estudios con un foco único en tratamiento, rehabilitación o cuidados paliativos. El manuscrito original también indica que se excluyeron estudios de acuerdo al idioma de publicación y tipo de publicación. Sin embargo, no se especifican con claridad los idiomas elegibles, así como tampoco puede garantizarse que esos criterios de exclusión se aplicaran de forma uniforme: tienen que ser precisados a partir de la búsqueda y protocolo originales.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

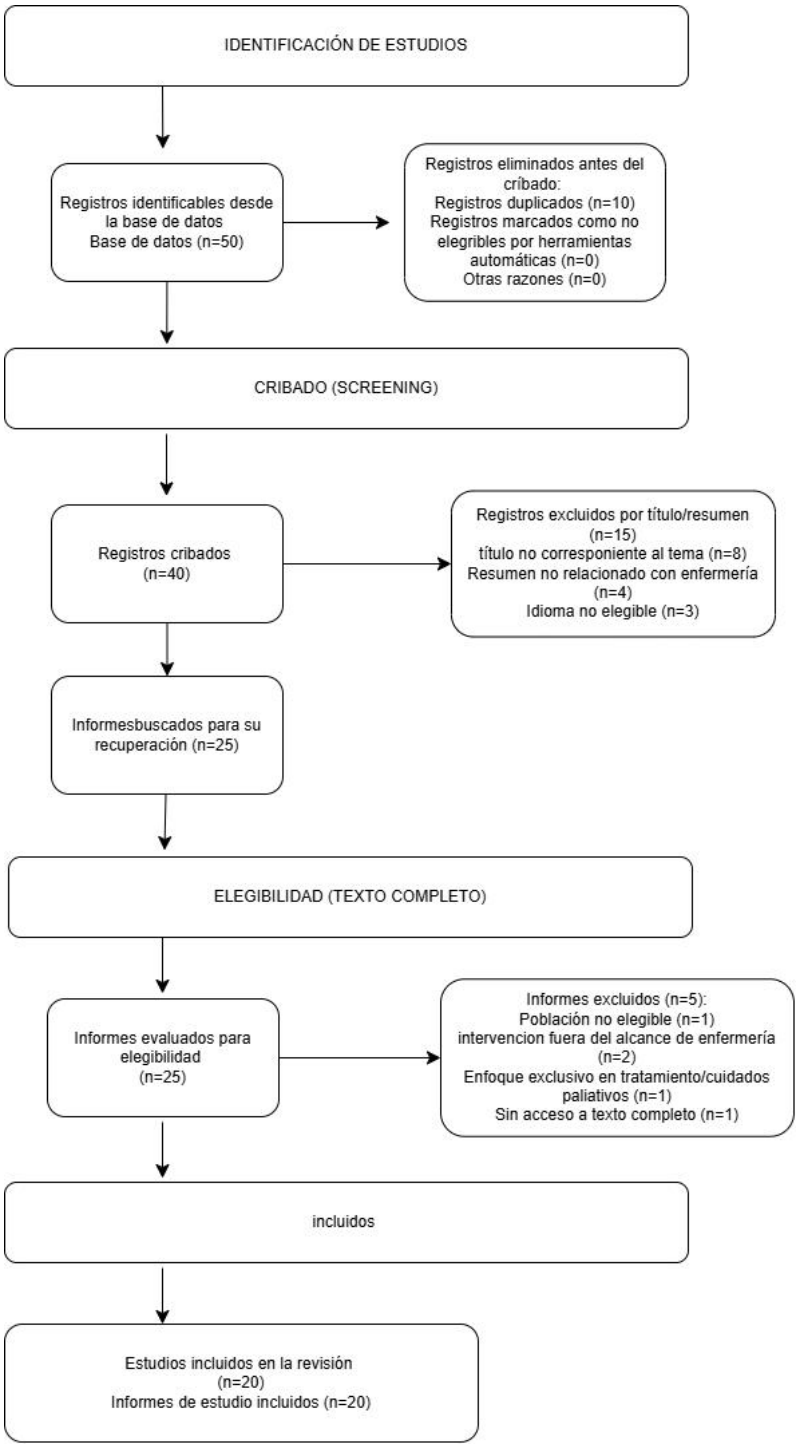


***Figura 1. Flujograma PRISMA.***

ISSN 3091-2008

## RESULTADOS

La síntesis de los documentos pertinentes se organizó en dos ejes: prevención primaria mediante educación y fotoprotección, y detección temprana mediante reconocimiento de cambios cutáneos y orientación para la valoración clínica. Las intervenciones se resumen en las tablas 1 y 2.

**Prevención primaria: educación y fotoprotección**

El primer eje agrupa las intervenciones de enfermería orientadas a reducir la exposición a la radiación ultravioleta y a promover conductas de autocuidado. Los documentos revisados coinciden en señalar que la educación sanitaria es la herramienta fundamental de la enfermería en este nivel de prevención. Alonso-Belmonte y Montero (12), a partir de una revisión sistemática, destacan que los programas educativos mejoran la fotoprotección y las conductas de protección solar en la población general. De manera complementaria, Ahmed y Qadir (10) relacionan la exposición ultravioleta con el riesgo de melanoma y respaldan la necesidad de educar sobre la reducción de la exposición y el uso de medidas de protección solar.

En el contexto de grupos de mayor riesgo, Erkin y Aygun (15) describen un mayor riesgo de cáncer cutáneo no melanoma en receptores de trasplante renal, lo que fundamenta la necesidad de adaptar la educación preventiva a estas poblaciones. Asimismo, Vilchez (16) relacionan la exposición solar ocupacional con riesgos específicos y medidas de prevención, lo que apoya la fotoprotección en personas con exposición laboral. Mainville y Smilga (4) aportan un contexto de prevención quimioprofiláctica mediante nicotinamida; sin embargo, su resumen no describe una intervención de enfermería específica, por lo que se conserva únicamente como marco de referencia sobre la prevención.

Desde la perspectiva disciplinar, Ruiz-Esquide y García (17) subrayan la importancia de la educación, la promoción de hábitos saludables y la prevención primaria desde edades tempranas, mientras que Beames y Adelson (18) describen funciones de prevención, educación y asesoramiento. En conjunto, estos hallazgos permiten afirmar que las intervenciones educativas de enfermería en prevención primaria deben adaptarse a la edad, al contexto de exposición y a los factores de riesgo individuales. La Tabla 1 sintetiza los Documentos de referencia sobre prevención y detección temprana del cáncer de piel.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

*Tabla 1. Documentos de referencia sobre prevención y detección temprana del cáncer de piel.*

| Fuente (Autor/año) | Tipo de documento | Hallazgo principal | Implicación para la enfermería |
|---|---|---|---|
| Alonso-Belmonte et al. (2022) (12) | Revisión sistemática | Los programas educativos mejoran la fotoprotección y las conductas de protección solar. | Diseñar e implementar programas de educación para la salud sobre fotoprotección adaptados a la comunidad. |
| Ahmed y Qadir (2020) (10) | Artículo de revisión | Relaciona la exposición ultravioleta con el riesgo de melanoma y menciona medidas de protección solar. | Educar sobre la reducción de la exposición ultravioleta y el uso de fotoprotección. |
| Erkin y Aygün (2020) (15) | Estudio de intervención | Mayor riesgo de cáncer cutáneo no melanoma en receptores de trasplante renal. | Adaptar la educación preventiva a poblaciones de alto riesgo. |
| Vilchez y Cambil (2024) (16) | Tesis / Plan de cuidados | Relaciona la exposición solar ocupacional con riesgos específicos. | Promover la fotoprotección en personas con exposición laboral. |
| Ruiz-Esquide (17) | Revisión sistemática | Destaca la educación y la prevención primaria desde edades tempranas. | Adaptar la educación preventiva a la edad y contexto de exposición. |
| Beames et al. (2024) (18) | Revisión de alcance (scoping review) | Describe funciones de prevención, educación, asesoramiento y apoyo a la detección temprana en atención primaria. | Educar, orientar sobre fotoprotección y favorecer la consulta ante lesiones sospechosas. |

## Detección temprana: reconocimiento de cambios cutáneos y orientación clínica

El segundo eje incluye las intervenciones de enfermería con las que se relacionan la identificación de lesiones sospechosas y la orientación de las órbitas oportuna. Los documentos analizados recogen que la enfermería puede tener un papel destacado en la detección precoz mediante la educación sobre el reconocimiento de cambios persistentes de la piel. Kopec (19) describe la identificación de lesiones sospechosas y la evaluación diagnóstica posterior, lo que se relaciona directamente con la orientación para la valoración profesional. En la misma línea, Gil Coca y Rincón (11) mencionan la educación, la prevención y el reconocimiento de lesiones sospechosas como componentes de la detección temprana.

La literatura también pone de manifiesto la importancia de identificar presentaciones clínicas variadas. Ferguson (20) enfatiza que la detección temprana demanda un enfoque inclusivo en lo referente a las alteraciones cutáneas y una rápida consulta, algo que cobra un especial interés en poblaciones donde la heterogeneidad clínica es la norma. Finalmente, Drury y Sulosaari (9) describen el papel amplio de la enfermería en la educación y atención de personas en riesgo de cáncer, aunque su resumen no especifica acciones exclusivas para el cáncer de piel.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

La Tabla 2 sintetiza las intervenciones de enfermería relacionadas directamente con la prevención primaria y la detección temprana del cáncer de piel, destacando las funciones específicas que puede asumir el personal de enfermería en cada ámbito.

***Tabla 2. Intervenciones de enfermería para la prevención y detección temprana.***

| Fuente (Autor/año) | Tipo de documento | Hallazgo principal | Implicación para la enfermería |
|---|---|---|---|
| Kopec (2022) (19) | Artículo de difusión | Identificación de lesiones sospechosas y evaluación diagnóstica posterior. | Orientar sobre el reconocimiento de signos de alarma y la consulta oportuna. |
| Gil Coca y Rincón (2016) (11) | Artículo de revisión | Educación, prevención y reconocimiento de lesiones sospechosas como componentes de la detección temprana. | Integrar la educación sobre autoobservación y signos de alarma en la práctica enfermera. |
| Munjal y Ferguson (2023) (14) | Artículo de revisión | Destaca la importancia de reconocer presentaciones clínicas diversas del cáncer de piel. | Promover una orientación inclusiva sobre cambios cutáneos y consulta oportuna en poblaciones heterogéneas. |
| Drury et al. (2023) (9) | Artículo de revisión | Describe el papel de la enfermería oncológica en la educación y atención de personas en riesgo. | Aporta contexto profesional; se requiere formación específica para el cáncer de piel. |

En conjunto, los hallazgos sitúan la educación para reducir la exposición ultravioleta y la promoción de medidas de fotoprotección dentro de la prevención primaria. En lo relativo a la detención precoz hay que destacar la indicación que surge para la detención de cambios anómalos persistentes, como puede ser lesiones que no cicatrizan o lunares que cambian, y la búsqueda de la evaluación profesional, la cual solo se relacionan con la orientación a la consulta oportuna y la derivación en línea con el desarrollo de los protocolos institucionales de referencia, y no deberían estar consideradas como un sustituto del examen clínico ni del diagnóstico.

Es importante recordar que la literatura que aglutinamos hace referencia a la capacidad de identificar un cáncer de piel, junto con factores individuales y del entorno, que incluye la exposición ultravioleta. Los documentos referidos a la educación para la fotoproteccción, en hábitos preventivos y en la capacidad de reconocer lesiones sospechosas. Pero como señalamos previamente, la falta de datos evaluativos sobre las intervenciones hace que no podamos afirmar que los tipos de intervención hayan mostrado algún tipo de cambio en la incidencia, en la mortalidad o en la calidad de vida. La interpretación realizada sobre las características poblacionales debería ser respaldado por los documentos primarios narrativos que en su día resumimos, constituye una limitación atendida en la discusión.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

# DISCUSIÓN

En el desarrollo de esta revisión, se limitó el enfoque exclusivo a las intervenciones de enfermería para la prevención primaria y la detección precoz del cáncer de piel.

Los resultados obtenidos permiten afirmarlo, basados en los hallazgos, ya que las funciones de la enfermería en este marco se articulan en tres pilares fundamentales: educación para la fotoprotección, promoción de hábitos preventivos y orientación para el reconocimiento de lesiones sospechosas y la oportuna consulta; resultados que son conformes con la literatura revisada, que reconoce la enfermería como un agente clave dentro de la prevención y la detección precoz de este tipo de tumores, sin que ello signifique ni tan siquiera asumir funciones que son del profesorado.

En relación con la prevención primaria, los documentos analizados coinciden en señalar que la educación sanitaria es la herramienta fundamental de la enfermería. Alonso-Belmonte y Montero (12) destacan que los programas educativos mejoran la fotoprotección y las conductas de protección solar, lo que respalda la necesidad de diseñar e implementar intervenciones educativas adaptadas a la comunidad. De manera complementaria, Ahmed y Qadir (10) relacionan la exposición ultravioleta con el riesgo de melanoma, lo que refuerza la importancia de educar sobre la reducción de la exposición y el uso de medidas de protección solar. Estos hallazgos son especialmente relevantes en grupos de mayor riesgo, como los receptores de trasplante renal descritos por Erkin y Aygün (15) o las personas con exposición solar ocupacional mencionadas por Vilchez y Cambil (16), en quienes la educación preventiva debe adaptarse a sus condiciones específicas.

Desde la perspectiva disciplinar, Ruiz-Esquide y García (17) subrayan la importancia de la educación y la prevención primaria desde edades tempranas, mientras que Beames y Adelson (18) describen funciones de prevención, educación y asesoramiento en atención primaria. Estos planteamientos coinciden con los hallazgos de esta revisión y sugieren que la enfermería puede desempeñar un papel relevante en la promoción de la salud y en la prevención del cáncer de piel, siempre que se garantice la formación adecuada y se delimiten las competencias profesionales.

En el ámbito de la detección temprana, los documentos analizados destacan que la enfermería puede contribuir mediante la educación sobre el reconocimiento de cambios cutáneos persistentes. Kopec (19) y Coca y Rincón (11) coinciden en señalar la importancia de identificar lesiones sospechosas y orientar hacia la valoración profesional. (21) resalta la necesidad de reconocer presentaciones clínicas diversas, lo que es especialmente relevante en poblaciones con características heterogéneas. Estos hallazgos sugieren que la detección temprana no se limita a la observación clínica, sino que incluye la educación del paciente para que reconozca signos de alarma y consulte oportunamente.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

Es importante señalar que la participación concreta de la enfermería en el cribado y en la detección temprana depende de la formación, las competencias autorizadas y los protocolos de cada servicio. La valoración diagnóstica debe realizarse por profesionales capacitados y de acuerdo con el ámbito de práctica y los protocolos vigentes (1), (12). Por ello, la intervención de enfermería debe favorecer la consulta oportuna, sin sustituir la evaluación diagnóstica (9). Este planteamiento es coherente con la delimitación del alcance de esta revisión, que excluyó los cuidados quirúrgicos, la quimioterapia, la radioterapia y los cuidados paliativos, por corresponder al tratamiento y seguimiento de personas diagnosticadas.

Los resultados avalan la promoción de la fotoprotección y la consulta ante lesiones sospechosas. No obstante, el estadio de evidencia resumido no ofrece la posibilidad de comparar la efectividad de las intervenciones ni proveer conclusiones de terapéuticas, inteligencia artificial o temas ajenos a la revisión, que quedan excluidos. La evidencia resumida no proporciona la posibilidad de medir el efecto de éstas ni de atribuir un aumento o una disminución en incidencia, mortalidad o calidad de vida. Esta limitación es inherente a la propia naturaleza narrativa de la síntesis en sí, y a la heterogeneidad de las fuentes incluidas.

## CONCLUSIONES

Las intervenciones de enfermería que se presentan en esta revisión tienen como foco la prevención primaria y la detección precoz del cáncer cutáneo. Se refieren a educación sobre la exposición a la radiación ultravioleta y la fotoprotección, la promoción del autocuidado y la enseñanza acerca de la solicitud de valoración si se observan cambios cutáneos sospechosos. El manejo de síntomas, el tratamiento y los cuidados paliativos no son parte del objetivo.

En la educación pueden incluirse la identificación de cambios en los lunares, las lesiones persistentes o las heridas sin cicatrización, así como la indicación de solicitar una valoración clínica. También debe incluir la reducción de la exposición a la radiación ultravioleta y los antecedentes de riesgo personal o familiar. La autoobservación no es diagnóstica.

Las intervenciones relacionadas con cirugía, quimioterapia, radioterapia, inmunoterapia y cuidados posquirúrgicos corresponden al tratamiento de pacientes diagnosticados. Se excluyen de las conclusiones porque no responden al objetivo de prevención y detección temprana.

Para finalizar, la enfermería puede aportar a la prevención y detección precoz mediante la educación sobre fotoprotección, la promoción de hábitos preventivos y la orientación que conduzca a las consultas oportunas. La aplicación de estas acciones ha de ser un acto basado en la evidencia y ajustado a las competencias profesionales y protocolos locales. Se necesitan estudios de intervención que evalúen el efecto de estas acciones sobre conocimientos, conductas preventivas y detección precoz; así como revisiones sistemáticas con criterios de metodología estrictos que permitan estimar su repercusión.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 79-90
DOI:
https://doi.org/10.56519/j1q0ra66

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Poveda-Montoyo I, Álvarez-Chinchilla P, Schneller-Pavelescu L, Hispán-Ocete P, Bañuls-Roca J. Series of Fourteen Cases of Topical Imiquimod 5% in Lentigo Maligna: Treatment Modalities and Clues for Detecting Recurrences. Actas Dermosifiliogr. abril de 2022;113(4):407-12. doi:10.1016/j.ad.2021.07.018 PubMed PMID: 35431054.
2. Sanmartín O, Llombart B, Carretero Hernández G, Flórez Menéndez Á, Botella-Estrada R, Herrera Ceballos E, et al. Sonidegib in the Treatment of Locally Advanced Basal Cell Carcinoma. Actas Dermosifiliogr. abril de 2021;112(4):295-301. doi:10.1016/j.ad.2020.11.002 PubMed PMID: 33197438.
3. Hasan N, Nadaf A, Imran M, Jiba U, Sheikh A, Almalki WH, et al. Skin cancer: understanding the journey of transformation from conventional to advanced treatment approaches. Mol Cancer. 6 de octubre de 2023;22(1):168. doi:10.1186/s12943-023-01854-3 PubMed PMID: 37803407; PubMed Central PMCID: PMC10559482.
4. Mainville L, Smilga AS, Fortin PR. Effect of Nicotinamide in Skin Cancer and Actinic Keratoses Chemoprophylaxis, and Adverse Effects Related to Nicotinamide: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Cutan Med Surg. 2022;26(3):297-308. doi:10.1177/12034754221078201 PubMed PMID: 35134311; PubMed Central PMCID: PMC9125143.
5. Leitenberger JJ, Rogers H, Chapman JC, Maher IA, Fox MC, Harmon CB, et al. Defining recurrence of nonmelanoma skin cancer after Mohs micrographic surgery: Report of the American College of Mohs Surgery Registry and Outcomes Committee. J Am Acad Dermatol. noviembre de 2016;75(5):1022-31. doi:10.1016/j.jaad.2016.06.047 PubMed PMID: 27546292.
6. Thet Z, Lam AK, Ranganathan D, Aung SY, Han T, Khoo TK. Reducing non-melanoma skin cancer risk in renal transplant recipients. Nephrology. noviembre de 2021;26(11):907-19. doi:10.1111/nep.13939 PubMed PMID: 34240786.
7. Rodriguez YP, Russinyol JJP, Rodríguez JJP, Morillo AMC, Domínguez CD. Dermatoscopia para establecer márgenes quirúrgicos mínimos en la resección de carcinomas basocelulares. Rev Médica Electrónica. 15 de febrero de 2018;40(1):110-9.
8. Dorrell DN, Strowd LC. Skin Cancer Detection Technology. Dermatol Clin. octubre de 2019;37(4):527-36. doi:10.1016/j.det.2019.05.010 PubMed PMID: 31466592.
9. Drury A, Sulosaari V, Sharp L, Ullgren H, de Munter J, Oldenmenger W. The future of cancer nursing in Europe: Addressing professional issues in education, research, policy and practice. Eur J Oncol Nurs Off J Eur Oncol Nurs Soc. abril de 2023;63:102271. doi:10.1016/j.ejon.2023.102271 PubMed PMID: 36827835.
10. Ahmed B, Qadir MI, Ghafoor S. Malignant Melanoma: Skin Cancer-Diagnosis, Prevention, and Treatment. Crit Rev Eukaryot Gene Expr. 2020;30(4):291-7. doi:10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2020028454 PubMed PMID: 32894659.
11. Gil Coca NA, Hernandez Rincón EH, Contreras Ruíz J. El impacto de la Prevención Primaria y Secundaria en la disminución del Cáncer de Piel. Rev CES Salud Pública. 2016;7(2):4.

12. Alonso Belmonte C, Montero Vílchez T, Arias Santiago SA, Buendía Eisman A. Current State of Skin Cancer Prevention: A Systematic Review [Internet]. 8 de julio de 2022. doi:10.1016/j.ad.2022.04.018
13. Buzzá HH, Moriyama LT, Vollet-Filho JD, Inada NM, da Silva AP, Stringasci MD, et al. Overall Results for a National Program of Photodynamic Therapy for Basal Cell Carcinoma: A Multicenter Clinical Study to Bring New Techniques to Social Health Care. Cancer Control J Moffitt Cancer Cent. 2019;26(1):1073274819856885. doi:10.1177/1073274819856885 PubMed PMID: 31242758; PubMed Central PMCID: PMC6598334.
14. Munjal A, Ferguson N. Skin Cancer in Skin of Color. Dermatol Clin. julio de 2023;41(3):481-9. doi:10.1016/j.det.2023.02.013 PubMed PMID: 37236716.
15. Erkin Ö, Aygün Ö. Effects of an Education Intervention on Nursing Students' Knowledge and Attitudes Regarding Skin Self-Examination and Skin Cancer Risks. J Nurs Res JNR. febrero de 2020;28(1):e62. doi:10.1097/jnr.0000000000000326 PubMed PMID: 31935204.
16. Ana Belén Vílchez Rodríguez, Jacobo Cambil Martín. Plan de cuidados: prevención del cáncer de piel entre trabajadores de exterior: técnicos de emergencias [Tesis] [Internet]. Granada; 2024. Disponible en: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/95073/TFG%20Ana%20B.%20Vilchez%20Rodriguez%20definitivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
17. García ARE. PAPEL DE LA ENFERMERÍA EN LA PREVENCIÓN DEL CÁNCER DE PIEL: REVISIÓN SISTEMÁTICA.
18. Beames C, Adelson P, Sharplin G, Eckert M. Primary care nurse's role and educational preparedness in skin cancer screening and early detection: A scoping review. J Adv Nurs. junio de 2024;80(6):2228-51. doi:10.1111/jan.15993 PubMed PMID: 38037496.
19. Kopec V. Tecnologías emergentes para los cánceres de piel de alto riesgo: herramientas para la toma de decisiones informadas. The Skin Cancer Foundation [Internet]. 1 de septiembre de 2022 [citado 11 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://www.skincancer.org/es/blog/emerging-technologies-for-high-risk-skin-cancers-tools-for-informed-decision-making/
20. Finding skin cancer in darker skin tones [Internet]. [citado 11 de noviembre de 2026]. Disponible en: https://www.aad.org/public/diseases/skin-cancer/darker-skin-tones
21. Torres I, Sippy R, Bardosh KL, Bhargava R, Lotto-Batista M, Bideaux AE, et al. Chronic kidney disease in Ecuador: An epidemiological and health system analysis of an emerging public health crisis. PLOS ONE. 16 de marzo de 2022;17(3):e0265395. doi:10.1371/journal.pone.0265395

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

# INFLUENCIA DE LA FATIGA NEUROMUSCULAR EN LA VALIDEZ DE LAS PRUEBAS FUNCIONALES DE RETORNO AL DEPORTE TRAS LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: REVISIÓN DE ALCANCE

# INFLUENCE OF NEUROMUSCULAR FATIGUE ON THE VALIDITY OF FUNCTIONAL RETURN-TO-SPORT TESTS AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY: A SCOPING REVIEW

Lupe Enriqueta Marin Parra[1], Fabián Roberto Guanuchi Suqui[2], Zully Miranda Sánchez Becker[3], Saul Adrian Valdez García[4]

{lupe.marin@unach.edu.ec[1], andesgram@hotmail.com[2], zullymiranda0514@gmail.com[3], adrian97.2228@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 05/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: En el proceso de retorno al deporte tras una lesión de LCA se utiliza una batería de prueba funcional (casi siempre en condición de descanso), las cuales deben ser realizadas en condición de fatiga en el deporte. No sabemos si en condiciones de fatiga neuromuscular cambian su validez. Nuestro objetivo fue mapear la evidencia disponible (publicaciones entre 2021 - 2026) sobre la fatiga neuromuscular y su relación con test funcionales de retorno al deporte, biomecánica y riesgo de lesión de LCA. Se realizó una revisión de alcance siguiendo las recomendaciones de PRISMA-ScR. Búsqueda estructurada en fuentes abiertas. Sin registro de protocolo. Síntesis narrativa. Se incluyeron 21 publicaciones (se ha realizado verificación individual de los datos bibliográficos). Solo 5 trabajos han estudiado la fatiga en población con reconstrucción de LCA (tamaño muestral 16 - 65 sujetos). Los protocolos de inducción de fatiga son muy diversos. Los resultados no son concluyentes. En una prueba de saltos se mostró que la fatiga afectaba más al miembro no operado. Tras retorno al deporte también seguía alterando la activación muscular y momento de abducción de la rodilla. Otros encontraron pocos cambios de tipo cinematográfico. En las revisiones sobre retorno al deporte se destaca la gran diversidad de baterías. También hay una infrarrepresentación de prueba de resistencia y cognitiva. Los test de salto tienen un cierto grado de asociación con relesión. Ninguno de los estudios recuperados analizó si es mejor realizarlo en fatiga (mejor predicción de retorno o**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-3942-7955; 0604262139
[2]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-8194-1667
[3]Investigador independiente, México, https://orcid.org/0009-0003-4497-0703
[4]Centro de Rehabilitación Física y Ortopedia Solidaridad, Secretaría de Salud, México, https://orcid.org/0009-0007-1039-9288

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

**relesión). Por tanto, la influencia de la fatiga en la validez de los test es una brecha de investigación. Es necesario realizarestudios con protocolos estandarizados y seguimiento de relesiones.**

***Palabras clave: fatiga neuromuscular; ligamento cruzado anterior; retorno al deporte; pruebas funcionales; validez; revisión de alcance***

**ABSTRACT: During the return-to-sport process following an ACL injury, a battery of functional tests—typically administered in a rested state—is commonly used; however, these should ideally be performed under the fatigued conditions experienced during sports participation. It remains unclear whether the validity of these tests changes under conditions of neuromuscular fatigue. Our objective was to map the available evidence (publications from 2021–2026) regarding neuromuscular fatigue and its relationship to functional return-to-sport tests, biomechanics, and the risk of ACL re-injury. A scoping review was conducted following PRISMA-ScR guidelines, utilizing a structured search of open-access sources. No protocol was registered. A narrative synthesis was performed. Twenty-one publications were included (with individual verification of bibliographic data). Only five studies examined fatigue in individuals who had undergone ACL reconstruction (sample sizes ranging from 16 to 65 subjects). The protocols used to induce fatigue are highly diverse, and the results remain inconclusive. In one jumping test, it was observed that fatigue had a greater impact on the non-operated limb. Following a return to sport, fatigue continued to alter muscle activation patterns and knee abduction moments. Other studies found minimal kinematic changes. Reviews on returning to sport highlight the significant heterogeneity in the test batteries employed; furthermore, there is an underrepresentation of endurance and cognitive-based tests. Jumping tests show some degree of association with the risk of re-injury. None of the identified studies analyzed whether performing these tests under fatigued conditions offers better predictive value for a successful return to sport or the risk of re-injury. Consequently, the influence of fatigue on the validity of these tests represents a research gap. Future studies should employ standardized protocols and include the monitoring of re-injury rates.**

***Keywords:neuromuscular fatigue; anterior cruciate ligament; return to sport; functional tests; validity; scoping review***

## INTRODUCCIÓN

El problema de la LCAR es determinar cuándo puede retomar el deportista su actividad. Se suelen emplear baterías de pruebas que incluyen saltos, fuerza muscular (cuádriceps) y autoevaluación. En una revisión sistemática de 63 estudios se vio que las pruebas más utilizadas en las baterías eran saltos, fuerza cuádriceps y cuestionarios. Además, ninguna de las baterías cumplía con los siete

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

criterios de uso apropiados de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos (1). Por ello es importante destacar que no hay homogeneidad en la composición de las baterías.

Los saltos suelen analizarse desde el índice de simetría interlímbica (LSI). El valor de corte suele ser del 90%. En un metaanálisis reciente (43 estudios) se muestra que haber obtenido un LSI ≥ 90% en saltos unilaterales (distancia) o triple salto cruzado estaba asociado a mayor probabilidad de retorno al deporte. Sin embargo, el rendimiento en saltos sólo estaba moderadamente relacionado con la relesión. Los autores concluyen que el rendimiento en saltos por distancia por sí mismo podría no predecir adecuadamente el riesgo de relesión (2). Por otro lado, en otra revisión (17 estudios) se observa que hay una subrepresentación de pruebas de velocidad y fuerza y resistencia cardiovascular. Solo un 17. 6% de los estudios reportaron tasas de retorno o relesión sin relación significativa con los resultados de rendimiento (3).

Por otro lado, y dado que en competición deben ejecutarse movimientos repetidos bajo fatiga, hay que plantearse si son adecuados los tests que se hacen en condiciones de descanso para determinar la capacidad funcional real del deportista. En sujetos sanos la fatiga neuromuscular (disminución temporal de la capacidad de producir fuerza o mantener el rendimiento) induce cambios en la biomecánica de aterrizaje. Tras un esfuerzo que lleva al agotamiento se han encontrado cambios cinematográficos en el salto unipodal que pueden interpretarse como factores de riesgo de lesión del LCA (4). Existe evidencia sólida de cambios concretos sólo con el protocolo de fatiga en flexores y extensores de rodilla. Los resultados en la mayoría de las otras variables son contradictorios (5). Por otro lado, se ha descrito diferencia de sexo en la respuesta biomecánica a la fatiga (review + meta-análisis) (6).

En pacientes con LCAR la situación es menos clara. Existe una revisión sistemática que analiza 8 estudios sobre el efecto de la fatiga en la biomecánica de aterrizaje en reconstrucciones. Los resultados no son concluyentes (7). Por otro lado, está presente el déficit neuromuscular. En ambos miembros persisten cambios en la actividad de unidades motoras 12 meses después de la LCAR (8). Además, existe una revisión de 32 estudios EMG en los que en el 75% se encuentran patrones alterados (incluso tras el retorno al deporte) (9). También se ha señalado que los protocolos de retorno están centrados en la simetría de fuerza y rendimiento funcional y suelen ignorar los déficits neuromusculares (10). Las pruebas funcionales habituales no incorporan carga cognitiva (11).

Por ello, aún es incierto cómo afecta la fatiga neuromuscular a la validez de las pruebas funcionales de retorno al deporte. Además, se desconoce qué protocolos y variables se han utilizado para evaluarla. En este sentido, son adecuados los estudios de alcance para mapear la evidencia heterogénea y detectar sus lagunas (12).

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

El objetivo general de esta revisión fue mapear la evidencia disponible en la literatura científica (2021 - 2026) sobre la influencia de la fatiga neuromuscular en las pruebas funcionales de retorno al deporte tras lesión del LCA. Los objetivos específicos fueron: (1) Identificar los estudios que analizan la fatiga en población con lesión o reconstrucción del LCA o bien relacionada con el riesgo de lesión. (2) Describir los protocolos de fatiga y las variables utilizadas. (3) Sintetizar los efectos de la fatiga sobre el rendimiento, biomecánica y función neuromuscular. (4) Identificar las lagunas en cuanto a validez de las pruebas de retorno al deporte. Pregunta de investigación: ¿Qué se sabe sobre la influencia de la fatiga neuromuscular en la validez de las pruebas funcionales de retorno al deporte tras lesión LCA?

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Diseño.* Se llevó a cabo una revisión de alcance con base en la extensión PRISMA para revisión de alcance (PRISMA-ScR) 12. Se trata de un mapeo exploratorio y no de una revisión sistemática. Por ello, no se ha registrado un protocolo previo. Tampoco se cuenta con el número total de registros cribados. No se muestra ningún diagrama de flujo. La pregunta se ha formulado siguiendo el esquema PCC. Los elementos son los siguientes: población (personas con lesión o reconstrucción del LCA o en estudio de su riesgo de lesión, concepto (fatiga neuromuscular y pruebas funcionales de retorno al deporte (rendimiento, biomecánica, función neuromuscular y criterios de decisión)) y contexto (entornos clínicos, deportivos y de laboratorio).

*Criterios de elegibilidad.* Se incluyen publicaciones revisadas por pares (en español, inglés o portugués) entre los años 2021 y 2026. Sin importar su diseño, deben tratar de (a) los efectos de la fatiga en sujetos con LCAR o en el riesgo de lesión del LCA; (b) los test y criterios de vuelta al deporte tras la lesión o reconstrucción; o bien (c) la función neuromuscular tras reconstrucción. Se excluyen tesis, resúmenes de congreso, preprints y literatura gris. También aquellos estudios que no tienen un registro bibliográfico verificable. Se permite una referencia metodológica previa a 2021 (PRISMA-ScR).

*Fuentes y estrategias de búsqueda.* La búsqueda se hizo el día 18 de noviembre de 2026 a través de un motor de búsqueda web. Posteriormente se rastrearon los registros en las bases de datos PubMed/PMC, DOAJ y sitios web de las editoriales (Frontiers, MDPI, Springer, SAGE, Thieme, JSSM, IJSPT, etc.). No se accedió a bases de datos de acceso limitado (Scopus, Web of Science, CINAHL, Embase). Los términos de búsqueda fueron: ligamento cruzado anterior + reconstrucción del LCA + regreso al deporte + fatiga + neuromuscular + test de salto + índice de simetría de extremidades + biomecánica de aterrizaje + electromiografía. Y sus traducciones en español (ligamento cruzado anterior, fatiga neuromuscular, retorno al deporte, pruebas funcionales ... ) . Se utilizaron los operadores de búsqueda booleanos AND/OR. Los descriptores finales (MeSH/DeCS) deben ser confirmados en una búsqueda replicable posterior.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

*Selección y extracción.* Se hizo por un solo revisor con ayuda de una herramienta de inteligencia artificial generativa. No se hizo duplicado. En cada publicación se ha comprobado uno a uno los autores, el título, la revista, el año y el DOI en el propio registro bibliográfico o en la propia página de la editorial. Si no se han podido verificar se han excluido. Se han extraído los siguientes elementos: diseño, población y muestra, protocolo de fatiga o prueba evaluada, variables medidas y resultados principales (en los resúmenes y textos disponibles). Los números se han trasladado textualmente de sus fuentes. Se indica el intervalo de confianza en caso de haber sido reportado. No se han vuelto a calcular estimaciones. Tampoco se han mezclado datos de diferentes estudios.

*Síntesis.* En este tipo de revisión de alcance no se ha realizado una evaluación de riesgo de sesgo de los estudios incluidos. Tampoco se ha estimado la certeza de la evidencia. Los resultados se han organizado en 4 líneas temáticas (fatiga en pacientes con LCAR, fatiga y riesgo de lesión del LCA, pruebas de regreso al deporte y función neuromuscular). Se presenta de manera narrativa y en tablas. Dado que son datos publicados no se ha necesitado de la aprobación de ningún comité de ética.

## RESULTADOS

*Mapa general de la evidencia.* En total se han incluido 21 publicaciones entre los años 2021 y 2026 además de la referencia metodológica PRISMA-ScR. De estos, 8 tratamientos sobre fatiga. De ellos 4 estudios primarios están centrados en LCAR (13-16). También hay una revisión sistemática centrada en LCAR (7). Además, hay 3 artículos relacionados con fatiga y riesgo de lesión del LCA que no están centrados en población operada (4-6). El resto de 13 estudios están centrados en pruebas y criterios de retorno al deporte (7) (1-3,11,17-19), en función neuromuscular tras LCAR (4) (8-10,20) y uno sobre factores psicológicos (21). También hay un artículo sobre actividad electromiográfica del tríceps sural (22). En las Tablas 1 y 2 se recogen estos artículos.

***Tabla 1. Estudios sobre fatiga neuromuscular y lesión del LCA (n = 8)***

| Referencia y diseño | Población y muestra | Protocolo de fatiga / tarea | Hallazgo principal |
|---|---|---|---|
| (13) Transversal | 21 personas con LCAR (≥ 6 meses), en rehabilitación | Ejercicios hasta el agotamiento; fatiga = < 70 % de la altura máxima de CMJ en 2 intentos; 7 pruebas de salto | Con fatiga, el miembro no operado empeoró en 3 pruebas; las diferencias entre miembros persistieron solo en 4 pruebas |
| (14) Longitudinal (retorno, 3 y 6 meses) | 16 atletas con LCAR | 5 tareas de salto unilateral antes y | A los 6 meses, la fatiga aún reducía la activación muscular y |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | después de un protocolo de fatiga | aumentaba el momento de abducción de la rodilla |
| (15) Comparativo, antes/después de fatiga | 20 futbolistas profesionales (LCAR y sanos) | Fatiga pliométrica; aterrizaje en salto, cinemática | Pocas diferencias entre grupos; cambios en el ángulo de cadera al primer contacto |
| (16) Observacional transversal | 65 futbolistas (24 LCAR, 21 lesión muscular leve, 20 controles) | Dinamometría isocinética y sEMG de isquiotibiales | Menor torque del miembro operado; mayor fatiga del bíceps femoral que del semimembranoso/semitendinoso |
| (7) Revisión sistemática | 8 estudios en personas con LCAR | Fatiga y biomecánica del aterrizaje | Menor flexión de rodilla (2 estudios) y mayor momento de flexión de cadera (2); resultados inconclusos |
| (5) Revisión sistemática (PRISMA) | 12 estudios; 217 participantes | 9 protocolos de fatiga periférica | Evidencia sólida solo para fatiga de flexores y extensores de rodilla; resto contradictorio |
| (6) Revisión sistemática y metaanálisis | 17 estudios (síntesis cualitativa); 14 (metaanálisis) | Fatiga y biomecánica del aterrizaje, por sexo | Cambios en la flexión de rodilla al contacto inicial en varones, no en mujeres |
| (4) Antes/después, intrasujeto | 24 varones sanos | Ciclismo hasta el agotamiento (110 % de potencia en el umbral anaeróbico); salto de caída unipodal | Mayor extensión de cadera y rodilla y mayor abducción de rodilla tras la fatiga; menor altura de salto solo en el miembro no dominante |

*Fatiga en personas con reconstrucción del LCA.* Solo existen cuatro estudios primarios que han analizado la fatiga en personas con LCAR. Los tamaños de muestra oscilan entre 16 y 65 participantes. En un estudio transversal con 21 personas con un mínimo de 6 meses de LCAR se definieron los criterios de fatiga como incapacidad de realizar un salto con contramovimiento que alcance el 70% de su altura máxima en dos intentos consecutivos. Se analizó la peor presencia de fatiga en el miembro operado en reposo (mostrándose rendimiento en todas las pruebas de salto vs. el miembro control, con diferencias entre -5% y -9%). La fatiga solo persistió en 4 pruebas (salto cruzado, rotación medial, rotación lateral y vertical). Por otro lado, se observará un empeoramiento significativo en el miembro NO operado en 3 pruebas (triple salto, salto cruzado y salto de rotación lateral). No se pudo comprobar la hipótesis de que se vería más afectado el miembro operado (13).

En un estudio longitudinal se incluyeron 16 atletas que fueron evaluados en el momento de retorno al deporte y con 3 y 6 meses de seguimiento. Se realizaron 5 tareas de salto unilateral pre/post fatiga. La mayoría de las alteraciones en el aterrizaje provocadas por la fatiga se normalizaron con el tiempo. Aunque a los 6 meses aún persistían algunos efectos de la fatiga (disminución de la activación de los isquiotibiales mediales y aumento del momento de abducción de la rodilla en un salto vertical con rotación interna de 90 grados). El miembro lesionado también sigue teniendo un mayor momento de abducción (14). Otro estudio en futbolistas profesionales

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

con LCAR (con controles sanos) analizó la cinemática del aterrizaje antes y después de un protocolo de fatiga pliométrica. Los cambios en la cinemática fueron mínimos. Los grupos solo se diferenciaban pre-fatiga en 2 variables de cadera. Post-fatiga sólo se observaron diferencias en los ángulos de cadera en el primer contacto bilateralmente. No parece que la fatiga haya contribuido a los numerosos cambios (15). En un grupo de 65 futbolistas profesionales (24 con LCAR) se analizó isocinéticamente y electromiográficamente. Se observó un menor torque máximo de cuádriceps e isquiotibiales en el miembro operado. También se encontró que en ambos miembros había una mayor fatiga (significativamente) en el bíceps femoral que en el semimembranoso y semitendinoso. Además, hay que destacar que en aquellos jugadores que cumplían criterios de retorno (2-3 años después) pueden persistir déficits que no son detectados en las evaluaciones habituales (16). Por último, en una revisión sistemática se analizaron 8 estudios sobre fatiga y biomecánica del aterrizaje post-LCAR. En 2 de ellos se observó unamenor flexión de rodilla. En otros 2, un mayor momento de flexión de cadera. Los resultados son inconclusos (7).

*Fatiga y riesgo de lesión del LCA.* En un estudio realizado en 24 varones sanos se realizó un protocolo de ciclismo fatigante hasta el agotamiento. Se observará el aumento de la extensión de cadera y rodilla al aterrizar y el aumento de abducción de rodilla en el salto unipodal de caída. En el primer aterrizaje se observará una disminución de la fuerza vertical de reacción. Los momentos articulares se modificaron ligeramente. La altura del salto disminuyó sólo en el miembro no dominante (4). En una revisión sistemática (12 estudios) (217 participantes) se analizaron nueve protocolos de fatiga periférica. Solo el protocolo de flexores y extensores de rodilla presentó evidencia fuerte (aumento de rotación interna de rodilla en el pico de fuerza vertical y disminución de fuerza vertical máxima). El resto de las variables presentaban resultados contradictorios (5). En otro trabajo de revisión con metaanálisis se encontraron efectos sobre la flexión de rodilla en el contacto inicial en varones, pero no en mujeres. En ninguno de los sexos se encontró cambio significativo en la fuerza vertical máxima de reacción (6).

***Tabla 2. Estudios sobre pruebas de retorno al deporte y función neuromuscular (n = 13)***

| Referencia y diseño | Muestra | Foco | Hallazgo principal |
|---|---|---|---|
| (1) Revisión sistemática | 63 estudios | Baterías de retorno | Ninguna cumplió los 7 criterios AAOS; habilidades funcionales en 98,4 % |
| (3) Revisión de alcance | 17 estudios | Evaluaciones de rendimiento | Agilidad ≈ 75 %; velocidad, fuerza y resistencia infrarrepresentadas |
| (2) Revisión sistemática y metaanálisis | 43 estudios; 17 350 participantes | LSI de saltos, retorno y relesión | LSI ≥ 90 %: OR 1,20 (salto unilateral) y 1,18 (triple cruzado) para retorno; asociación limitada con relesión |
| (11) Mini revisión | — | Tareas cognitivas en pruebas de retorno | Propone coste de doble tarea; sin estudios en LCAR |

| | | | |
|---|---|---|---|
| (17) Transversal | 21 deportistas universitarios | ACL-RSI y LSI de saltos | rs 0,58–0,70; el salto cruzado explicó el 66 % de la varianza |
| (18) Revisión sistemática | 17 estudios; 3 657 futbolistas | Retorno al juego y rendimiento | ≈ 72 % volvió a jugar; ≈ 53 % a su nivel previo; 264 días de media |
| (19) Revisión sistemática y metaanálisis | 83 estudios | ACL-RSI en el tiempo | Mayor a los 3–6 meses de la LCAR que antes de la cirugía; 78 % con alto riesgo de sesgo |
| (21) Revisión sistemática | 9 estudios; 1 404 participantes | Factores psicológicos | Preparación psicológica, el factor más evaluado |
| (8) Longitudinal | 54 participantes (14–25 años) | Unidades motoras, cuádriceps e isquiotibiales | Actividad alterada a los 12 meses de la LCAR en ambos miembros |
| (20) Transversal | 50 varones (17 + 16 LCAR, 17 controles) | Salto de caída: cinemática y EMG | Menor actividad del cuádriceps (miembro operado) e isquiotibiales (ambos) |
| (9) Revisión sistemática (EMG) | 32 estudios | EMG en carrera, aterrizaje y cambio de dirección | Patrones alterados en 24 de 32 (75 %) |
| (10) Revisión narrativa | — | Inhibición muscular artrogénica | Los protocolos de retorno suelen pasar por alto el déficit neuromuscular |
| (22) Casos y controles | 12 con LCAR y 9 controles | EMG del tríceps sural en saltos unipodales | Menor actividad del sóleo en ambas tareas |

*Pruebas de retorno al deporte.* Las revisiones sobre las baterías de retorno coinciden en que son muy diversas. Los componentes más frecuentes son los test de salto, la fuerza del cuádriceps y las pruebas de tipo autoinformado (en 63 estudios). Los aspectos más considerados han sido las habilidades funcionales (98,4% de estudios), seguido de confianza (22,2%) y rango de movimiento y estabilidad (20,6%) (1). El alcance de 17 estudios muestra que la agilidad ha sido evaluada en cerca del 75% de los casos de rendimiento. Por otro lado, están infrarrepresentadas las pruebas de velocidad, fuerza y resistencia cardiovascular (3). En un metaanálisis (43 estudios; 17 350 participantes) también se supervisa que los deportistas que habían obtenido un LSI ≥90% en determinadas pruebas tenían más probabilidades de regresar al deporte. Así, en el salto unilateral para distancia y en el triple salto cruzado el OR fue de 1,20 y 1,18 respectivamente. Por otra parte, en el triple salto para distancia había una ligera mayor probabilidad de relesión (OR = 1,05). La certeza es baja para el retorno (2). En un estudio de 21 deportistas universitarios se analizó la relación entre la preparación psicológica (ACL-RSI) y el LSI de diferentes saltos (con rs entre 0,58 y 0,70). Además, el salto cruzado explica el 66% de la variación de esta variable (17). Por otro lado, en una revisión de 83 estudios se observó que el ACL-RSI es mayor tras 3 - 6 meses de LCAR que prequirúrgicamente (alto riesgo de sesgo en el 78% de los estudios) (19). En futbolistas se realizaron nueve estudios en los que el factor más evaluado fue la preparación psicológica (21). Ninguna de las revisiones incorpora la fatiga como componente de las pruebas. En la revisión de alcance sobre tareas cognitivasse sugiere incorporar una carga cognitiva en las pruebas y

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

determinar el costo de doble tarea. Sin embargo, no hay estudios que evalúen esto en deportistas con LCAR (11). En fútbol, en una revisión de 17 estudios (3 657 jugadores) se estimó que cerca de un 72% volvieron a jugar. Del total, un 53% consiguió su nivel previo tras una media de 264 días (18).

*Función neuromuscular tras la reconstrucción.* La actividad de las unidades motoras en el cuádriceps e isquiotibiales estaba alterada en los pacientes respecto a los controles a los 12 meses de LCAR. Esto se supervisa en ambos miembros (n= 54, edad 14 - 25 años) (8). En salto de caída los pacientes operados presentaban menor actividad del cuádriceps en el miembro operado y menor actividad de los isquiotibiales en ambos miembros (10 a 14 meses postoperatorio) (20). Se ha realizado una revisión de 32 estudios electromiográficos en los que se encontraron patrones alterados en un 75%. En 12 de ellos se observará menor o retraso de la actividad del cuádriceps. En 9 de ellos se objetivó mayor actividad de los isquiotibiales (9). Por otro lado, hay que destacar que la inhibición muscular artrogénica puede persistir durante meses y años. Los protocolos de retorno tienden a ignorar este déficit neuromuscular (10) (estudio de casos y controles en los que se objetivó menor actividad del músculo sóleo en pacientes con LCAR en dos pruebas de salto unipodal) (22).

*Brechas identificadas.* Ninguna de las publicaciones recuperadas analizó la validez de utilizar las pruebas de retorno con el deportista fatigado o comparó la validez de realizar la batería con y sin fatiga. El protocolo de fatiga utilizado fue muy diferente en cada estudio (agotamiento, pliometría, ciclismo, dinamometría). También es importante destacar que las variables medidas son muy diferentes (cinética, cinemática, electromiografía y rendimiento) y que los tamaños de muestras de pacientes con LCAR son pequeños.

## DISCUSIÓN

Existe poca evidencia de cómo afecta la fatiga neuromuscular a la validez de las pruebas funcionales en el retorno al deporte tras una lesión del LCA. Solo hemos recuperado cuatro estudios primarios y una revisión sistemática en pacientes con LCAR. Los estudios tienen pequeños tamaños muestrales y diferentes protocolos de fatiga.

Existen algunos datos que indican que la fatiga puede modificar la interpretación de las pruebas. Sin embargo, hay diferentes aspectos a considerar. En el estudio de pruebas de salto se observará que la fatiga afectaba de forma mayor al miembro no operado. Esto llevaba a que en algunas pruebas aparecieran menores diferencias entre ambos miembros (13). Es decir, que la fatiga en el miembro contralateral puede condicionar el índice de simetría. Por ello, parece mejor realizar las pruebas en ambos miembros (como hacen estos autores) que sólo en el operado. Por otra parte, en el estudio longitudinal también se observó que la fatiga continuaba afectando a los parámetros de activación muscular y carga en abducción de rodilla 6 meses tras el retorno (14).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

Esto quiere decir que pueden existir déficits que quedan ocultos en pruebas sin fatiga. Este hecho es consistente con que en jugadores operados se encuentre que el bíceps femoral es más susceptible a la fatiga que el semimembranoso y semitendinoso (16). Aunque este último es un estudio de una medición única, es coherente con la idea anterior. Por otro lado, en otro estudio se observaron pocas variaciones cinemáticas tras la fatiga pliométrica (15). Esta revisión sistemática de LCAR describe estos resultados como inconcluyentes (7). Las diferencias entre ambos estudios pueden deberse a que los protocolos de fatiga no son iguales, se analizan parámetros distintos y varía el tiempo tras la cirugía y el tamaño muestral. Por ello, no es posible establecer un protocolo de referencia.

En cuanto al contenido de las baterías de retorno, las revisiones muestran que hay un subrepresentado de aquellos tests que evalúan resistencia y carga cognitiva (3,11). Además, los parámetros más utilizados (LSI de saltos y fuerza) muestran un grado limitado de asociación con la relesión (2). De este modo, parece interesante explorar cómo la fatiga puede actuar como variable complementaria (aunque no se ha probado). Por otro lado, el déficit neuromuscular residual tras el retorno (8-10) también muestra interés. De hecho, la fatiga podría evidenciar alteraciones en el control motor que no son apreciadas en el estado de descanso del deportista (inferencia).

Es importante tener en cuenta qué información aporta la evidencia de fatiga y riesgo de lesión del LCA y qué no. En pacientes sin LCAR se han encontrado cambios cinematográficos tras fatiga (4), así como diferencias de género (6). Sin embargo, en la revisión sistemática más extensa sólo se encontró evidencia sólida de un protocolo mientras que el resto mostraba resultados contradictorios (5). Por tanto, estos hallazgos no se pueden extrapolar a pacientes operados. Además, no son evidencia de que la fatiga produzca relesiones.

Desde un punto de vista práctico estos datos no pueden llevar a la recomendación de protocolos de fatiga dentro de la batería de retorno. Pero sí están justificando el estudio de 1) protocolos estandarizados y de deporte específico; 2) estudios de seguimiento de relesiones en los que se pueda comparar la validez predictiva de las pruebas con y sin fatiga; 3) el estudio de ambos miembros; y 4) la asociación de medidas psicológicas y cognitivas (11,17).

*Limitaciones.* No ha sido una revisión exhaustiva. El rastreo se ha realizado en fuentes abiertas (no se incluyen Scopus, Web of Science, CINAHL ni Embase). No hay registro de protocolo. La selección y extracción de información ha sido realizada por un mismo revisor (con ayuda de la inteligencia artificial) sin duplicado independiente. No se han cuantificado los registros que se han cribado (podría haber sesgo de selección y de publicación). No se ha evaluado la calidad metodológica de los estudios. En algunas fuentes hemos tenido que verificar a partir de resúmenes y fragmentos de texto. La ventana temporal (2021-2026) supone la exclusión de estudios previos que pueden ser relevantes.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

## CONCLUSIONES

La evidencia disponible sobre el papel de la fatiga neuromuscular en la validez de las pruebas funcionales de retorno al deporte tras una lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) sigue siendo limitada, con solo cuatro estudios primarios realizados en pacientes con reconstrucción. Las investigaciones presentan muestras reducidas, protocolos diversos y resultados inconcluyentes. Además, ningún estudio analizó la capacidad predictora de las pruebas realizadas bajo fatiga respecto al retorno deportivo o la aparición de nuevas lesiones, por lo que no es posible establecer relaciones causales.

Los hallazgos sugieren que la fatiga puede afectar el rendimiento del miembro sano y provocar alteraciones en la activación neuromuscular y la carga de la rodilla que persisten incluso después del retorno al deporte. Asimismo, las baterías habituales de evaluación funcional incluyen con poca frecuencia pruebas de resistencia o tareas que incorporen carga cognitiva. Por otra parte, el rendimiento en las pruebas de salto presenta una relación limitada con el riesgo de relesión, por lo que estos resultados requieren mayor confirmación.

En cuanto a las prioridades de investigación, es necesario desarrollar estudios con protocolos estandarizados que incorporen condiciones de fatiga específicas de las actividades deportivas, evalúen ambos miembros inferiores y realicen un seguimiento de las posibles relesiones. También se requiere comparar baterías de pruebas funcionales aplicadas con y sin fatiga para determinar su utilidad en la toma de decisiones sobre el retorno deportivo. Finalmente, debido a que esta revisión no fue exhaustiva, se recomienda confirmar sus conclusiones mediante una nueva revisión de alcance, con registro previo y búsqueda en bases de datos restringidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Roe C, Jacobs C, Hoch J, Johnson DL, Noehren B. Test batteries after primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. Sports Health. 2022;14(2):205-15. doi:10.1177/19417381211009473
2. Liu Y, Sun Y, Cao M, Wang D, Wang L, Fong DTP, et al. Hop test performance is associated with return-to-sport but shows limited association with reinjury after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. J Sports Sci Med. 2026;25(3):772-806. doi:10.52082/jssm.2026.772
3. Golberg E, Sommerfeldt M, Pinkoski A, Dennett L, Beaupre L. Anterior cruciate ligament reconstruction return-to-sport decision-making: a scoping review. Sports Health. 2024;16(1):115-23. doi:10.1177/19417381221147524
4. Nardon M, Ferri U, Caffi G, Bartesaghi M, Perin C, Zaza A, et al. Kinematics but not kinetics alterations to single-leg drop jump movements following a subject-tailored fatiguing

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

protocol suggest an increased risk of ACL injury. Front Sports Act Living. 2024;6:1418598. doi:10.3389/fspor.2024.1418598

5. He Z, Sun G, Zhu H, Ye B, Zheng Z, He X, et al. Effects of different peripheral fatigue protocol on lower limb biomechanical changes during landing and its impact on the risk of anterior cruciate ligament injury: a systematic review. Front Bioeng Biotechnol. 2025;13:1587573. doi:10.3389/fbioe.2025.1587573
6. Liu C, Peng W, Qu W, Zhang Z, Sun J, He J, et al. Gender differences in the impact of fatigue on lower limb landing biomechanics and their association with anterior cruciate ligament (ACL) injuries: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2025;20(5):e0321925. doi:10.1371/journal.pone.0321925
7. Woddillah NA, Azhar NI, Manaf H, Justine M, Alfawaz SS, Munajat M, et al. Fatigue effect on landing biomechanics among individuals with anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. J Health Transl Med. 2023;(Suppl 2):223-32. doi:10.22452/jummec.sp2023no2.124
8. McPherson AL, Schilaty ND, Anderson S, Nagai T, Bates NA. Arthrogenic muscle inhibition after anterior cruciate ligament injury: injured and uninjured limb recovery over time. Front Sports Act Living. 2023;5:1143376. doi:10.3389/fspor.2023.1143376
9. Georgoulis JD, Melissaridou D, Patras K, Megaloikonomos PD, Trikoupis I, Savvidou OD, et al. Neuromuscular activity of the lower-extremities during running, landing and changing-of-direction movements in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction: a review of electromyographic studies. J Exp Orthop. 2023;10(1). doi:10.1186/s40634-023-00603-1
10. Forelli F, Moiroux-Sahraoui A, Mazeas J, Dugernier J, Cerrito A. Rethinking the assessment of arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: implications for return-to-sport decision-making: a narrative review. J Clin Med. 2025;14(8):2633. doi:10.3390/jcm14082633
11. Chaaban CR, Turner JA, Padua DA. Think outside the box: incorporating secondary cognitive tasks into return to sport testing after ACL reconstruction. Front Sports Act Living. 2022;4:1089882. doi:10.3389/fspor.2022.1089882
12. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. Ann Intern Med. 2018;169(7):467-73. doi:10.7326/M18-0850
13. Tallard JC, Hedt C, Lambert BS, McCulloch PC. The role of fatigue in return to sport testing following anterior cruciate ligament reconstruction. Int J Sports Phys Ther. 2021;16(4):1043-51. doi:10.26603/001c.25687
14. Willems M, Gilson L, Verschueren S, Vanrenterghem J, Staes F, Vandenneucker H, et al. Fatigue-induced landing alterations in ACL reconstructed athletes after return-to-sport. Int J Sports Med. 2023;44(11). doi:10.1055/a-2108-5219
15. Ghorbani M, Nouri H, Heydarian M, Mottaghitalab M, Zarei H. Lower limbs kinematic analysis during a jump landing task in soccer players with unilateral anterior cruciate

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 91-103
DOI:
https://doi.org/10.56519/mp193652

ligament reconstruction. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024;16(1). doi:10.1186/s13102-024-01012-2

16. Oleksy Ł, Mika A, Sulowska-Daszyk I, Kielnar R, Dzięcioł-Anikiej Z, Zyznawska J, et al. The evaluation of asymmetry in isokinetic and electromyographic activity (sEMG) of the knee flexor and extensor muscles in football players after ACL rupture reconstruction and in the athletes following mild lower-limb injuries. J Clin Med. 2023;12(3):1144. doi:10.3390/jcm12031144
17. Zarro M, Dickman M, Hulett T, Rowland R, Larkins D, Taylor J, et al. Hop to it! The relationship between hop tests and the anterior cruciate ligament – return to sport index after anterior cruciate ligament reconstruction in NCAA Division 1 collegiate athletes. Int J Sports Phys Ther. 2023;18(5):1076-84. doi:10.26603/001c.86130
18. Manojlovic M, Ninkovic S, Matic R, Versic S, Modric T, Sekulic D, et al. Return to play and performance after anterior cruciate ligament reconstruction in soccer players: a systematic review of recent evidence. Sports Med. 2024;54:2097-108. doi:10.1007/s40279-024-02035-y
19. Sell TC, Zerega R, King V, Reiter CR, Wrona H, Bullock GS, et al. Anterior cruciate ligament return to sport after injury scale (ACL-RSI) scores over time after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis. Sports Med Open. 2024;10(1). doi:10.1186/s40798-024-00712-w
20. Xue B, Yang X, Wang X, Yang C, Zhou Z. Limb dominance influences landing mechanics and neuromuscular control during drop vertical jump in patients with ACL reconstruction. Front Physiol. 2024;15:1488001. doi:10.3389/fphys.2024.1488001
21. Ramos Pastrana LM, Giménez Egido JM, Olmedilla Zafra A. Aspectos psicológicos asociados a la rehabilitación y recaída del LCA en futbolistas: una revisión sistemática. Retos. 2024;(55):397-410.
22. Forelli F, Moiroux-Sahraoui A, Mazeas J, Demangeot Y, Korakakis V, Rambaud AJM. Triceps surae neuromuscular activity during single-leg jumping tasks in individuals after anterior cruciate ligament reconstruction. Int J Sports Phys Ther. 2026;21(7):635-43. doi:10.26603/001c.163279

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

# ASOCIACIÓN ENTRE ENFERMEDAD PERIODONTAL, CONTROL GLUCÉMICO Y FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN PACIENTES ADULTOS

# ASSOCIATION BETWEEN PERIODONTAL DISEASE, GLYCEMIC CONTROL AND CARDIOVASCULAR RISK FACTORS IN ADULT PATIENTS

Andrés Santiago Mayacela Guadalupe[1], Andrea Carolina Merino Segovia[2], Jorge Luis Naranjo Sánchez[3], Héctor Eduardo Cepeda Inca[4]

{andres.mayacela@unach.edu.ec, jennedujlo@gmail.com[2], jorge.naranjos@unach.edu.ec[3], hecepeda@uce.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 20/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El propósito de esta investigación fue determinar la asociación entre la severidad de la enfermedad periodontal, el control metabólico glucémico y los factores de riesgo cardiovascular en una cohorte clínica de pacientes adultos. Se desarrolló un estudio observacional, analítico y transversal que incluyó 240 pacientes adultos entre 40 y 65 años. La condición periodontal se diagnosticó bajo los criterios consensuados de la Federación Europea de Periodoncia y la Academia Americana de Periodoncia (EFP/AAP 2018). Se cuantificaron en ayunas la hemoglobina glucosilada (HbA1c), glucemia basal, perfil lipídico y proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us), complementándose con la evaluación de la presión arterial sistémica y el cálculo del riesgo cardiovascular aterosclerótico a 10 años mediante el algoritmo ASCVD de la ACC/AHA. La prevalencia global de periodontitis fue del 68,3%. Los pacientes con periodontitis severa (estadios III y IV) presentaron concentraciones significativamente más elevadas de HbA1c (7,21 ± 1,34% frente a 5,54 ± 0,48%; p < 0,001), PCR-us (3,84 mg/L frente a 1,15 mg/L; p < 0,001) y triglicéridos (192,4 ± 41,6 mg/dL frente a 138,2 ± 28,5 mg/dL; p < 0,001) en comparación con los controles sanos. El modelo multivariado de regresión logística ajustado reveló que la periodontitis avanzada se asoció independientemente con una probabilidad 3,18 veces mayor de presentar descontrol glucémico (HbA1c ≥ 7,0%; OR = 3,18; IC 95%: 1,62-6,24; p = 0,001) y 2,85 veces mayor de situarse en riesgo cardiovascular intermedio o alto a 10 años (OR = 2,85; IC 95%: 1,44-5,63; p =**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0003-0933-9422
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), http://orcid.org/0000-0003-1018-9209
[3]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0008-3923-9453
[4]Universidad Central del Ecuador. Facultad de Odontología, https://orcid.org/0000-0003-0567-6096

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

**0,003). Se concluyó que la periodontitis avanzada evidenció una asociación significativa e independiente con el descontrol glucémico y el incremento del riesgo aterosclerótico global.**

***Palabras clave: Periodontitis, Hemoglobina A glucosilada, enfermedades cardiovasculares, inflamación sistémica, proteína c-reactiva, medicina periodontal***

**ABSTRACT: The purpose of this investigation was to determine the association between the severity of periodontal disease, glycemic metabolic control, and cardiovascular risk factors in a clinical cohort of adult patients. An observational, analytical, and cross-sectional study was developed including 240 adult patients aged between 40 and 65 years. Periodontal condition was diagnosed according to the consensus criteria of the European Federation of Periodontology and the American Academy of Periodontology (EFP/AAP 2018). Fasting glycated hemoglobin (HbA1c), baseline fasting glucose, lipid profile, and high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) were measured, complemented by systemic blood pressure assessment and calculation of 10-year atherosclerotic cardiovascular risk using the ACC/AHA ASCVD pooled cohort equations. The overall prevalence of periodontitis was 68.3%. Patients with severe periodontitis (Stages III and IV) presented significantly higher concentrations of HbA1c (7.21 ± 1.34% vs. 5.54 ± 0.48%; p < 0.001), hs-CRP (3.84 mg/L vs. 1.15 mg/L; p < 0.001), and triglycerides (192.4 ± 41.6 mg/dL vs. 138.2 ± 28.5 mg/dL; p < 0.001) compared to healthy controls. The adjusted multivariable logistic regression model revealed that advanced periodontitis was independently associated with a 3.18-fold increased odds of poor glycemic control (HbA1c ≥ 7.0%; OR = 3.18; 95% CI: 1.62-6.24; p = 0.001) and a 2.85-fold increased odds of intermediate or high 10-year cardiovascular risk (OR = 2.85; 95% CI: 1.44-5.63; p = 0.003). It was concluded that advanced periodontitis showed a significant and independent association with glycemic dysregulation and increased global atherosclerotic risk.**

***Keywords: Periodontitis, Glycated Hemoglobin A, cardiovascular diseases, systemic inflammation, c-reactive protein, periodontal medicine***

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad periodontal representa una de las condiciones crónicas no transmisibles de mayor prevalencia e impacto en salud pública a nivel mundial, comprometiendo de forma progresiva e irreversible las estructuras del aparato de inserción dental mediante una compleja interacción patogénica entre el biofilm microbiano subgingival y una respuesta inmunoinflamatoria disfuncional del hospedero (1,2). Lejos de circunscribirse como un fenómeno lesivo puramente localizado en el tejido de soporte dentario, la periodontitis avanzada actúa como un foco biológico activo capaz de inducir translocación hematógena episódica pero recurrente de bacterias uropatógenas y periodontopatógenas, incluyendo Porphyromonas gingivalis, Tannerella forsythia y Treponema denticola, además de componentes estructurales solubles como el lipopolisacárido bacteriano (LPS) y gingipaínas (3,4). Esta bacteriemia de baja intensidad promueve una estimulación antigénica continua sobre

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

el endotelio vascular y las células de estirpe mieloide circulantes, gatillando una respuesta inflamatoria sistémica persistente caracterizada por la liberación exacerbada de reactantes hepáticos de fase aguda (5,6).

En el marco contemporáneo de la medicina periodontal, los vínculos bidireccionales entre la inflamación periodontal y los trastornos metabólicos, de forma muy destacada la diabetes mellitus tipo 2, han sido exhaustivamente documentados y corroborados (7,8). La hiperglucemia sostenida promueve la formación y acumulación tisular de productos finales de glicación avanzada (AGEs), los cuales, al acoplarse con sus receptores específicos (RAGE) sobreexpresados en macrófagos y fibroblastos periodontales, desencadenan una producción incrementada de especies reactivas de oxígeno y metaloproteinasas de la matriz extracelular, amplificando la degradación de fibras colágenas y la resorción del reborde óseo alveolar mediada por osteoclastos (9,10). A su vez, el lecho vascular ulcerado de las bolsas periodontales opera como una superficie endotelial permeable que vierte al torrente circulatorio citocinas proinflamatorias cardinales como interleucina-1β (IL-1β), interleucina-6 (IL-6) y factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α). Estas moléculas bioactivas interfieren directamente con las vías intracelulares de señalización de la insulina, inhibiendo la fosforilación en tirosina de los sustratos del receptor de insulina (IRS-1) en tejidos periféricos como el músculo esquelético y el hígado, exacerbando la resistencia a la insulina y empeorando el control glucémico valorado mediante hemoglobina glucosilada (HbA1c) (11,12).

Simultáneamente, la inflamación crónica vascular de bajo grado y el desequilibrio en el perfil lipídico constituyen los ejes fisiopatológicos cardinales en el desarrollo, evolución y desestabilización de las lesiones ateroscleróticas cardiovasculares (13,14). La proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us), un marcador sérico subrogado de gran valor pronóstico cardiovascular, se sintetiza a nivel hepático en respuesta a los gradientes sistémicos de IL-6 e IL-1β derivados de focos inflamatorios crónicos como la periodontitis (15,16). Múltiples investigaciones clínicas han documentado correlaciones directas entre la superficie inflamada periodontal (PISA) y las concentraciones patológicas de PCR-us (16-18). Sin embargo, la gran mayoría de los reportes en la literatura ha abordado estas interacciones de forma aislada, estudiando el binomio periodontitis-diabetes o el eje periodontitis-cardiopatía de manera independiente, sin integrar simultáneamente estas variables mediante herramientas validadas de estimación de riesgo cardiovascular poblacional en cohortes clínicas de adultos atendidos en la práctica asistencial habitual (17,19).

Ante esta premisa biofisiológica y clínica, se plantea la hipótesis de que los pacientes adultos que padecen estadios avanzados de periodontitis presentan simultáneamente un perfil de mal control glucémico expresado en cifras más altas de HbA1c, elevación sustancial de marcadores de inflamación vascular sistémica (PCR-us) y una mayor propensión a clasificarse en categorías de riesgo cardiovascular aterosclerótico intermedio o alto a diez años. En consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo primordial determinar la asociación entre la severidad

clínica de la enfermedad periodontal, el control metabólico glucémico y los factores de riesgo cardiovascular aterosclerótico en una cohorte clínica de pacientes adultos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó y ejecutó un estudio clínico observacional, analítico y transversal, estructurado en estricto cumplimiento con las directrices internacionales de la declaración STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology). El protocolo de la investigación contó con el dictamen favorable del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos institucional (Código CEISH: ODONT-MED-2024-039) y fue desarrollado siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki (revisión de Fortaleza). La totalidad de los pacientes participantes otorgó su consentimiento informado por escrito previamente a la realización de cualquier procedimiento exploratorio oral o extracción de muestras hemáticas.

La muestra estuvo constituida por 240 pacientes adultos de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 40 y 65 años, reclutados de manera consecutiva en la clínica odontológica docente-asistencial en articulación directa con las consultas externas de medicina interna durante el período comprendido entre marzo de 2024 y junio de 2025. Los criterios de inclusión abarcaron: pacientes adultos con dentición funcional remanente de al menos 16 piezas naturales presentes en boca (excluyendo terceros molares) y que aceptaron la realización del protocolo clínico y bioquímico completo. Se excluyeron aquellos pacientes sometidos a instrumentación periodontal subgingival o cirugía periodontal en los seis meses precedentes; pacientes bajo tratamiento con antimicrobianos sistémicos o corticoides en los tres meses previos; individuos con diagnóstico de neoplasias activas, hepatopatías graves o insuficiencia renal terminal (tasa de filtración glomerular estimada < 30 mL/min/1,73 $m^2$); y mujeres en estado de gravidez o lactancia materna activa. El tamaño de la muestra se dimensionó mediante el software Epidat 4.2 para alcanzar una potencia estadística superior al 80% (1-β = 0,80) con un nivel de significación alfa de 0,05, considerando la variabilidad clínica y un 10% estimado de pérdidas analíticas.

El examen periodontal exhaustivo fue ejecutado por dos especialistas en periodoncia rigurosamente calibrados (coeficiente Kappa inter e intraexaminador ponderado > 0,84). Se examinaron seis sitios por cada diente presente en la cavidad oral (mesiovestibular, vestibular, distovestibular, mesiolingual/palatino, mediodistal lingual/palatino y distolingual/palatino) utilizando una sonda periodontal estandarizada de fuerza constante calibrada a 0,2 N (UNC-15, Hu-Friedy). Se cuantificaron la profundidad al sondaje (PS), el nivel de inserción clínica (NIC), el sangrado al sondaje (SS, a los 30 segundos) y el índice de placa de O'Leary (IP). Con base en el consenso de la Federación Europea de Periodoncia y la Academia Americana de Periodoncia de 2018 (EFP/AAP 2018), los participantes se estratificaron en tres grupos diagnósticos: 1) Control/Gingivitis (ausencia de pérdida de inserción por periodontitis, PS ≤ 3 mm); 2) Periodontitis leve a moderada (Estadio I-II: NIC 1-4 mm, pérdida ósea en tercio coronal < 33%,

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

PS ≤ 5 mm); y 3) Periodontitis severa o avanzada (Estadio III-IV: NIC ≥ 5 mm, pérdida ósea en tercio medio o apical ≥ 33%, PS ≥ 6 mm, defectos óseos verticales o pérdida dental por causa periodontal).

La evaluación médica estandarizada incluyó el registro antropométrico del índice de masa corporal (IMC = peso (kg) / talla (m)²) y la determinación de la presión arterial sistémica en reposo según las guías clínicas internacionales mediante un esfigmomanómetro digital oscilométrico validado (Omron HEM-7120). Tras un ayuno calórico nocturno de 10 a 12 horas, se recolectaron muestras de sangre venosa antecubital (10 mL) procesadas en un analizador automatizado Roche Cobas c501. Se determinaron las concentraciones de hemoglobina glucosilada (HbA1c) por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) certificada por el NGSP, glucemia basal por método enzimático de hexoquinasa, perfil lipídico sérico completo (colesterol total, triglicéridos, c-HDL y cálculo de c-LDL por fórmula de Friedewald) y proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us) mediante inmunoanálisis turbidimétrico de alta sensibilidad. El riesgo cardiovascular global aterosclerótico a 10 años se estratificó calculando el índice predictivo del consorcio ACC/AHA (Pooled Cohort Equations), clasificando a los pacientes en riesgo bajo/limítrofe (< 7,5%) y riesgo intermedio/alto (≥ 7,5%).

El análisis bioestadístico se llevó a cabo en el software Stata versión 17.0. La distribución de normalidad de las variables cuantitativas continuas se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors. Se reportaron medias ± desviaciones estándar o medianas con rangos intercuartílicos según la normalidad paramétrica. Las comparaciones intergrupales se realizaron mediante ANOVA de una vía con pruebas post-hoc de Bonferroni o la prueba de Kruskal-Wallis. Las variables categóricas se compararon mediante la prueba Chi-cuadrado de Pearson. Para analizar la relación independiente entre los estadios de la periodontitis y los desenlaces clínicos dicotomizados (descontrol glucémico: HbA1c ≥ 7,0%; y riesgo cardiovascular intermedio/alto: ASCVD ≥ 7,5%), se diseñaron modelos de regresión logística binaria multivariada calculando Odds Ratios (OR) con intervalos de confianza del 95% (IC 95%), ajustando progresivamente por covariables confusoras biológicas y sociodemográficas (edad, sexo, tabaquismo, IMC, hipertensión arterial y medicación hipolipemiante). Se consideró significación estadística todo valor $p < 0,05$.

## RESULTADOS

La investigación evaluó formalmente a 240 participantes adultos distribuidos de manera equilibrada según los estratos diagnósticos de la clasificación periodontal internacional consensuada. Del total de la cohorte analizada, 76 pacientes (31,7%) integraron el grupo de referencia (salud gingival o gingivitis clínicamente inducida por biofilm sin antecedentes de pérdida de inserción), 76 pacientes (31,7%) correspondieron al estrato de periodontitis leve a moderada (Estadios I y II), y 88 individuos (36,6%) conformaron la categoría de periodontitis severa o avanzada (Estadios III y IV). La edad promedio global de los participantes fue de 52,4 ±

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

7,1 años, con un rango etario delimitado entre 40 y 65 años. En relación a la distribución por género, se constató un ligero predominio femenino (54,2%; n = 130), el cual mantuvo una homogeneidad estadística sin discrepancias significativas entre los tres grupos de comparación (p = 0,612).

El análisis de las variables sociodemográficas y de los factores de riesgo conductuales basales reveló diferencias de gran relevancia biológica en función de la severidad del compromiso periodontal. En particular, la frecuencia de hábito tabáquico activo exhibió un incremento progresivo estadísticamente significativo (p = 0,004), ascendiendo desde un 14,5% (n = 11) en el grupo control hasta un 37,5% (n = 33) en el contingente con periodontitis avanzada. De igual forma, el índice de masa corporal (IMC) mostró una tendencia lineal ascendente congruente con el grado de destrucción de los tejidos de soporte dental, registrando una media de 25,2 ± 3,1 kg/m² en los sujetos periodontalmente sanos, frente a 27,4 ± 3,6 kg/m² en estadios I-II y alcanzando 29,6 ± 4,2 kg/m² en los estadios III-IV (p < 0,001). Los parámetros periodontales objetivos evidenciaron la severidad del cuadro en el grupo avanzado, con un porcentaje medio de sangrado al sondaje del 54,8 ± 12,2%, una profundidad al sondaje media de 4,88 ± 0,68 mm y un nivel de inserción clínica medio de 5,72 ± 0,84 mm, acompañándose de un promedio de piezas ausentes significativamente mayor (p < 0,001).

***Tabla 1. Variables sociodemográficas y de los factores de riesgo conductuales basales.***

| Variable Clínica / Demográfica | Control / Gingivitis (n = 76) | Periodontitis I - II (n = 76) | Periodontitis III - IV (n = 88) | Valor p |
|---|---|---|---|---|
| Edad (años, media ± DE) | 49,8 ± 6,2 | 52,1 ± 6,9 | 54,9 ± 7,3 | < 0,001 |
| Sexo Femenino, n (%) | 43 (56,6%) | 42 (55,3%) | 45 (51,1%) | 0,612 |
| Tabaquismo activo, n (%) | 11 (14,5%) | 19 (25,0%) | 33 (37,5%) | 0,004 |
| Índice de Masa Corporal (kg/m²) | 25,2 ± 3,1 | 27,4 ± 3,6 | 29,6 ± 4,2 | < 0,001 |
| Dientes remanentes en boca | 26,4 ± 1,8 | 24,1 ± 2,3 | 20,3 ± 3,1 | < 0,001 |
| Sangrado al Sondaje (%) | 12,4 ± 4,1 | 28,6 ± 7,4 | 54,8 ± 12,2 | < 0,001 |
| Profundidad al Sondaje (mm) | 2,12 ± 0,31 | 3,45 ± 0,42 | 4,88 ± 0,68 | < 0,001 |
| Nivel de Inserción Clínica (mm) | 1,42 ± 0,28 | 3,18 ± 0,51 | 5,72 ± 0,84 | < 0,001 |

Al analizar los parámetros bioquímicos séricos, se observaron discrepancias altamente significativas en el control metabólico hidrocarbonado y lipídico entre los distintos estratos periodontales. La concentración plasmática media de hemoglobina glucosilada (HbA1c) fue de 5,54 ± 0,48% en el grupo control, ascendiendo a 6,28 ± 0,86% en los sujetos clasificados en Estadios I-II y escalando a 7,21 ± 1,34% en aquellos individuos diagnosticados con periodontitis

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

severa en Estadios III-IV ($p < 0,001$). Asimismo, la glucemia basal en ayunas reflejó un comportamiento patológico paralelo, evidenciando niveles de 132,6 ± 34,2 mg/dL en el grupo con periodontitis avanzada frente a 96,8 ± 12,4 mg/dL en los controles sanos ($p < 0,001$). Las pruebas post-hoc de Bonferroni confirmaron que las elevaciones tanto de HbA1c como de glucemia en ayunas mantuvieron diferencias estadísticamente significativas no solo en comparación con el grupo control, sino también al contrastar los estadios avanzados (III-IV) frente a los cuadros leves y moderados (I-II) ($p < 0,001$).

El perfil lipídico y los biomarcadores de reactividad vascular también demostraron un gradiente lesivo directamente dependiente del nivel de destrucción periodontal. La proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us), considerada el indicador pivote de inflamación endotelial sistémica, registró una mediana de 1,15 mg/L (rango intercuartílico: 0,78 - 1,52 mg/L) en los sujetos controles, incrementándose a 2,14 mg/L (RIC: 1,45 - 2,89 mg/L) en el estadio I-II y alcanzando cifras patológicas alarmantes de 3,84 mg/L (RIC: 2,71 - 5,23 mg/L) en los estadios III-IV (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). En relación a las fracciones lipídicas, el colesterol ligado a lipoproteínas de baja densidad (c-LDL) y los triglicéridos séricos mostraron niveles notablemente mayores en el grupo con periodontitis avanzada (141,7 ± 29,4 mg/dL y 192,4 ± 41,6 mg/dL, respectivamente) comparados con los valores cuantificados en el estrato control (106,2 ± 21,3 mg/dL y 138,2 ± 28,5 mg/dL; $p < 0,001$). Concomitantemente, las cifras protectoras de colesterol de alta densidad (c-HDL) disminuyeron de forma constante a medida que aumentó la severidad periodontal (48,6 ± 7,2 mg/dL vs. 38,4 ± 5,8 mg/dL; $p < 0,001$).

***Tabla 2. Parámetros bioquímicos séricos.***

| Parámetro Bioquímico / Hemodinámico | Control / Gingivitis (n = 76) | Periodontitis I - II (n = 76) | Periodontitis III - IV (n = 88) | Valor p |
|---|---|---|---|---|
| Hemoglobina glucosilada - HbA1c (%) | 5,54 ± 0,48 | 6,28 ± 0,86 | 7,21 ± 1,34 | < 0,001 |
| Glucemia en ayunas (mg/dL) | 96,8 ± 12,4 | 112,3 ± 22,7 | 132,6 ± 34,2 | < 0,001 |
| PCR ultrasensible (mg/L, mediana (RIC)) | 1,15 (0,78 - 1,52) | 2,14 (1,45 - 2,89) | 3,84 (2,71 - 5,23) | < 0,001 |
| Colesterol Total (mg/dL) | 182,4 ± 26,1 | 198,7 ± 31,4 | 218,6 ± 38,2 | < 0,001 |
| Triglicéridos séricos (mg/dL) | 138,2 ± 28,5 | 164,5 ± 36,8 | 192,4 ± 41,6 | < 0,001 |
| Colesterol c-HDL (mg/dL) | 48,6 ± 7,2 | 43,2 ± 6,5 | 38,4 ± 5,8 | < 0,001 |
| Colesterol c-LDL (mg/dL) | 106,2 ± 21,3 | 122,6 ± 24,9 | 141,7 ± 29,4 | < 0,001 |
| Presión Arterial Sistólica (mmHg) | 118,4 ± 9,6 | 126,8 ± 12,4 | 135,2 ± 14,8 | < 0,001 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Presión Arterial Diastólica (mmHg) | 76,2 ± 6,4 | 81,3 ± 7,8 | 86,7 ± 8,9 | < 0,001 |

En lo concerniente a la estratificación global del riesgo de padecer eventos cardiovasculares ateroscleróticos duros a 10 años mediante la herramienta validada del consorcio ACC/AHA (ASCVD Score), la proporción de pacientes que alcanzaron categorías de riesgo intermedio o alto (puntuación ≥ 7,5%) fue sustancialmente mayor en aquellos con afección periodontal avanzada. De forma específica, el 47,7% (n = 42) de los individuos con periodontitis estadio III-IV presentó una estimación de riesgo cardiovascular intermedio/alto, en contraste con el 28,9% (n = 22) observado en el estrato de periodontitis leve a moderada y con apenas un 15,8% (n = 12) en el grupo control exento de compromiso destructivo periodontal. Esta diferencia distributiva resultó altamente significativa desde el punto de vista estadístico (Chi-cuadrado de Pearson: $\chi^2 = 22,46$; $p < 0,001$).

Para determinar con rigor si estas asociaciones conservaban significación e independencia estadística respecto a potenciales factores de confusión sociodemográficos, antropométricos y cardiovasculares conocidos, se estimaron modelos de regresión logística binaria multivariada para dos desenlaces críticos: mal control glucémico (definido formalmente por criterios de la ADA como HbA1c ≥ 7,0%) y riesgo cardiovascular aterosclerótico intermedio o alto a diez años (ASCVD ≥ 7,5%). En los modelos no ajustados (crudos), la presencia de periodontitis estadio III-IV cuadruplicó el riesgo de descontrol glucémico (OR = 4,68; IC 95%: 2,35 - 9,32; $p < 0,001$) y quintuplicó el riesgo cardiovascular intermedio/alto (OR = 4,87; IC 95%: 2,31 - 10,25; $p < 0,001$). Al introducir las covariables de confusión en el Modelo 2 (edad, sexo y tabaquismo activo), la fuerza de la asociación se mantuvo elevada y significativa.

En el Modelo 3 totalmente ajustado (el cual integró simultáneamente edad, sexo, hábito tabáquico activo, índice de masa corporal, presencia confirmada de hipertensión arterial sistémica y utilización prescrita de estatinas o hipolipemiantes), la periodontitis avanzada en estadios III y IV permaneció como un predictor independiente y estadísticamente robusto de mal control metabólico glucémico, incrementando en 3,18 veces la probabilidad de presentar HbA1c ≥ 7,0% (OR = 3,18; IC 95%: 1,62 - 6,24; $p = 0,001$). Paralelamente, la periodontitis estadio III-IV demostró comportarse como un factor de riesgo independiente asociado a un incremento de 2,85 veces en la probabilidad de encontrarse estratificado en riesgo cardiovascular aterosclerótico intermedio o alto a diez años (OR = 2,85; IC 95%: 1,44 - 5,63; $p = 0,003$). Por el contrario, los estadios periodontales iniciales (I-II) no lograron alcanzar niveles de significación estadística independiente en los modelos multivariados finales tras controlar minuciosamente el peso del IMC y la tensión arterial ($p > 0,05$).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

*Tabla 3. Estratificación global del riesgo de padecer eventos cardiovasculares ateroscleróticos.*

| Desenlace Clínico / Variable Predictora | Modelo Crudo (OR (IC 95%)) | Modelo 2 (OR (IC 95%))* | Modelo 3 Totalmente Ajustado (OR (IC 95%))** | Valor p (Mod. 3) |
|---|---|---|---|---|
| **Descontrol Glucémico (HbA1c ≥ 7,0%)** | — | — | — | — |
| • Control / Gingivitis | 1,00 (Referencia) | 1,00 (Referencia) | 1,00 (Referencia) | — |
| • Periodontitis Estadio I - II | 2,14 (1,02 - 4,48) | 1,88 (0,88 - 4,02) | 1,72 (0,79 - 3,76) | 0,172 |
| • Periodontitis Estadio III - IV | 4,68 (2,35 - 9,32) | 3,74 (1,82 - 7,68) | 3,18 (1,62 - 6,24) | 0,001 |
| **Riesgo Cardiovascular ≥ 7,5% (ASCVD)** | — | — | — | — |
| • Control / Gingivitis | 1,00 (Referencia) | 1,00 (Referencia) | 1,00 (Referencia) | — |
| • Periodontitis Estadio I - II | 2,18 (0,99 - 4,79) | 1,94 (0,86 - 4,38) | 1,81 (0,81 - 4,05) | 0,148 |
| • Periodontitis Estadio III - IV | 4,87 (2,31 - 10,25) | 3,42 (1,58 - 7,41) | 2,85 (1,44 - 5,63) | 0,003 |

**Modelo 2: Ajustado por edad, sexo y tabaquismo activo.*
***Modelo 3: Totalmente ajustado por edad, sexo, tabaquismo activo, índice de masa corporal, hipertensión arterial y medicación con estatinas.*

## DISCUSIÓN

La evidencia empírica obtenida en la presente investigación corrobora la hipótesis de que la periodontitis avanzada (Estadios III y IV) mantiene una asociación estadísticamente robusta e independiente con un control metabólico glucémico deficiente, alteraciones deletéreas del perfil lipídico y una elevación marcada de marcadores de inflamación endotelial subrogados de riesgo aterosclerótico en pacientes adultos. Estos hallazgos adquieren una especial trascendencia clínica al haberse obtenido bajo la rigurosa clasificación diagnóstica de la Federación Europea de Periodoncia y la Academia Americana de Periodoncia (EFP/AAP 2018), lo cual garantiza la homogeneidad y precisión en la caracterización fenotípica de los estadios (1,3).

Al analizar el eje periodonto-glucémico, los sujetos diagnosticados con periodontitis severa exhibieron cifras de hemoglobina glucosilada 1,67% superiores en comparación con aquellos periodontalmente sanos. Esta disparidad clínica conservó su significación en el modelo de regresión logística multivariada ajustado (OR = 3,18; IC 95%: 1,62 - 6,24), demostrando que la inflamación periodontal destructiva multiplica por más de tres veces la probabilidad de presentar mal control glucémico, independientemente de covariables cardinales como el índice

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

de masa corporal, la edad o el hábito tabáquico. Dicho comportamiento concuerda plenamente con los postulados de consensos mundiales conjuntos entre la EFP y la International Diabetes Federation (IDF) (7,20,21), los cuales enfatizan que la ulceración del epitelio de la bolsa periodontal vierte continuamente a la circulación mediadores proinflamatorios solubles como TNF-α e IL-6. Estas citocinas fosforilan residuos de serina en lugar de tirosina en el sustrato del receptor de insulina-1 (IRS-1), bloqueando la translocación de transportadores GLUT-4 y promoviendo un estado sostenido de resistencia insulínica periférica (22,23).

Paralelamente, los niveles séricos de PCR-us superaron ampliamente el dintel de riesgo alto (mediana de 3,84 mg/L en estadios III-IV frente a 1,15 mg/L en controles), reflejando una sobrecarga inflamatoria sistémica considerable. Como han demostrado estudios y revisiones contemporáneas (15,16,18,25), la PCR-us no representa únicamente un epifenómeno de reactividad hepática, sino un mediador proaterogénico directo que estimula la expresión de moléculas de adhesión celular endotelial (ICAM-1 y VCAM-1), disminuye la actividad de la óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS) y facilita el reclutamiento de monocitos hacia el espacio subendotelial (26-28). Este microambiente vascular se complementa con la dislipidemia observada en los pacientes con periodontitis avanzada, caracterizada por hipertrigliceridemia y descenso del colesterol c-HDL, un patrón inducido por la interferencia de citocinas inflamatorias sobre la lipoproteinlipasa hepática y endotelial (29,30).

Al integrar estos parámetros en la calculadora pronóstica del consorcio ACC/AHA (ASCVD Score), prácticamente la mitad (47,7%) de los pacientes con periodontitis avanzada se situó en riesgo cardiovascular intermedio o alto a 10 años, con un OR ajustado de 2,85 respecto a controles. Este hallazgo revalida la necesidad clínica de considerar a la enfermedad periodontal no como una patología localizada, sino como un factor de riesgo modificable no tradicional que incrementa la vulnerabilidad aterogénica en la población adulta (5,13,14).

Entre las principales fortalezas del presente estudio destaca la rigurosidad en la calibración clínica de examinadores, la cuantificación de HbA1c mediante metodología HPLC certificada por NGSP y el control simultáneo de factores de confusión mediante análisis multivariado robusto. No obstante, como limitación consustancial al diseño analítico transversal, debe señalarse la imposibilidad de establecer causalidad temporal directa. Asimismo, no se recurrió a pruebas directas de imagen vascular (como el grosor íntima-media carotídeo o la puntuación de calcio coronario), fundamentando la estratificación cardiovascular en biomarcadores bioquímicos séricos y en el algoritmo poblacional validado de cohortes agrupadas ASCVD.

## CONCLUSIONES

1. La periodontitis avanzada en estadios III y IV se asocia de forma directa, estadísticamente significativa e independiente con un deficiente control metabólico de la glucemia, elevando en más de tres veces la probabilidad de presentar descontrol glucémico expresado en cifras de hemoglobina glucosilada superiores al 7,0% en pacientes adultos.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

2. Los pacientes con compromiso periodontal severo exhiben concentraciones notablemente superiores de proteína C reactiva ultrasensible, hipertrigliceridemia y reducción significativa de colesterol c-HDL, evidenciando un perfil biológico de inflamación vascular sistémica y dislipidemia aterogénica acelerada.

3. La periodontitis avanzada constituye un predictor independiente asociado a un incremento de casi tres veces en la probabilidad de categorizarse en riesgo cardiovascular intermedio o alto a diez años según el algoritmo estandarizado ASCVD, lo que resalta la imperiosa necesidad de articular protocolos interdisciplinarios entre odontología y medicina interna en la prevención cardiometabólica.

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Los autores expresan su sincero reconocimiento al personal de enfermería, auxiliares odontológicos y profesionales del laboratorio clínico del centro docente-asistencial por su colaboración técnica y logística en la recolección estandarizada de muestras biológicas y registros clínicos durante el período de estudio.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

Los autores declaran explícitamente no tener ningún conflicto de interés económico, institucional, laboral o comercial que pudiera comprometer, sesgar o influenciar el diseño, ejecución, análisis o divulgación pública de los resultados derivados del presente manuscrito científico.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Investigador Principal: concepción del estudio, diseño metodológico, calibración de examinadores periodontales, redacción del borrador original y gestión del proyecto. Coautor Metodológico: diseño bioestadístico, procesamiento informático, modelación logística multivariada, revisión crítica y adecuación formal. Coautor Clínico: exploración médica integral, estandarización de determinaciones de laboratorio, reclutamiento de pacientes y aprobación final del manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. J Periodontol. 2018;89(Suppl 1):S159-S172.
2. Hajishengallis G, Chavakis T. Local and systemic mechanisms linking periodontal disease and inflammatory comorbidities. Nat Rev Immunol. 2021;21(7):426-440.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

3. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20):S162-S170.
4. Cekici A, Kantarci A, Hasturk H, Van Dyke TE. Inflammatory aspects of periodontal disease. Periodontol 2000. 2014;64(1):57-80.
5. Sanz M, Marco Del Castillo A, Jepsen S, Gonzalez-Juanatey JR, D'Aiuto F, Bouchard P, et al. Periodontitis and cardiovascular diseases: Consensus report. J Clin Periodontol. 2020;47(3):268-288.
6. Vitkov L, Hannig M, Minnich B, Herrmann M. Periodontal bacteremia: A misnomer? Med Hypotheses. 2021;146:110467.
7. Sanz M, Ceriello A, Buysschaert M, Chapple I, Giannobile WV, Graziani F, et al. Scientific evidence on the links between periodontal diseases and diabetes: Consensus report and guidelines of the joint workshop on periodontal diseases and diabetes by the International Diabetes Federation and the European Federation of Periodontology. Diabetes Res Clin Pract. 2018;137:231-241.
8. Genco RJ, Graziani F, Hasturk H. Effects of periodontal disease on glycemic control, complications, and incidence of diabetes mellitus. Periodontol 2000. 2020;83(1):59-65.
9. Lalla E, Papapanou PN. Diabetes mellitus and periodontitis: a tale of two common interrelated diseases. Nat Rev Endocrinol. 2011;7(12):738-748.
10. Taylor JJ, Preshaw PM, Lalla E. A review of the evidence for pathogenic mechanisms that may link periodontitis and diabetes. J Periodontol. 2013;84(4 Suppl):S113-S134.
11. Preshaw PM, Alba AL, Herrera D, Jepsen S, Konstantinidis A, Makrilakis K, et al. Periodontitis and diabetes: a two-way relationship. Diabetologia. 2012;55(1):21-31.
12. Polak D, Shapira L. An update on the evidence for pathogenic mechanisms that may link periodontitis and diabetes. J Clin Periodontol. 2018;45(2):150-166.
13. Liccardo D, Cannavo A, Spagnuolo G, Ferrara N, Cittadini A, Rengo C, et al. Periodontal disease: a risk factor for diabetes and cardiovascular disease. Int J Mol Sci. 2019;20(6):1414.
14. Libby P. Inflammation in atherosclerosis. Nature. 2002;420(6917):868-874.
15. Ridker PM. From C-reactive protein to interleukin-6 to interleukin-1: moving upstream to identify novel targets for atheroprotection. Circ Res. 2016;118(1):145-156.
16. Nesse W, Abbas F, van der Ploeg I, Spijkervet FK, Dijkstra PU, Vissink A. Periodontal inflamed surface area: quantifying inflammatory burden. J Clin Periodontol. 2008;35(8):668-673.
17. D'Aiuto F, Orlandi M, Gunsolley JC. Evidence that periodontal treatment improves biomarkers and cardiovascular morbidity: consensus report of the joint EFP/AAP workshop on periodontitis and systemic diseases. J Periodontol. 2013;84(4 Suppl):S85-S105.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 104-116
DOI:
https://doi.org/10.56519/3fvry938

18. Arvanitidis E, Bizzarro S, Alvarez Rodriguez E, Loos BG, Nicu EA. High levels of high-sensitivity C-reactive protein in periodontitis: A systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol. 2021;48(8):1020-1031.
19. Teeuw WJ, Gerdes VE, Loos BG. Effect of periodontal treatment on glycemic control of diabetic patients: a systematic review and meta-analysis. Diabetes Care. 2010;33(2):421-427.
20. American Diabetes Association Professional Practice Committee. Comprehensive Medical Evaluation and Assessment of Comorbidities: Standards of Care in Diabetes—2024. Diabetes Care. 2024;47(Suppl 1):S43-S51.
21. Graziani F, Gennai S, Solini A, Petrini M. A systematic review and meta-analysis of epidemiologic observational evidence on the association between periodontitis and diabetes. J Clin Periodontol. 2018;45(2):167-187.
22. Shoelson SE, Lee J, Goldfine AB. Inflammation and insulin resistance. J Clin Invest. 2006;116(7):1793-1801.
23. Hotamisligil GS. Inflammation and metabolic disorders. Nature. 2006;444(7121):860-867.
24. Pearson TA, Mensah GA, Alexander RW, Anderson JL, Cannon RO 3rd, Criqui M, et al. Markers of inflammation and cardiovascular disease: Application to clinical and public health practice: A statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association. Circulation. 2003;107(3):499-511.
25. Paraskevas S, Huizinga JD, Loos BG. A systematic review and meta-analyses on C-reactive protein in relation to periodontitis. J Clin Periodontol. 2008;35(4):277-290.
26. Schenkein HA, Papapanou PN, Genco R, Sanz M. Mechanisms underlying the association between periodontitis and atherosclerotic cardiovascular disease. J Clin Periodontol. 2020;47(3):289-311.
27. Boren J, Chapman MJ, Krauss RM, Packard CJ, Bentzon JF, Binder CJ, et al. Low-density lipoproteins cause atherosclerotic cardiovascular disease: pathophysiological, genetic, and therapeutic insights: a consensus statement from the European Atherosclerosis Society Consensus Panel. Eur Heart J. 2020;41(24):2313-2330.
28. Campbell LA, Rosenfeld ME. Infection and atherosclerosis development. Arch Med Res. 2015;46(5):339-350.
29. Nepomuceno R, Silva ECP, Silva-Filho VJ, Alves-Júnior V, Saraiva LM. Periodontitis and lipid profile: A systematic review and meta-analysis of observational studies. Oral Dis. 2021;27(8):1964-1976.
30. Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, et al. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk. Eur Heart J. 2020;41(1):111-188.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

# IDENTIFICACIÓN HUMANA MEDIANTE ANÁLISIS DE ADN MITOCONDRIAL EN RESTOS DEGRADADOS

# HUMAN IDENTIFICATION THROUGH MITOCHONDRIAL DNA ANALYSIS OF DEGRADED REMAINS

Lizbeth Tatiana Zúñiga Echeverría[1], Verónica Paulina Cáceres Manzano[2]

{tatiana.zuniga@unach.edu.ec[1], vcaceres@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 02/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La identificación humana mediante el análisis de ADN mitocondrial (ADNmt) constituye una herramienta de interés en el ámbito de la criminalística y las ciencias forenses, especialmente cuando la degradación del material biológico dificulta la obtención de perfiles genéticos nucleares, el objetivo de esta investigación fue analizar la utilidad del ADNmt en la identificación de restos humanos degradados, considerando los procedimientos moleculares empleados para su recuperación y las principales limitaciones en su interpretación, para lo cual, se desarrolló una revisión documental narrativa, de enfoque cualitativo y alcance descriptivo, mediante la búsqueda y el análisis de literatura científica publicada en ingés y español en las diferentes bases de datos como PubMed, Scielo, Scopus, Google Scholar, la selección de las publicaciones se fundamentó en su pertinencia temática y contribución científica, priorizando estudios publicados entre 2020 y 2026, los resultados evidenciaron que el número elevado de copias de ADNmt por célula favorece la recuperación de información genética en muestras óseas, dentales, capilares, incluso cuando el ADN nuclear es insuficiente, asimismo la amplificación de fragmentos cortos mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación masiva paralela (MSP) amplían las posibilidades de obtener haplotipos interpretables en muestras degradadas, sin embargo, la heteroplasmia, la contaminación, la presencia de secuencias mitocondriales insertadas en el genoma nuclear (NUMTs) y el patrón de herencia materna condicionan la interpretación de los resultados, se concluye que el ADNmt constituye una herramienta complementaria para establecer compatibilidades o exclusiones de linajes maternos, aunque una coincidencia entre haplotipos no representa, por si sola una identificación individual concluyente.**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo Riobamba-Ecuador, Estdiante de la Maestrìa en Criminalística y Ciencias Forenses, Técnico de Apoyo Académico Facultad Ciencias de la Salud, https://orcid.org/0009-0008-6988-7179

[2]Universidad Nacional de Chimborazo, "Grupo Interdiciplinario de Ciencias de la vida y Productos Naturales, Grupo de Investigación Equidad Políticas Públicas y Sostenibilidad (EQUIPOS), Docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico y Odontología, Riobamba, Ecuador. Docente de la Maestría en Criminalística y Ciencias Forenses, Riobamba. Ecuador, https://orcidorg/0000-0001-5710-5661

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

*Palabras clave: ADN mitocondrial, identificación humana, genética forense, restos degradados*

**ABSTRACT: Human identification through mitochondrial DNA (mtDNA) analysis is a valuable tool in the fields of criminalistics and forensic science, especially when the degradation of biological material makes it difficult to obtain nuclear genetic profiles. The objective of this research was to analyze the usefulness of mtDNA in identifying degraded human remains, taking into account the molecular procedures used for its recovery and the main limitations in its interpretation. To this end, a narrative literature review was conducted with a qualitative approach and descriptive scope by searching for and analyzing scientific literature published in English and Spanish in various databases such as PubMed, Scielo, Scopus, and Google Scholar. The selection of publications was based on their thematic relevance and scientific contribution, prioritizing studies published between 2020 and 2026. The results showed that the high number of mtDNA copies per cell facilitates the recovery of genetic information in bone, dental, and hair samples, even when nuclear DNA is insufficient; Furthermore, the amplification of short fragments using polymerase chain reaction (PCR) and massive parallel sequencing (MSP) expands the possibilities of obtaining interpretable haplotypes in degraded samples; however, heteroplasmy, contamination, and the presence of mitochondrial sequences inserted into the nuclear genome (NUMTs) and the pattern of maternal inheritance influence the interpretation of the results, it is concluded that mtDNA serves as a complementary tool for establishing the compatibility or exclusion of maternal lineages, although a match between haplotypes does not, by itself, constitute conclusive individual identification.**

***Keywords: Mitochondrial DNA; human identification; forensic genetics; degraded remains***

## INTRODUCCIÓN

El análisis del ácido desoxirribonucleico mitocondrial (ADNmt) constituye una herramienta de interés para la identificación humana en el ámbito de las ciencias forenses particularmente, cuando los restos biológicos presentan un deterioro que dificulta la recuperación de información genética, es por eso que, el ADNmt se ubica en las mitocondrias celulares, posee una estructura circular de doble cadena, un elevado número de copias por célula y un patrón de herencia predominantemente materno, estas características favorecen su aplicación en muestras con escasa cantidad de material genético o cuya conservación se encuentra comprometida representando una alternativa relevante en investigaciones criminales y en la búsqueda de personas desaparecidas (1,2,3).

Desde la perspectiva de la criminalística y la genérica forense, el ADNmt puede contribuir a la identificación de restos humanos no identificados, personas desaparecidas y víctimas de acontecimientos en los que la conservación de los tejidos es limitada en ese sentido, su utilidad se relaciona principalmente con la posibilidad de analizar muestras como huesos, dientes y

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

cabellos sin raíz, que pueden conservar información mitocondrial aun cuando el ADN nuclear recuperable es escaso, la comparación de secuencias obtenidas de los restos con muestras de referencia de familiares de línea materna según lo expuesto por los especialistas pueden aportar información para valorar una posible relación biológica, no obstante, los resultados deben interpretarse considerando que las personas de una misma línea materna pueden compartir perfiles mitocondriales similares, por lo que una coincidencia no permite atribuir automáticamente los restos a una persona específica (4,2).

En este sentido, uno de los principales desafíos de este procedimiento es la degradación del material genético, puesto que después de la muerte cesan los mecanismos celulares de reparación del ADN y se desarrollan procesos que favorecen la fragmentación de sus moléculas, por tanto, la conservación del material genético depende, entre otros factores, de la temperatura, la humedad, el pH, la exposición a la radiación ultravioleta y la actividad de los microorganismos, debido que, estas condiciones pueden reducir la cantidad y calidad del ADN disponible y dificultar la amplificación de fragmentos extensos mediante técnicas convencionales, por ello, la selección del tipo de muestra y del protocolo de extracción debe considerar el deterioro real del indicio y las posibilidades de recuperar fragmentos con información relevante (5,6) .

Los avances de las técnicas moleculares han ampliado las posibilidades de estudiar muestras con distintos grados de deterioro, es así que, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) permite amplificar regiones específicas del ADN, mientras que la secuenciación facilita la determinación del orden de los nucleótidos y facilita la comparación de las secuencias obtenidas, entre los marcadores de interés forense se encuentran las regiones hipervariables HVI y HVII, así como otros polimorfismos de un solo nucleótido mitocondrial, además la secuenciación masiva paralela (MPS) permite analizar numerosas regiones e incluso el mitogenoma completo, es así como se describen resultados favorables con amplificaciones cortas en muestras degradadas, aunque el rendimiento depende del estado del material biológico, la preparación de bibliotécas y los critéticos de calidad del análisis (7,8,9).

A pesar de estas ventajas, la interpretación del ADNmt presenta limitaciones que deben considerarse al formular conclusiones periciales, la herencia materna restringe su capacidad de individualización, mientras que la heteroplasmia entendida como la coexistencia de variantes mitocondriales en un individuo y la posible interferencia de secuencias mitocondriales insertadas en el genoma nuclear (NUMTs) pueden dificultar la lectura de los perfíles genéticos, en consecuencia se requieren controles y procedimientos de calidad además de criterios consistentes para expresar el alcance de la coinidencia genética (10,11) por otro lado, el nivel de degradación no permite establecer por sí solo una estimación cuantitativa exacta del intervalo post mortem, debido a la influencia de múltiples condiciones ambientales y biológicas (12).

En el ámbito jurídico-pericial, los resultados del análisis de ADNmt pueden aportar información relevante para orientar investigaciones y respaldar procesos de identificación humana, siempre

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

que se preserve la integridad de los indicios y se documente adecuadamente su recolección, traslado y procesamiento, por otro lado, la cadena de custodia, la prevención de la contaminación y la exposición objetiva, los halazgos genéticos debe valorarse conjuntamente con las evidencias antropológicas, odontológicas y documentales, sin atribuirle un alcance identificativo superior al permitido (3,12).

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la utilidad del ADN mitocondrial en la identificación humana a partir de restos degradados, considerando sus características biológicas, los procedimientos moleculares empleados, los avances tecnológicos y las limitaciones que condicionan la interpretación de los resultados, con ello, se busca destacar su aporte a la investigación forense y criminalística, especialmente en situaciones en las que el deterioro de las muestras representa una dificultad para recuperar información genética útil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló mediante una revisión documental narrativa, con enfoque cualitativo y alcance descriptivo, orientada a analizar la utilidad del ADN mitocondrial (ADNmt) en la identificación humana a partir de restos biológicos degradados, este enfoque permitió recopilar examinar e interpretar información científica relacionada con las características del ADNmt, los procedimientos moleculares empleados para su recuperación y las principales limitaciones de su aplicación en el ámbito de la criminalística y las ciencias forenses.

La búsqueda bibliográfica/documental se orientó a identificar artículos científicos originales, revisiones y documentos técnicos relacionados con las características del ADNmt, los procesos de degradación genética forense, particularmente restos óseos, piezas dentales y tallos capilares, así mismo se consideró investigaciones sobre técnicas de extraccón, amplificación y secuenciación mitocondrial, así como estudios vinculados con la identificación de personas desaparecidas y restos humanos no identificados, debido a su relación directa con el objetivo de la investigación.

Para la localización de la literatura se consideraron las bases de datos PubMed, SciELO, Scopus así como el buscador académico Google Scholar, por su utilidad para identificar publicaciones relacionadas con genética forense, se utilizaron palabras clave en español e inglés, como: ADN mitocondrial, identificación humana, genética forense, restos humanos degradados, forensic identification, degraded human remains y massively parallel sequencing, estos términos se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR, con la finalidad de obtener resultados relacionados con las diferentes dimensiones de la investigación, se priorizaron publicaciones científicas que aportaron información sobre el análisis mitocondrial en muestras óseas, dentales, capilares y otros tejidos sometidos a procesos de degradación.

Para la selección de los documentos se establecieron criterios de inclusion y exclusión fundamentados en la pertinencia temática, el contenido científico y su relación con el objetivo de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

investigación, para lo cual se priorizaron publicaciones correspondientes al periodo 2020-2026, en español e inglés, que abordan directamente la utilidad de (ANDmt) en la identificación humana, particularmente en muestras óseas, dentales y capilares sometidas a procesos de degradación, así mismo, se consideraron investigaciones relacionadas con los métodos de extracción, amplificación y secuenciación así como las principales ventajas, limitaciones e implicaciones de la interpretación pericial.

Por otra parte, se excluyeron documentos duplicados, publicaciones sin relación directa con el objetivo de investigación, estudios centrados exclusivamente en el análisis de ADN nuclear y aquellos que no proporcionaban información suficiente sobre la recuperación o interpretación del ADNmt en restos biológicos degradados, asimismo, se descartaron documentos en los que el análisis mitocondrial constituía un tema secundario sin aportes significativos para el desarrollo de la investigación

En este orden de ideas, la información recopilada se analizó mediante una síntesis narrativa, agrupando los hallazgos en categorías relacionadas con las características del ADNmt, la degradación del material biológico, las técnicas de recuperación y secuenciación, los marcadores genéticos, las aplicaciones forenses y las limitaciones del análisis mitocondrial, a partir de esta organización se realizó una interpretación comparativa de los resultados, identificando coincidencias y diferencias entre los autores, con el propósito de comprender la importancia del ADNmt como herramienta complementaria para la identificación humana en restos biológicos degradados.

## RESULTADOS

La revisión de la literatura científica permitió identificar que el análisis del ADN mitocondrial (ADNmt) constituye una alternativa molecular de considerable utilidad para la identificación humana cuando los restos biológicos presentan un avanzado estado de degradación, particularmente en muestras óseas, dentales, capilares y tejidos sometidos a condiciones ambientales desfavorables, de manera que, los hallazgos examinados evidencian que su aplicación ha evolucionado desde la amplificación y secuenciación de regiones específicas del genoma mitocondrial hasta la recuperación de secuencias genómicas completas mediante tecnologías de secuenciación masiva paralela, en consecuencia, esta evolución ha incrementado las posibilidades de obtener información genética en escenarios donde el análisis convencional del ADN nuclear presenta limitaciones (1,2).

Una de las características que expone la utilidad forense del ADNmt es su presencia en numerosas copias por cada célula, lo que puede favorecer la recuperación de información genética en muestras biológicas en donde el ADN nuclear se encuentra muy reducido, para ponerlo en contexto el mitogenoma humano tiene aproximadadmente 16 569 pares de bases y contiene 37

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

genes, sin embargo, estas características no evitan la fragmentación, la contaminación ni la pérdida de material durante la conservación y procesamiento de las muestras, por consiguiente la selección del procedimiento analítica aplicable deberá considerar el tipo de indicio así como el estado de preservación (3,10).

En relación con su patron de herencia predominante materno, la literatura señala que el ADN mitocondrial permite comparar haplotipos entre restos humanos no identificados y familiares pertenecientes a una misma línea materna, esta característica resulta especialmente útil cuando no se dispone de muestras de referencia de familiares directos, pero existen otros parientes vinculados por dicha línea, no obstante diferentes individuos pueden compartir un mismo haplotipo mitocondrial, por lo que la coincidencia genética debe interpretarse considerando su frecuencia en poblaciones de referencia y la información obtenida mediante otras técnias de identificación (6,7).

Ta y colaboradores evaluación los estudios examinados identificaron diferencias en las posibilidades de recuperación genética según el tipo de muestra biológica, las condiciones de conservación y los procedimientos moleculares empleados, en este contexto, los huesos y dientes constituyen matices de interés forense por su capacidad de preservar material genético bajo determinadas condiciones ambientales, mientras que los tallos capilares representan una alternativa cuando no se dispone de suficiente ADN nuclear, sin embargo, la recuperación de ADNmt no es uniforme y puede variar según el grado de degradación y las características particulares de cada indicio (13,14).

Xavier y colaboradores evaluaron los diferentes métodos de extracción de ADN aplicados a muestras óseas de distintas antiguedades, destacando la importancia de seleccionar procedimientos adecuados a las características del material disponible, por su parte, Obal y colaboradores examinaron la cuantificación de ADNmt en huesos envejecidos y encontraron diferencias relevantes entre la cantidad estimada a partir del ADN nuclear y la determinada medida de cuantificación mitocondrial directa, estos hallazgos evidencian que la concentración de ADN nuclear no constituye necesarimanete un indicador suficiente de la disponibilidas del material mitocondrial para su posterior análisis (13,14,15).

Respecto de otras matrices biológicas, Ozga y colaboradores documentaron la recuperación de mitogenomas a partir de un cálculo dental humano antiguo, mientras que Korber y colaboradores describieron procedimientos de extracción amplificación y secuenciación de mitogenoma en tallos capilares, de manera complementaria, Li y colaboradores analizaron la cuantificación y secuenciación mitocondrial en muestras de uñas y cabello, poniendo de manifiesto la importancia de considerar la cantidad de ADN disponible y las variaciones genéticas presentes entre muestras biológicas (16,17,18).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

Los principales aportes metodológicos de estas investigaciones se presentan en la Tabla 1, con el proposito de sintetizar su contribución al análisis del ADNmt en materiales biológicos de interés forense.

***Tabla 1. Estudios representativos de análisis y recuperación de ADN mitocondrial.***

| Autor y año | Tipo de muestra o enfoque | Hallazgo o aporte principal | Limitación o consideración |
|---|---|---|---|
| Xavier et al. [6] | Muestras óseas de distintas antiguedades | Evaluación de métodos de extración aplicables a muestras forenses y antiguas | El rendimiento depende del procedimiento y la conservación del material |
| Senosvka et al. [15] | ADN antiguo, regiones hipervariables | Aplicación de secuenciación Sanger para autenticación y evaluación previa de muestras | Su alcance depende de las regiones analizadas y la calidad del ADN recuperado |
| Vinueza Espinoza et al [7] | Restos óseos muy degradados | Optiminzación de ADN | Secuenciación de la región de control de ADN |
| Ta et al [13] | Restos óseas antíguos | Análisis de la región de control por MPS | Su alcance depende las regiones de MPS evaluadas |
| Senosvka et al. [15,16] | ADN antiguo, mitogenoma completo | Descripción de un procedimiento de captura y secuenciación mitocondrial | Requiere enriquecimiento y controles adecuados de autenticidad |
| Obal et al. [14] | Huesos envejecidos | Identificación de diferencias entre cuantificación mitocondrial directa y estimaciones basadas en ADN nuclear | No resulta apropiado asumir una equivalencia fija entre cantidades de ADN nuclear y mitocondrial |
| Korber et al. (8) | Tallos capilares | Descripción de protocolos de amplificación multiplex y secuenciación masiva paralela del mitogenoma | Requiere cuantificación controles y análisis bioinformáticos especializados. |
| Li et al. [17] | Uñas y tallos capilares | Evaluación de ADNmt y secuenciación del mitogenoma completo | La cantidad de ADN y la heteroplasmia pueden variar entre muestras. |
| Lee et al [18] | Tejidos de cuerpos en descomposición | Evaluación de la calidad de secuencias mitocondriales | En los diferentes tejidos se evidenciará las secuencias mitocondriales aplicables en identificacionde ADNmt |

La literatura científica permitió identificar una evolución de las técnicas utilizadas para recuperar y caracterizar secuencias mitocondriales en muestras degradadas, entre los procedimientos descritos se encuentran la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la secuenciación de Sanger,

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

los métodos de captura y enrequecimietno genético y la secuenciación masiva paralela (MSP), estas herramientas presentan diferencias respecto de la cantidad de información obtenida, los requerimietnos analíticos y su aplicabilidad según el estado de conservación del material biológico (3,15) .

En este sentido, los procedimientos basados en PCR permiten amplificar regiones específicas del ADNmt y constituyen una alternativa para trabajar con fragmentos cortos cuando el material genético presentan degradación, en este sentido, Senovska y colaboradores describieron la utilización de secuenciación Sanger de regiones hipervariables como procedimiento para la autenticación y evaluación de muestras antiguas antes de aplicar técnicas de mayor rendimiento, estos hallazgos muestran que las estrategias convencionales conservan utilidad en determinados contextos, especialmente cuando se requiere examinar regiones mitocondriales específicas (15,16,17).

Por otra parte, Senovska y colaboradores describieron un procedimiento de captura y secuenciación del mitogenoma completo del ADN antiguo, esta estrategia amplía las posibilidades de recuperar información mitocondrial mediante técnicas de enriquecimiento, aunque su aplicación depende de la cantidad de material disponible y de los controles empelados para distinguir las secuencias auténticas de posibles interferencias (15,16).

La secuenciación masiva paralela representa uno de los principales avances identificados, debido a su capacidad para analizar múltiples fragmentos mitocondriales y generar información de regiones más amplias del genoma, por otro lado Korber y colaboradores describieron un conjunto de procedimientos aplicables al estudio de tallos capilares, que comprenden extracción, cuantificación, amplificación multiplex, preparación de bibliotécas, secuenciación y análisis bioinformático, esta metodología facilita la caracterización de haplotipos mitocondriales a partir de muestras de interés forense (8).

En concordancia, Li y colaboradores examinaron la cuantificación y secuenciación del mitogenoma en muestras de uñas y tallos capilares, su investigación evidenció la importancia de disponer de una cantidad suficiente de ADNmt para realizar procedimientos de amplificación y secuenciación, así como de considerar las diferencias de heteroplasmia observadas entre muestras de un mismo individuo estos resultados permiten reconocer que el incremento de información genética mediante MSP exige controles analíticos específicos y criterios adecuados de interpretación (17).

La Tabla 2, presenta una comparación de las principales técnicas moleculares identificadas, considerando sus aplicaciones, ventajas y limitaciones.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

*Tabla 2. Principales técnicas moleculares identificadas para detección de ANDmt*

| Técnica molecular | Aplicación principal | Ventajas | Limitaciones |
|---|---|---|---|
| PCR y amplificación de fragmentos cortos | Amplificación de regiones específicas de ADNmt | Permite trabajar con segmentos reducidos de ADN y seleccionar regiones de interés | La fragmentación extrema, los inhibidores y la contaminación pueden comprometer la amplificación. |
| Secuenciación Sanger | Caracterización de regiones mitocondriales específicas | Proporciona secuencias interpretables y permite comparaciones de regiones seleccionadas. | Presenta menor sensibilidad para determinadas variantes minoritarias y requiere productos de amplificación adecuados |
| Captura y enriquecimiento de ADNmt | Recuperación dirigida de secuencias mitocondriales, incluso de muestras antiguas. | Favorece el análisis de regiones mitocondriales cuando estas representan una fracción reducida de ADN recuperado. | Requiere preparación especializada y su eficiencia depende del estado del material |
| Secuenciación masiva paralela (MSP) | Análisis simultáneo de múltiples regiones o del mitogenoma completo | Amplía la cobertura de secuenciación y permite detectar variantes genéticas con mayor detalle | Exige infraestructura especializada, validación, controles de calidad y análisis bioinformático. |

Otro hallazgo que resulta relevante a las dificultades interpretativas asociadas con la heteroplasmia y las secuencias mitocondriales insertadas en el genoma nuclear, conocidas como NUMTs, la teroplasmia se refiere a la coexistencia de diferentes variantes de ANDmt dentro de un individuo, cuya distribución puede variar entre tejidos y muestras biológicas, de manera que, estas características pueden generar diferencias entre los perfiles obtenidos de un mismo individuo y requiere criterios específicos de interpretción, especialmente cuando se detectan variantes presentes en proporciones reducidad (1,10).

Por otro lado, los NUMTs representan secuencias de origen mitocondrial integradas en el genoma nuclear, cuya presencia puede interferir en la identificación de variantes mitocondriales auténticas, la literatura revisada señala que su diferenciación requiere procedimientos de amplificaci´ón apropiados, análisis bioinformáticos y criterios de validación que permitan reducir el riesgo de interpretaciones incorrectas (1).

A estas dificultades se suman la contaminación, particularmente relevante cuando se analizan muestras con escasa cantidad de ADN o procedentes de contextos donde existe exposición prolongada a agentes ambientales, en consecuencia, los resultados del análisis mitocondrial deben examinarse considerando la calidad de las secuencias obtenidas, la posible presencia de mezclas y la reproducibilidad de hallazgo de acuerdo con los procedimientos validados para cada laboratorio (12).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

En relación con la degradación del material genético, Tozzo y colaboradores examinaron su posible utilización en la estimación del intervalo post mortem, la revisión identificó dificultades asociadas a las diferencias entre tejidos, las condiciones ambientales y los métodos de análisis, por consiguiente, el grado de degradación constituye un factor relevante para seleccionar las estrategias de recuperación genética, pero no permite establecer por sí solo una estimación cronológica precisa del tiempo transcurrido desde la muerte (11).

En conjunto los hallazgos examinados muestran que la aplicación del ANDmt en identificación humana se encuentra condicionada por tres aspectos fundamentales, la calidad y conservación del indicio biológico, la selección de procedimientos moleculares adecuados y la interpretación de los haplotipos obtenidos, aunque las tecnologías actuales permiten recuperar información mitocondrial de muestras que presentan dificultades para el análisis nuclear, la coincidencia entre las secuencias debe valorarse dentro de las limitaciones propias de la herencia materna y de la frecuencia poblacional de los haplotipos. De esta manera, la evidencia consultada respalda la utilidad del ADNmt como recurso complementario para establecer compatibilidades o exclusiones de linajes maternos, puesto que, su contribución a la identificación individual requiere integrar los resultados moleculares con otros elementos de investigación y evitar conclusiones que excedan la capacidad discriminatoria de este marcador genético (1).

## DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión permiten establecer que el análisis del ADN mitocondrial (ADNmt) constituye una herramienta complementaria para la identificación humana cuando la degradación del material biológico dificulta la obtención de perfiles genéticos nucleares, su elevada cantidad de copias por célula representa una ventaja en el estudio de restos óseos, dentales y capilares sin embargo, esta caraterística no garantiza la recuperación de información interpretable, Cavalcanti et al. y Syndercombe Court coinciden en destacar su utilidad forense, aunque su patrón de herencia materna limita la capacidad de individualización, puesto que diferentes personas de un mismo linaje pueden compartir haplotipos mitocondriales (1,2).

Respecto a la recuperación genética, Xavier y colaboradores demostraron que la eficiencia de los métodos de extracción depende de las características del material óseo y de su estado de conservación, miestras que Senovska y colaboradores describieron procedimientos de enriquecimiento y secuenciación aplicados a muestras antiguas, por su parte, Korber y colaboradores presentaron protocolos de análisis del mitogenoma en tallos capilares, el contraste de estas investigaciones se evidencia que la selección de una técnica debe responder a las condiciones particulares del indicio, considerando su fragmentación, cantidad de ADN disponible y riesgo de contaminación, asimismo, los resultados obtenidos en muestras arqueológicas que deben interpretarse con precausión antes de extrapolarlos a investigaciones criminalísticas contemporáneas (6,16,8).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

Según Gettings y colaboradores la secuenciación masiva paralela (MSP) representa un avance relevante al permitir el análisis de múltiples regiones mitocondriales e incluso del mitogenoma completo, sin embargo, obtener mayor información genética no elimina las dificultades asociadas con la heteroplasmia ni con las secuencias mitocondriales insertadas en el genoma nuclear (NUMTs) mientras que, para Ferreira y colaboradores describen estas complejidades y sus implicaciones para la interpretación genética, por consiguiente, la confiabilidad de los resultados depende la aplicación de controles de calidad, procedimeitnos validados y criterios bioinformáticos adecuados, evitando atribuir a una coincidencia genética un alcance identificativo superior al demostrado (19,,20).

En el contexto ecuatoriano, la diversidad genética poblacional representa un aspecto relevante para interpretar las coincidencias mitocondriales González Andrade identificó diferencias regionales y poblaciones en la composición genética del Ecuador, con predominio de linajes maternos de ascendencia amerindia y europeas variables, esta heterogeneidad evidencia la necesidad de considerar las particularidades poblacionales al interpretar haplotipos mitocondriales, especialmente cuando existen diferencias de ascendencia y distribución geográfica, por tanto una coincidencia genética debe valorarse con prudencia y acompañaerse de información adicional que fortalezca su interpretación pericial (21).

Desde la perspectiva de la criminalística, la identificción humana requiere integrar los hallazgos mitocondriales con evidencias antropológicas, odontológicas, documentales y otros análisis genéticos disponibles, de la misma forma, la cadena de custodia, la trazabilidad de las muestras y la comunicación objetiva de los resultados constituyen elementos esenciales para sustentar conclusiones cientificamente sustentadas, de manera que, en los estudios de Sest y colaboradores, el ADNmt, se debe considerar como un recurso complementario dentro de una estrategia integral de identificación forense, siendo su principal aporte el fortalecimiento de la hipótesis de compatibilidad o exclusión de linajes maternos sin que una coincidencia de haplotipos constituya por si sola, una identificación individual concluyente (20,22).

## CONCLUSIONES

El análisis de ADN mitocondrial constituye una herramienta complementaria de relevancia en la identificación humana a partir de restos biológicos degradados, especialmente cuando el deterioro del material genético dificulta la obtención de perfiles nucleares, su elevado número de copias por célula y la disponibilidad de analizar fragmentos cortos favorece la recuperación de información genética en muestras óseas, dentales y capilares, aunque su rendimiento depende de las condiciones de conservación de los indicios y de los procedimientos moleculares empleados, en este sentido, los avances en las técnicas de extracción, amplificación y secuenciación, particularmente mediante secuenciación masiva paralela (MPS), han ampliado las posibilidades de caracterizar secuencias mitocondriales en muestras con distintos grados de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

degradación, no obstante, la obtención de mayor información genética no garantiza una identificación individual conluyente, debido a las limitaciones asociadas con el patrón de herencia materna, la heteroplasmia, la posible interferencia de secuencias mitocondriales, presentes en el genoma nuclear (NUMTs) y el riesgo de contaminación, por consiguiente la interpretación de los resultados requiere procedimientos valiosos, controles de calidad y una valoración conjunta con evidencias antropológicas, odontológicas, documentales y otros marcadores genéticos disponibles, en consecuencia siendo el principal aporte del ADNmt la capacidad para respaldar hipótesis de compatibilidad o exclusión de linajes maternos, constituyendo un recurso científico que fortalece los procesos de identificación humana, sin que una coincidencia entre haplotipos pueda considerarse, por sí sola, prueba suficiente para establecer identidad a una persona.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS

Las autoras declaran que no existe ningún conflicto de intereses, finaciero, comercial, institucionl, ni personal, que hay podido influir de manera inapropiada en la elaboración, análisis o publicación del presente artículo

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cavalcanti P, Nogueira TLS, de Carvalho EF, da Silva DA. Forensic use of human mitochondrial DNA: a review. An Acad Bras Cienc. 2024;96(4):e20231179. doi:10.1590/0001-3765202420231179
2. Syndercombe Court D. Mitochondrial DNA in forensic use. Emerg Top Life Sci. 2021;5(3):415-426. doi:10.1042/ETLS20210204
3. Cooley AM. Mitochondrial DNA analysis. Methods Mol Biol. 2023;2685:331-349. doi:10.1007/978-1-0716-3295-6_20
4. Guardado-Estrada JM, Ruiz Segal X. DNA mitocondrial en el contexto forense. ReCiF. 2025;4(1). doi:10.22201/enacif.30617588e.2025.3.1.157
5. Zupanič Pajnič I. Analysis of human degraded DNA in forensic genetics. Genes (Basel). 2025;16(11):1375. doi:10.3390/genes16111375
6. Xavier C, Eduardoff M, Bertoglio B, Amory C, Berger C, Casas-Vargas A, et al. Evaluation of DNA extraction methods developed for forensic and ancient DNA applications using bone samples of different age. Genes (Basel). 2021;12(2):146. doi:10.3390/genes12020146
7. Vinueza-Espinosa DC, Cuesta-Aguirre DR, Malgosa A, Santos C. Mitochondrial DNA control region typing from highly degraded skeletal remains by single-multiplex next-generation sequencing. Electrophoresis. 2023;44(17-18):1423-1434. doi:10.1002/elps.202200052

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

8. Korber JT, Canale LC, Holland MM. Massively parallel sequencing of the mitogenome from human hair shafts in forensic investigations. Curr Protoc. 2023;3(8):e865. doi:10.1002/cpz1.865
9. Paladinez Guaicha GC, Loján González MC, Jumbo Chuquimarca GM. Técnicas y marcadores del ADN mitocondrial en la identificación forense de muestras humanas degradadas. Ciencia Latina Rev Cient Multidiscip. 2026;10(4):5214-5225. doi:10.37811/cl_rcm.v10i4.25504
10. Ferreira T, Rodriguez S. Mitochondrial DNA: inherent complexities relevant to genetic analyses. Genes (Basel). 2024;15(5):617. doi:10.3390/genes15050617
11. Tozzo P, Scrivano S, Sanavio M, Caenazzo L. The role of DNA degradation in the estimation of post-mortem interval: a systematic review of the current literature. Int J Mol Sci. 2020;21(10):3540. doi:10.3390/ijms21103540
12. Panneerchelvam S, Norazmi MN. DNA profiling in human identification: from past to present. Malays J Med Sci. 2023;30(6):5-21. doi:10.21315/mjms2023.30.6.2
13. Ta MTA, Nguyen NN, Tran DM, Nguyen TH, Vu TA, Le DT, et al. Massively parallel sequencing of human skeletal remains in Vietnam using the precision ID mtDNA control region panel on the Ion S5 system. Int J Legal Med. 2021;135(6):2285-2294. doi:10.1007/s00414-021-02649-1
14. Obal M, Zupanc T, Zupanič Pajnič I. Measure quantity of mitochondrial DNA in aged bones or calculate it from nuclear DNA quantitative PCR results? Int J Legal Med. 2023;137(6):1653-1659. doi:10.1007/s00414-023-03074-2
15. Šenovská A, Drozdová E, Brzobohatá K, Chocholová E, Fialová D, Šmerda J. Sanger sequencing of mitochondrial hypervariable region of ancient samples for DNA authentication and screening before high-throughput sequencing. J Archaeol Sci Rep. 2021;40:103216. doi:10.1016/j.jasrep.2021.103216
16. Šenovská A, Drozdová E, Vaculík O, Pardy F, Brzobohatá K, Fialová D, et al. Cost-effective straightforward method for captured whole mitogenome sequencing of ancient DNA. Forensic Sci Int. 2021;319:110638. doi:10.1016/j.forsciint.2020.110638
17. Li H, Cao Y, Yang F, Liu X, Tao R, Xia R, et al. Quantitation of human mitochondrial DNA and whole mtGenomes sequencing of fingernail/hair shaft samples. Forensic Sci Res. 2025;10(1):owae018. doi:10.1093/fsr/owae018
18. Lee SE, Kim GE, Lee DY, Kim H, Kim MY. Analysis of the sequencing quality of next-generation sequencing for the entire mitochondrial genome in decomposed human samples. Int J Legal Med. 2025;139(2):551-562. doi:10.1007/s00414-024-03380-3

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 117-130
DOI:
https://doi.org/10.56519/dw0e8710

19. Gettings KB, Tillmar A, Sturk-Andreaggi K, Marshall C. Review of SNP assays for disaster victim identification: cost, time, and performance information for decision-makers. J Forensic Sci. 2024;69(5):1546-1557. doi:10.1111/1556-4029.15585
20. Senst A, Caliebe A, Drum M, Cossu C, Zieger M, Scheurer E, et al. Recommendations for the successful identification of altered human remains using standard and emerging technologies: results of a systematic approach. Forensic Sci Int Genet. 2023;62:102790. doi:10.1016/j.fsigen.2022.102790
21. González-Andrade F. Genetic ancestry and population structure across Ecuador. Genes (Basel). 2026;17(4):437. doi:10.3390/genes17040437
22. Senst A, Scheurer E, Gerlach K, Schulz I. Which tissue to take? A retrospective study of the identification success of altered human remains. J Forensic Leg Med. 2021;84:102271.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

# ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS DE LA SALUD

# ACTIVE LEARNING STRATEGIES IN THE EDUCATION OF HEALTH SCIENCES STUDENTS

Elida María Hidalgo Gualan[1], Raúl Eduardo Chávez Robalino[2], Virgen Maria Acuña Peña[3], David Mauricio Valdez Girón[4]

{elyta66@yahoo.es[1], rolyraul22@gmail.com[2], virgenacuna2015@gmail.com[3], Mauro095341@hotmail.com[4]}

Fecha de recepción: 16/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: Las estrategias de aprendizaje activo han ocupado un lugar prominente en la formación de los profesionales de la salud, pero la evidencia que respalda su eficacia se encuentra desarticulada entre múltiples revisiones con distintas poblaciones, comparadores y resultados. Producir una revisión de la evidencia publicada entre 2016 y 2026 sobre la eficacia de las estrategias de aprendizaje activo en estudiantes del área de ciencias de la salud. Revisión bibliográfica del tipo documental, con dirección cualitativa-descriptiva y siguiendo la declaración PRISMA 2020. Se revisaron 46 registros obtenidos mediante búsquedas dirigidas y quedaron 27 documentos, de los cuales 21 revisiones secundarias (sistemáticas, metaanálisis, de alcance y paraguas) conforman el corpus principal. Los datos se sintetizaron de forma narrativa y con estadística descriptiva de las diferencias de medias estandarizadas (DME) informadas. El aula invertida fue la estrategia más estudiada (6 de 21 revisiones; 28,6 %), seguida de la simulación clínica (3; 14,3 %). Las DME informadas para conocimiento estuvieron entre los valores de 0,11 y 1,73 (mediana 0,49), con valores más elevados para las revisiones centradas en enfermería (media 1,53) que en las de medicina y de las profesiones sanitarias en general (media 0,36). Las habilidades prácticas mostraron efectos de 0,90 y 1,71 en las revisiones que las midieron, y el pensamiento crítico, de 0,75. Las estrategias activas están asociadas a mejora de magnitud pequeña a grande que depende de la calidad del diseño pedagógico, de la evaluación obtenida y de la población; la heterogeneidad no permite ofrecer un efecto agrupado único, por lo que se sugieren estudios primarios con diseño comparables y seguimiento a largo plazo.**

[1]Universidad Central del Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-7978-6864
[2]Universidad Central del Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-2075-5699
[3]Universidad Central del Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-1194-2119
[3]Investigador independiente, https://orcid.org/0009-0006-2391-179X

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

***Palabras clave: Aprendizaje activo, educación en ciencias de la salud, aula invertida, aprendizaje basado en problemas, simulación clínica, revisión bibliográfica.***

**ABSTRACT: Active learning strategies have played a prominent role in the training of health professionals, but the evidence supporting their effectiveness is scattered across multiple reviews with different study populations, comparators, and outcomes. The aim of this study is to conduct a review of the evidence published between 2016 and 2026 on the effectiveness of active learning strategies among students in the health sciences. This was a documentary-style literature review with a qualitative-descriptive approach, conducted in accordance with the PRISMA 2020 statement. A total of 46 records obtained through targeted searches were reviewed, resulting in 27 documents; of these, 21 secondary reviews (systematic reviews, meta-analyses, scoping reviews, and umbrella reviews) constitute the main corpus. The data were synthesized narratively and using descriptive statistics to analyze the reported standardized mean differences (SMD). The flipped classroom was the most frequently studied strategy (6 of 21 reviews; 28.6%), followed by clinical simulation (3; 14.3%). The SMDs reported for knowledge ranged from 0.11 to 1.73 (median 0.49), with higher values for nursing-focused reviews (mean 1.53) than for those focused on medicine and health professions in general (mean 0.36). Practical skills showed effects ranging from 0.90 to 1.71 in the reviews that measured them, and critical thinking showed an effect of 0.75. Active strategies are associated with small- to large-magnitude improvements that depend on the quality of the instructional design, the assessment used, and the study population; due to heterogeneity, it is not possible to report a single pooled effect, so primary studies with comparable designs and long-term follow-up are recommended.**

***Keywords: Active learning, health sciences education, flipped classroom, problem-based learning, clinical simulation, literature review.***

## INTRODUCCIÓN

La educación superior ha cambiado desde hace más de diez años, pasando de un enfoque basado en la transmisión de contenidos a otro donde el alumno tiene un mayor protagonismo en su aprendizaje. En este sentido, el aprendizaje activo se entiende como la serie de estrategias que obligan al estudiante a pensar, discutir, resolver problemas o aplicar el conocimiento adquirido en clase (en lugar de limitarse a escuchar). La mejor evidencia proviene de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, donde un metaanálisis a gran escala demostró que este tipo de estrategias mejoran el rendimiento y disminuyen las diferencias entre estudiantes pertenecientes a grupos subrepresentados (1). Por otro lado, un experimento llevado a cabo en un curso universitario de física añade una consideración importante: los participantes en clases activas aprendieron más, aunque sentían que aprendían menos, lo que ayuda a comprender las reticencias que a veces suscitan estas metodologías (2).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

La formación en ciencias de la salud implica requerimientos específicos. Los futuros médicos, enfermeros y otros profesionales de estos ámbitos deben contener cantidades importantes de conocimientos, razonar en circunstancias de incertidumbre, comunicarse con pacientes y trabajar en equipos interprofesionales, competencias que no se colaboran con la exposición pasiva. Por esto, las instituciones han incorporado las aulas rediseñadas y metodologías participativas, y la literatura sobre el tema ha crecido de manera sostenida. Una revisión de alcance sobre el uso de aulas de aprendizaje activo en la educación de los profesionales sanitarios dio cuenta de este crecimiento y revelaron que la evaluación de sus resultados todavía resulta desigual (3). En paralelo, también una revisión sistemática reciente sobre metodologías activas y técnicas didácticas en educación médica mostró la profusión de estrategias que hay que organizar (4).

Dentro de las estrategias más extendidas encontramos el aprendizaje basado en problemas (ABP), en el que los estudiantes inician con una situación real de la que ellos deducen qué necesitan aprender, y el análisis del mismo se ha centrado en si promueve un aprendizaje profundo o superficial (5) así como también para la evaluación en la formación médica de pregrado como se demuestra con revisiones de alcance (6). Una lógica parecida se sigue en el aprendizaje basado en equipos, una secuencia estructurada de preparación individual e interacciones en grupo y aplicación de casos y que ha sido descrita en detalle su diseño y facilitación (7) e incluso se han hallado resultados empíricos que demuestran que cada uno de los momentos de esta secuencia laboral contribuye de manera diferenciada al resultado final (8).

El aula invertida, por su parte, realiza una primacía del aprendizaje del contenido y conocimiento teórico por parte del estudiante antes del momento presencial, dejando el tiempo presente para la reflexión y discusión del conocimiento teórico trabajado. La enseñanza de pares - Peer teaching - Cuando se contrastaron los resultados del aprendizaje mediante la enseñanza recíproca en la salud con los de la enseñanza tradicional, un metaanálisis encontró que la enseñanza recíproca favorecía el aprendizaje en vez de la enseñanza tradicional (9), hallazgo que concuerda con el de una revisión sistemática en educación médica, la cual además alertaba en torno a la variabilidad que puede existir en la propia forma de aplicar la técnica (10). En el caso de enfermería, la evidencia procedente de China apunta a que el aprendizaje se ve beneficiado por la técnica a costa de los resultados más teóricos del aprendizaje y la revisión que lo abarcó se detuvo en analizar las características pedagógicas que se asocian a experiencias exitosas (11), (12).

La simulación clínica constituye otro eje de la enseñanza práctica, varios metaanálisis revisan la cuestión desde el punto de vista de la eficacia de la simulación en función del grado de fidelidad (13) y ha habido una revisión paraguas que resume el conjunto de revisiones sobre el uso de la simulación clínica en la educación de la enfermería de pregrado (14). Todas estas estrategias pueden agruparse en torno a: pacientes virtuales (15), gamificación (16), peer learning (17) y el aprendizaje basado en casos (18), cada una de las cuales cuenta con fundamentos diferentes. Sin embargo, esta explosión de revisiones también ha planteado un inconveniente práctico, ya que cada una de ellas estudia una estrategia, una disciplina o un tipo de resultados distinta, emplea

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

distintos comparadores y expresa los efectos con métricas que no siempre son comparables, como ya han alertado las revisiones de alcance ya disponibles (3), (7). Para un docente o un coordinador de carrera es complicado saber qué estrategias tienen mayor respaldo, para qué resultados o en qué poblaciones. Por si esto fuera poco, se le ha de sumar la dificultad que representa que una buena parte de la literatura viene de contextos asiáticos, europeos o norteamericanos; esto implica que la generalización a entornos como las universidades latinoamericanas debe hacerse con precaución.

Esta revisión se justifica por tres motivos. En primer lugar, porque ofrece una visión integrada de la evidencia de 2016 a 2026 que permite comparar estrategias con un mismo marco de lectura. En segundo lugar, cuenta con las ventajas enumerativas del tamaño de los efectos obtenidos, ayudando al establecimiento de las estrategias de mayor anclaje. En tercer lugar, tiene utilidad práctica para la toma de decisiones curriculares en los programas de ciencias de la salud, dado que la implicación en simulaciones, aulas o tecnología es considerable y la literatura reciente aboga por síntesis de esa fundamentación (4).

Así pues, el propósito del presente estudio consistió en examinar las evidencias publicadas en el periodo comprendido entre 2016 y 2026 relativas a la efectividad de las estrategias de aprendizaje activo en la formación de estudiantes de ciencias de la salud, a partir de una revisión de la literatura realizada según la declaración PRISMA 2020.Si bien se puede observar un aumento en el apoyo hacia el aprendizaje activo, la información que poseen quienes diseñan programas de ciencias de la salud es fragmentada: las revisiones existentes se limitan a una estrategia, a una disciplina o a un tipo de resultado. Las revisiones no se contrastan entre sí; los estudiantes, además, tienen una percepción de que aprenden menos de las metodologías activas, a pesar de aprender más (2). Por tanto, es urgente obtener evidencia objetiva para poder discutir su aplicación.

Por todo ello, la formulación del problema de investigación se articula en la pregunta: ¿qué evidencias han ofrecido las revisiones publicadas entre 2016 y 2026 sobre la efectividad de las estrategias de aprendizaje activo en la formación de estudiantes de ciencias de la salud, y qué magnitud tienen estos efectos? De esta pregunta se derivan tres preguntas específicas: qué estrategias han sido más investigadas en qué poblaciones, qué tamaño del efecto se presenta para lo que es conocimiento, habilidades y pensamiento crítico, y qué condiciones del diseño determinan los resultados.

Valorar la evidencia científica publicada entre 2016 y 2026 sobre la efectividad de las estrategias de aprendizaje activo en la formación de estudiantes de ciencias de la salud, caracterizando su distribución por disciplinas, su tamaño de efecto en los resultados de aprendizaje y los modos pedagógicos que determinan su implementación.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

# MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio corresponde a una investigación bibliográfica o documental, de enfoque cualitativo-descriptivo, con un componente cuantitativo descriptivo. Se trata de una revisión de revisiones, es decir, de una síntesis de estudios secundarios (revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones de alcance y revisiones paraguas), y no de ensayos o estudios primarios. Para garantizar la transparencia del proceso de identificación, cribado e inclusión se adoptó como guía de reporte la declaración PRISMA 2020, sin registro previo de protocolo.

La población estuvo constituida por la producción científica sobre aprendizaje activo en la educación de ciencias de la salud. La muestra final fue de 27 documentos, seleccionados tras evaluar 46 registros: 21 revisiones secundarias formaron el corpus principal de análisis y 6 estudios aportaron contexto general, fundamento metodológico y apoyo conceptual. El entorno fue exclusivamente digital: las búsquedas se realizaron en noviembre de 2026 mediante motores académicos, repositorios y páginas de editoriales, y cada registro se verificó después en la fuente del editor o en una base bibliográfica. La Tabla 1 detalla los componentes metodológicos.

***Tabla 1. Componentes metodológicos de la revisión bibliográfica.***

| Componente | Descripción |
|---|---|
| **Tipo de investigación** | Bibliográfica (documental); enfoque cualitativo-descriptivo con componente cuantitativo descriptivo; revisión de revisiones con síntesis narrativa. |
| **Guía de reporte** | Declaración PRISMA 2020 para el diagrama de flujo y la transparencia de la selección; sin registro previo de protocolo. |
| **Pregunta orientadora (PICo)** | P: estudiantes de ciencias de la salud (medicina, enfermería y otras profesiones sanitarias). I: estrategias de aprendizaje activo. Co: educación superior de pregrado; resultados de aprendizaje. |
| **Población y muestra** | Población: producción científica sobre aprendizaje activo en educación en salud. Muestra: 46 registros evaluados y 27 documentos incluidos (21 revisiones del corpus principal y 6 estudios de contexto y apoyo). |
| **Entorno y periodo** | Fuentes digitales en línea (motores académicos, repositorios, páginas de editoriales y plataformas bibliográficas); publicaciones de 2016 a 2026; búsquedas realizadas en noviembre de 2026. |
| **Descriptores y estrategia de búsqueda** | active learning; flipped classroom; problem-based learning; team-based learning; case-based learning; simulation; virtual patients; gamification; peer-assisted learning; health professions education; nursing students; medical education; systematic review; meta-analysis; metodologías activas; educación médica. Combinación con operadores AND y OR, en inglés y español. |
| **Criterios de inclusión** | (a) Revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones de alcance o paraguas, y estudios de contexto sobre aprendizaje activo; (b) población de ciencias de la salud (o educación superior, para los estudios de contexto); (c) publicados entre 2016 y 2026; (d) revista indexada con DOI verificable; (e) idioma español o inglés. |
| **Criterios de exclusión** | Publicaciones anteriores a 2016; literatura gris (tesis, informes, comunicaciones); revistas cuya indexación no pudo confirmarse; registros sin metadatos o DOI contrastables. |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

| | |
|---|---|
| **Selección y verificación** | Cribado por título y resumen, revisión del texto o del resumen ampliado y contraste de autores, volumen, páginas y DOI con la página del editor, un repositorio o una base bibliográfica. Selección realizada por un solo revisor. |
| **Variables y mediciones** | Año de publicación; tipo de revisión; estrategia analizada; población; resultado evaluado (conocimiento, habilidades, pensamiento crítico); diferencia de medias estandarizada (DME) e intervalo de confianza del 95 %; factores de diseño señalados. |
| **Análisis estadístico** | Síntesis narrativa; frecuencias y porcentajes; mediana, media y rango de las DME informadas. No se realizó metaanálisis agrupado por la heterogeneidad de comparadores y métricas; las comparaciones se hicieron por población y por resultado. |
| **Consideraciones éticas** | Se trabajó con documentos de acceso público, sin participantes humanos, por lo que no requirió dictamen de un comité de ética; se respetó la autoría mediante citación. |

La Tabla 1 muestra que el diseño es el resultado de una combinación de selección sistemática y verificable con una síntesis de tipo descriptivo, siendo la combinación de ambas tipologías la más apropiada para el objetivo planteado, dado que se compara diferentes poblaciones y estrategias sin que el forzado agrupamiento estadístico sea válido dado el disipar de comparadores y métricas. Como punto contra partido, la búsqueda a partir de motores de búsqueda académicos, la selección de un único revisor, así como una valoración formal del riesgo de sesgo limitan la exhaustividad y reproducibilidad de dicho proceso, lo que se retoma en la discusión.

## RESULTADOS

Para evidenciar cómo se constituyó el corpus de análisis la Figura 1 ilustra el proceso seguido por el cual se llegó a la identificación, cribado e inclusión, según el diagrama de flujo de la declaración PRISMA 2020 (19).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

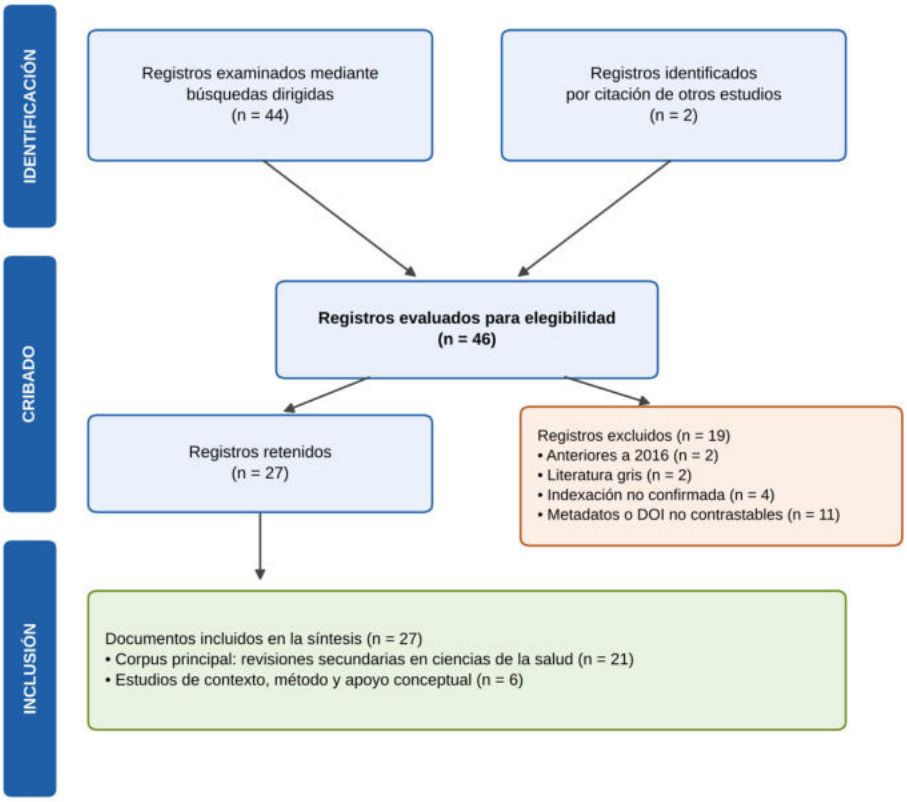


***Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de documentos (adaptado de PRISMA 2020).***

Del total de 46 registros que fueron evaluados para valoración de elegibilidad, fueron excluidos 19: 2 anteriores a 2016; 2 de la literatura gris; 4 cuyo índice de la revista no se corroboró y 11 sin metadatos o DOI contrastables. Se retuvieron así 27 documentos de los cuales 21 eran revisiones secundarias que conforman el corpus principal y 6 artículos denominados estudios de contexto, metodología o del soporte conceptual. Esto último es de mencionar, ya que de forma particular el filtro de verificabilidad fue el más riguroso, ya que fue el motivo por el que un 57,9 % de los documentos fueron excluidos, lo que evidenciaba su relevancia de que cada referencia pudiera comprobarse.

Una vez se tuvo el corpus, en la Tabla 2, se caracterizan las 21 revisiones en función del año de publicación, el tipo de revisión, la estrategia analizada y la población objeto de estudio.

***Tabla 2. Características de las revisiones del corpus principal (n = 21).***

| Ref. | Año | Tipo de revisión | Estrategia | Población |
|---|---|---|---|---|
| (9) | 2018 | Metaanálisis | Aula invertida | Profesiones de la salud |
| (10) | 2017 | Revisión sistemática | Aula invertida | Medicina |
| (20) | 2023 | Revisión sistemática | Aula invertida | Profesiones de la salud |
| (11) | 2020 | Metaanálisis | Aula invertida | Enfermería |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| (12) | 2021 | Revisión sistemática | Aula invertida | Enfermería |
| (21) | 2025 | Revisión sistemática y metaanálisis | Aula invertida | Medicina |
| (13) | 2016 | Metaanálisis | Simulación según fidelidad | Enfermería |
| (14) | 2017 | Revisión paraguas | Simulación clínica | Enfermería |
| (22) | 2023 | Revisión sistemática y metaanálisis | Simulación de alta fidelidad | Enfermería |
| (18) | 2023 | Revisión sistemática y metaanálisis | Aprendizaje basado en casos | Medicina |
| (23) | 2025 | Revisión sistemática | Aprendizaje basado en casos | Profesiones de la salud |
| (24) | 2017 | Revisión sistemática | Aprendizaje basado en equipos | Profesiones de la salud |
| (25) | 2025 | Revisión sistemática | Aprendizaje basado en equipos | Profesiones de la salud |
| (6) | 2022 | Revisión de alcance | Aprendizaje basado en problemas | Medicina |
| (15) | 2019 | Revisión sistemática y metaanálisis | Pacientes virtuales | Profesiones de la salud |
| (16) | 2021 | Revisión sistemática | Gamificación | Profesiones de la salud |
| (17) | 2022 | Revisión sistemática y metaanálisis | Aprendizaje entre pares | Medicina |
| (17) | 2025 | Metaanálisis | Aprendizaje entre pares | Medicina |
| (26) | 2019 | Revisión sistemática y metaanálisis | Educación digital sin conexión | Medicina |
| (4) | 2025 | Revisión sistemática | Metodologías activas (general) | Medicina |
| (3) | 024 | Revisión de alcance | Aulas de aprendizaje activo | Profesiones de la salud |

Las publicaciones se extienden de los años 2016 a 2025 y, en su mayoría, están publicadas en años recientes, ya que cinco de las 21 son del año 2025 y tres del 2023, lo que muestra el persistente interés por el área. Predominan los metaanálisis (10; 47,6 %) en relación a las revisiones sistemáticas sin análisis cuantitativo (8; 38,1 %), las revisiones de alcance (2; 9,5 %) y la única revisión paraguas (1; 4,8 %). Por población, las revisiones que se centran en medicina son ocho frente a cinco en enfermería y ocho en la profesión sanitaria en general. Cabe destacar y llama la atención que no se encuentre ninguna revisión de profesiones distintas de la medicina y la enfermería, como sería el caso de la odontología, nutrición o la fisioterapia, lo que es un vacío para estas formaciones.

**Estrategias más estudiadas**

Para establecer qué estrategias han sido más detrás de interés, la Figura 2 establece el número de revisiones visitadas según cada estrategia, en función de la población a la que dirigen.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

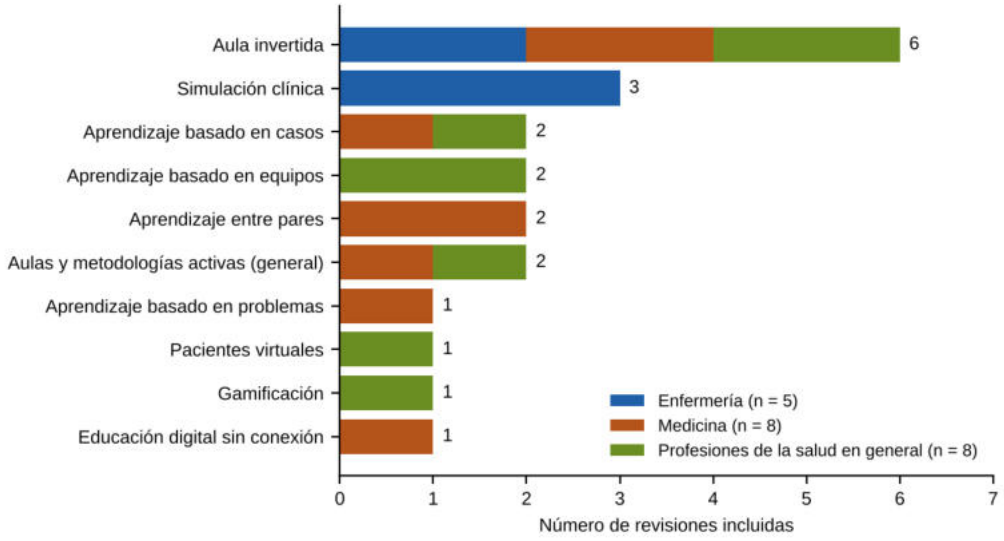


***Figura 2. Número de revisiones por estrategia de aprendizaje activo y población (n = 21).***

El aula invertida fue la estrategia más utilizada, con 6 de las 21 revisiones (28,6 %), volumen notorio pues incluye estudios revisados de reciente aparición como los de [20,21]. La simulación clínica ocuparía una segunda posición, pues con 3 revisiones (14,3 %), y ya en la tercera el aprendizaje basado en casos, el aprendizaje basado en equipos, el aprendizaje entre compañeros y las revisiones generales sobre metodologías activas, con 2 revisiones cada una (9,5 %). Los tipos de aprendizaje basado en problemas ABP), los pacientes virtuales, la gamificación y la educación digital offline se especifican con la clasificación de una revisión cada uno (4,8 %). También se puede ver que la simulación se reflexionó sólo en la enfermería, que el aprendizaje entre compañeros y el ABP fueron específicos de la medicina y que el aprendizaje basado en equipos fue específico de revisiones de profesionales de la salud en general.

## Magnitud de los efectos que se informaban

A fin de poder comparar la magnitud de los efectos, la Tabla 3 recoge las diferencias de medias estandarizadas (DME) que informan de las revisiones que lo hacen. Los datos que aparecen no se hicieron una combinación, pues los ellos provienen de comparadores y de distintas métricas.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

*Tabla 3. Diferencias de medias estandarizadas informadas según estrategia y resultado.*

| Ref. | Estrategia | Resultado | DME | IC 95 % |
|---|---|---|---|---|
| (9) | Aula invertida | Conocimiento | 0,33 | 0,21 a 0,46 |
| (23) | Aprendizaje basado en casos | Conocimiento | 0,41 | 0,20 a 0,62 |
| (20) | Aula invertida | Conocimiento | 0,57 | 0,25 a 0,90 |
| (15) | Pacientes virtuales | Conocimiento | 0,11 | −0,17 a 0,39 |
| (11) | Aula invertida (enfermería) | Aprendizaje teórico | 1,33 | 1,02 a 1,64 |
| (22) | Simulación de alta fidelidad | Conocimiento | 1,73 | No informado |
| (15) | Pacientes virtuales | Habilidades | 0,90 | 0,49 a 1,32 |
| (22) | Simulación de alta fidelidad | Habilidades | 1,71 | No informado |
| (23) | Aprendizaje basado en casos | Pensamiento crítico | 0,75 | 0,21 a 1,29 |

A continuación, la Figura 3 muestra los valores graficados, de esta manera puede comprobarse tanto la magnitud indicada como la precisión alcanzada en cada estimación.

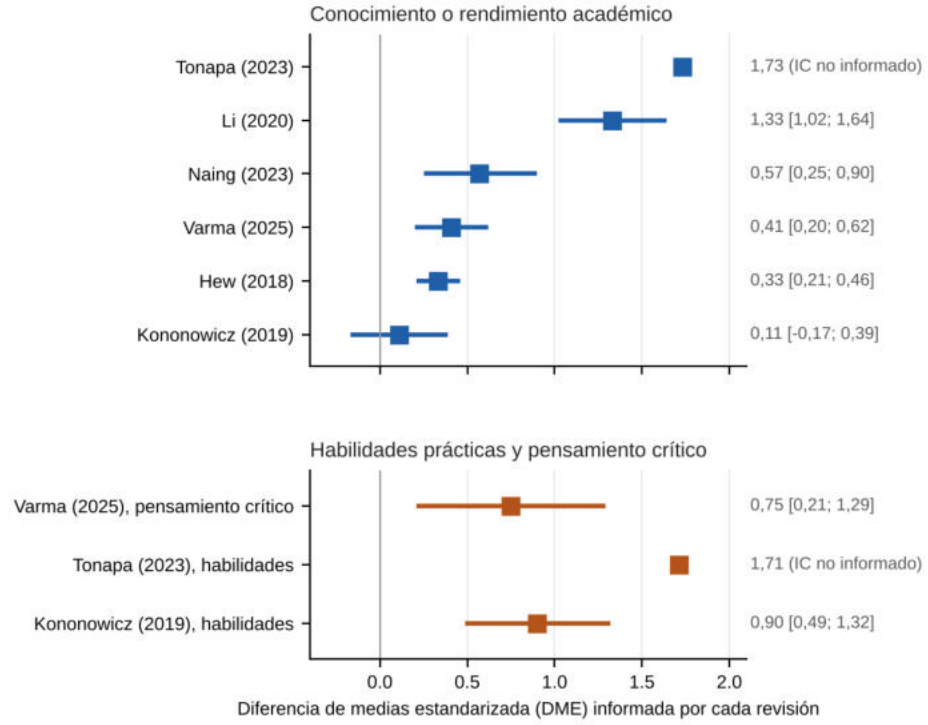


*Figura 3. Diferencias de medias estandarizadas informadas por cada revisión (sin efecto agrupado).*

*Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 3.*

En conocimiento o rendimiento académico, las seis DME ya referidas llegan a tomarse entre 0,11 y 1,73, con una mediana de 0,49 y una media de 0,75. Tres de estas DME superan el valor de 0,5

y solo una, la de pacientes virtuales, tiene un intervalo de confianza que incluye el cero. También se observa que hay diferencia según la población: las dos revisiones en enfermería obtienen valores altos (1,33 y 1,73; media 1,53) y las de aula invertida en las profesiones sanitarias generales, aprendizaje basado en casos y pacientes virtuales muestran valores bajos (0,11 a 0,57; media 0,36).

Por el otro lado, los resultados de los resultados prácticos y cognitivos de orden mayor son más homogéneos y favorables. Las habilidades llegaron a DME de 0,90 con pacientes virtuales y de 1,71 con simulación de alta fidelidad y el pensamiento crítico alcanzó 0,75 con el aprendizaje basado en casos. En conjunto, de los nueve valores, seis alcanzan la puntuación de un valor superior a 0,5 y cuatro de estos alcanzan una puntuación superior a 0,8, que son umbrales que suelen considerarse correspondientes a efectos moderados y grandes, respectivamente. Sin embargo, la no disponibilidad de intervalos en dos estimaciones y la diversidad de comparadores favorecen una interpretación de estas cifras con cautela.

**Factores de diseño y limitaciones de la evidencia**

Más allá de las cifras, las revisiones revisadas coinciden en el hecho de que el resultado dependerá de cómo implementemos la estrategia. Por lo tanto, en este apartado se presenta una síntesis cualitativa de los factores de diseño y las limitaciones que se han identificado, y en el aprendizaje colaborativo una revisión reciente ha identificado los factores de diseño conceptuales y que tienen relación con los resultados (25), mientras que otra lo que hace es describir la producción científica disponible para esta estrategia en la formación en salud (24). En el aula invertida las características pedagógicas de los cursos de enfermería (preparación previa y actividad presencial guiada) forman parte central de la descripción (12).

Las revisiones que abordan la gamificación y los pacientes virtuales describen una base de estudios heterogénea en términos de sus diseños y su recolección de datos (16), (15), lo que limita la comparación de resultados. En las revisiones del aprendizaje entre pares, dos metaanálisis, centrados en medicina, lo evalúan como un complemento a la docencia tradicional (17); mientras que la educación digital sin conexión también se compara con la enseñanza convencional en los estudiantes de medicina (26). Finalmente, la revisión de aprendizaje basado en casos en profesiones sanitarias evalúa de forma conjunta competencias y satisfacción del estudiante (23), mostrando así que los resultados evaluados no se restringen únicamente al conocimiento.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión indican que las estrategias de aprendizaje activo se asocian con mejoras de magnitud aleatoria en la formación de los estudiantes de ciencias de la salud, siendo el aula invertida la estrategia menos estudiada. Este hecho concuerda con la concentración de la literatura más reciente en un par de estrategias, destacando la estrategia de aula invertida.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

El efecto pequeño observado en las revisiones de profesiones sanitarias del tipo general, siendo la DME 0,33 (9) y la DME 0,57 (20), son coincidentes entre sí y denotan una evidencia real aunque modesta de la pertinencia del aula invertida frente a la enseñanza tradicional.

No obstante, las revisiones centradas en la enfermería muestran efectos considerables que en el aula invertida en China alcanzan una DME de 1,33 (11) y para la simulación de alta fidelidad bajo una DME de 1,73 (22). Mínimo tres explicaciones posibles hay. En primer lugar, diferentes comparadores y distintas mediciones. En varios de los estudios primarios, el grupo control recibe una enseñanza muy expositiva y, además, la medición se lleva a cabo inmediatamente después de la enseñanza recibida, lo que hace que el efecto que se pone de manifiesto tienda a sobreestimar el efecto. En segundo lugar, las revisiones con escasos estudios o revisiones de un único país pueden reflejar un contexto verificativo y cultural muy particular. En tercer lugar, la evaluación de la simulación comprueba, en muchos casos, pruebas de habilidades más sensibles a la práctica deliberada. Esta lectura es congruente con los metaanálisis y las revisiones paraguas sobre simulación en el ámbito de la enfermería, que también analizan si la eficacia que muestra la simulación es función del diseño y de la fidelidad (13), (14).

Un segundo aspecto es la distancia entre el conocimiento y las habilidades. Los pacientes virtuales mostraron un efecto pequeño e impreciso sobre el conocimiento (DME de 0,11) y uno grande sobre las habilidades (0,90) (15); patrón que se repite en la simulación de alta fidelidad, con valores similares para ambos resultados (22). Lo anterior sugiere que las estrategias que reproducen la práctica clínica son más eficientes para entrenar lo que se hace que para transmitir lo que se sabe, y que valorarlas solamente en relación con pruebas de conocimiento puede ser un sesgo favorable. De un modo paralelo, la enseñanza digital durante el periodo sin conexión ha sido objeto de estudio como otra opción a la enseñanza convencional, con resultados dependientes del tipo de intervención (26).

En tercer lugar, la revisión también muestra que la calidad del diseño pedagógico es tan importante como la estrategia seleccionada. Las revisiones sobre el aprendizaje basado en equipos y el aula invertida reiteran la importancia de componentes tales como la preparación previa, la rendición de cuentas y la facilitación del docente (25), (12) que se corresponderían, por un lado, con las descripciones que se indican en el diseño del ABE [7] y, por otro, con la observación de que cada fase de la secuencia aportaría al resultado de una manera diferente (8). De forma similar, el aludido ABP en el que en el debate sobre si se promueve un aprendizaje más profundo o más superficial depende en gran medida de cómo se diseñan tanto las tareas como la evaluación (5). Usando un lenguaje más explícito, eso de usar una etiqueta de un método sin importar en absoluto su implementación no garantiza los resultados que se persiguen.

También es de resaltar la dimensión de la experiencia del estudiante. Los datos de Deslauriers los estudiantes pueden como resultado del uso de metodologías activas tener la sensación de que aprenden menos a pesar de tener mejor rendimiento (2). Lo anterior explicaría parte de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

resistencia institucional y a la de los propios estudiantes y también indica que la implementación de estas metodologías debería ir acompañada de una explicación explicita de los fundamentos que las apoyan. En paralelo, los resultados de Theobald et al. presentan también que el aprendizaje activo reduce las brechas de rendimiento entre grupos (1) siendo este efecto muy relevante para los programas de salud que pretenden formar cohortes heterogéneas, si bien los datos se alimentan de las ciencias básicas y no han sido replicados de forma sistemática en educación en salud.

En cuanto a las estrategias con menor volumen de evidencias, en la línea de la gamificación (16), aprendizaje entre pares (17), y aprendizaje basado en casos (18), (23) aparecen como líneas más novedosas, pero menos consolidadas. En el caso del aprendizaje por casos, la DME de 0,41 para conocimiento y DME de 0,75 para pensamiento crítico que Varma et al. nos presentan, sugieren que su contribución es mayor en habilidades cognitivas de orden superior que en la pura retención de conocimientos. Los estudios de metodologías activas en medicina refuerzan que no hay una estrategia que sea mejor que la otra, sino que la elección de una u otra respuesta a los resultados del aprendizaje que se quieren obtener (4).

Para el ámbito latinoamericano, el ecuatoriano incluido, estos resultados tienen dos implicaciones. De una parte, la mayoría de los metaanálisis que hemos encontrado provienen de otros conocedores del tema, por lo que tenemos que contrastar su efecto en escenarios con otros recursos y tradiciones pedagógicas. De otra parte, las estrategias que necesitan menos requerimientos tecnológicos como el aula invertida, el aprendizaje por casos o el aprendizaje entre pares, son más viables que la alta fidelidad y pueden ser un primer paso interesante hacia la innovación curricular.

Tampoco podemos negar que esta investigación tiene sus limitantes, como son el hecho de que la búsqueda se ha realizado sobre motores académicos y no en una estrategia formal sobre bases de datos como Scopus, Web of Science o PubMed, la selección fue realizada por un único revisor frente a varias revisiones, no hemos valorado de forma formal el riesgo de sesgo de las revisiones que pudimos incluir, y las DME únicamente son comparativas descriptivamente y sin combinar por lo que no corresponden a un efecto agrupado. Amén de que el corpus es únicamente revisiones secundarias, por lo que no hemos podido analizar en ningún caso en detalle los estudios primarios. Futuras investigaciones podrían replicar la búsqueda sobre bases indexadas con doble revisión independiente, valorar la calidad de las metodologías con herramientas específicas y generar evidencia primaria en universidades latinas, con seguimientos a largo plazo y resultados sobre el desempeño clínico.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

## CONCLUSIONES

En relación con el primer objetivo específico, se identificaron 21 revisiones secundarias correspondientes al periodo 2016-2025, con una mayoría de metanálisis (47,6 %) y una centralidad en medicina, enfermería y profesiones sanitarias, sin revisiones escolares de otras profesiones sanitarias. En lo que respecta al segundo objetivo, el aula invertido fue la estrategia más estudiada (28,6 %), seguido a distancia por la simulación clínica (14,3 %) que solo se analizó en enfermería. El aprendizaje entre pares y el basado en problemas se localizaron en medicina; el aprendizaje basado en equipos se recopiló en revisiones de profesiones sanitarias en general.

En lo referente a la práctica del tercer objetivo, las diferencias de medias estandarizadas informadas para el conocimiento fueron de 0,11 a 1,73 (mediana 0,49),

con valores de diferencia para los análisis en enfermería (media 1,53) mayores que los analizados para medicina y profesiones sanitarias generales (media 0,36), en determinados valores las habilidades prácticas (0,90 y 1,71) y el pensamiento crítico (0,75) fueron de moderados a grandes, aunque en estos análisis no aparecen agrupados de modo que deben leerse con cuidado. En lo que respecta al cuarto objetivo, los resultados dependen de la calidad de un diseño pedagógico, es decir, de la preparación previa del estudiante, de la facilitación del docente y de la adecuación de la evaluación y no solo por el simple hecho de que explique su nombre la estrategia.

Las limitaciones del mismo van de la heterogeneidad de los comparadores y de las métricas a la ausencia de intervalos en algunas estimaciones y una escasa evidencia en los contextos latinoamericanos. En síntesis, las estrategias de aprendizaje activo emprenden un camino apoyado para las mejoras de la formación de los estudiantes de ciencias de la salud que debe ir acompañada de un diseño cuidadoso (Selección de la estrategia según el aprendizaje que se quiere conseguir con ella) y del desarrollo de estudios en el medio para valorar su efectividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Theobald EJ, Hill MJ, Tran E, Agrawal S, Arroyo EN, Behling S, et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2020 Mar 24;117(12):6476–83. doi:10.1073/pnas.1916903117
2. Deslauriers L, McCarty LS, Miller K, Callaghan K, Kestin G. Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2019 Sep 24;116(39):19251–7. doi:10.1073/pnas.1821936116
3. Bingen HM, Aamlid HI, Hovland BM, Nes AAG, Larsen MH, Skedsmo K, et al. Use of active learning classrooms in health professional education: A scoping review. Int J Nurs Stud Adv. 2024 Jun;6:100167. doi:10.1016/j.ijnsa.2023.100167

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 131-146
DOI:
https://doi.org/10.56519/p6mz8553

4. Peña S, Martinez-Santander C, Cantos-Reyes V, Rojas MF. Active methodologies and didactic techniques in medical education: A systematic review. Educación Médica. 2025 Jul;26(4):101040. doi:10.1016/j.edumed.2025.101040
5. Dolmans DHJM, Loyens SMM, Marcq H, Gijbels D. Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. Advances in Health Sciences Education. 2016 Dec 13;21(5):1087–112. doi:10.1007/s10459-015-9645-6
6. Trullàs JC, Blay C, Sarri E, Pujol R. Effectiveness of problem-based learning methodology in undergraduate medical education: a scoping review. BMC Med Educ. 2022 Dec 17;22(1):104. doi:10.1186/s12909-022-03154-8
7. Burgess A, van Diggele C, Roberts C, Mellis C. Team-based learning: design, facilitation and participation. BMC Med Educ. 2020 Dec 3;20(S2):461. doi:10.1186/s12909-020-02287-y
8. Roossien L, van Klaveren LM, de Vos R, Dolmans DHJM, Boerboom TBB. Team-based learning (TBL) in health professions education: A systematic review on its conceptual elements and outcomes. Med Teach. 2025 Dec 2;47(12):1933–47. doi:10.1080/0142159X.2025.2506723
9. HEW KF, LO CK. Flipped classroom improves student learning in health professions education: a meta-analysis. BMC Med Educ. 2018 Dec 15;18(1):38. doi:10.1186/s12909-018-1144-z
10. Chen F, Lui AM, Martinelli SM. A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education. Med Educ. 2017 Jun 9;51(6):585–97. doi:10.1111/medu.13272
11. Li BZ, Cao NW, Ren CX, Chu XJ, Zhou HY, Guo B. Flipped classroom improves nursing students' theoretical learning in China: A meta-analysis. PLoS One. 2020 Aug 27;15(8):e0237926. doi:10.1371/journal.pone.0237926
12. Youhasan P, Chen Y, Lyndon M, Henning MA. Exploring the pedagogical design features of the flipped classroom in undergraduate nursing education: a systematic review. BMC Nurs. 2021 Mar 22;20(1):50. doi:10.1186/s12912-021-00555-w
13. Kim J, Park JH, Shin S. Effectiveness of simulation-based nursing education depending on fidelity: a meta-analysis. BMC Med Educ. 2016 Dec 23;16(1):152. doi:10.1186/s12909-016-0672-7
14. Cant RP, Cooper SJ. Use of simulation-based learning in undergraduate nurse education: An umbrella systematic review. Nurse Educ Today. 2017 Feb;49:63–71. doi:10.1016/j.nedt.2016.11.015
15. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, et al. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019 Jul 2;21(7):e14676. doi:10.2196/14676
16. van Gaalen AEJ, Brouwer J, Schönrock-Adema J, Bouwkamp-Timmer T, Jaarsma ADC, Georgiadis JR. Gamification of health professions education: a systematic review. Advances in Health Sciences Education. 2021 May 31;26(2):683–711. doi:10.1007/s10459-020-10000-3

17. Li Z, Wang Q, Wu J. Effectiveness of Peer-assisted learning in medical education: A meta-analysis study. PLoS One. 2025 Sep 2;20(9):e0329605. doi:10.1371/journal.pone.0329605
18. Maia D, Andrade R, Afonso J, Costa P, Valente C, Espregueira-Mendes J. Academic Performance and Perceptions of Undergraduate Medical Students in Case-Based Learning Compared to Other Teaching Strategies: A Systematic Review with Meta-Analysis. Educ Sci (Basel). 2023 Feb 23;13(3):238. doi:10.3390/educsci13030238
19. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021 Mar 29;n71. doi:10.1136/bmj.n71
20. Naing C, Whittaker MA, Aung HH, Chellappan DK, Riegelman A. The effects of flipped classrooms to improve learning outcomes in undergraduate health professional education: A systematic review. Campbell Systematic Reviews: Better Evidence for a Better World. 2023 Sep 7;19(3). doi:10.1002/cl2.1339
21. Spaic D, Bukumiric Z, Rajovic N, Markovic K, Savic M, Milin-Lazovic J, et al. The Flipped Classroom in Medical Education: Systematic Review and Meta-Analysis. J Med Internet Res. 2025 Aug 13;27:e60757. doi:10.2196/60757
22. S I Tonapa MMKHMHFE. Effectiveness of using high-fidelity simulation on learning outcomes in undergraduate nursing education: systematic review and meta-analysis. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2023;2:444–58.
23. Varma B, Karuveettil V, Fernandez R, Halcomb E, Rolls K, Kumar SV, et al. Effectiveness of case-based learning in comparison to alternate learning methods on learning competencies and student satisfaction among healthcare professional students: A systematic review. J Educ Health Promot. 2025 Feb;14(1). doi:10.4103/jehp.jehp_510_24
24. Reimschisel T, Herring AL, Huang J, Minor TJ. A systematic review of the published literature on team-based learning in health professions education. Med Teach. 2017 Dec 2;39(12):1227–37. doi:10.1080/0142159X.2017.1340636
25. Roossien L, Boerboom TBB, Spaai GWG, de Vos R. Team-based learning (TBL): Each phase matters! An empirical study to explore the importance of each phase of TBL. Med Teach. 2022 Oct 3;44(10):1125–32. doi:10.1080/0142159X.2022.2064736
26. Kyaw BM, Posadzki P, Dunleavy G, Semwal M, Divakar U, Hervatis V, et al. Offline Digital Education for Medical Students: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019 Mar 25;21(3):e13165. doi:10.2196/13165

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 144-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN TEMPRANA DE MORTALIDAD Y COMPLICACIONES EN PACIENTES CON TRAUMA GRAVE: DESAFÍOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN CLÍNICA

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EARLY PREDICTION OF MORTALITY AND COMPLICATIONS IN PATIENTS WITH SEVERE TRAUMA: CHALLENGES FOR CLINICAL IMPLEMENTATION

Leonardo Lanzee Mendoza Jiménez[1], Andrea Valentina Villarroel Ortega[2], Noel Isai Ochoa Gonzalez[3], Valeria Alejandra Villarroel Ortega[4]

{lic.lanzee.mendoza@hotmail.com[1], andre_vale_villarroel@outlook.com[2], robits@live.com.mx[3], valeria.villarroel.ortega@udla.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 06/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El traumatismo severo es uno de los principales motivos de muerte y de incapacidad en el mundo, que afecta de manera desigual a la población joven y productiva. Por esta razón, la predicción precoz de desenlaces o complicaciones clínicas adversas es importante para la mejora de la toma de decisiones médicas, estratificación del riesgo y uso adecuado de los recursos hospitalarios. Históricamente, la práctica clínica se ha basado en sistemas de puntuaciones estáticas. No obstante, en la última década la llegada de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático se han convertido en opciones prometedoras. A través de una revisión sistemática de la literatura científica bajo las normas PRISMA para el período 2016-2026, se ha puesto de manifiesto que algoritmos avanzados como XGBoost, Random Forest o diversos modelos de redes neuronales profundas alcanzan valores del área bajo la curva por encima del 0.85 y del 0.95; lo que muestra un rendimiento predictivo superior a los índices clásicos como el ISS o el TRISS. Sin embargo, los puntos de vista sobre la efectiva traducción de estas tecnologías son difíciles de alcanzar en la práctica asistencial; una muestra de ello son la escasa validación externa de los resultados, el hecho que la mayoría de los estudios sean retrospectivos, las dificultades que genera la opacidad algorítmica, bias poblacionales y problemas con la interoperabilidad en la historia clínica electrónica. Por eso, se concluye que la inteligencia artificial tiene un potencial indiscutiblemente transformador en medicina de**

[1]Investigador independiente México Cdmx, https://orcid.org/0009-0005-3322-6916
[2]Cefalometrix. CLTA., Quito-Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-3825-4725
[3]Instituto mexicano del seguro social, Tepatitlán de Morelos, Jalisco- México, https://orcid.org/0009-0005-7579-2326
[4]Cefalometrix Lta., Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-9900-8234

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

**urgencias y cuidados intensivos, pero su uso en la práctica necesitará diseños prospectivos multicéntricos, auditorías estrictas sobre la equidad algorítmica y marcos éticos claros y establecidos.**

***Palabras clave: Inteligencia artificial, aprendizaje automático, trauma grave, predicción de mortalidad, complicaciones, implementación clínica.***

**ABSTRACT: Severe trauma is one of the leading causes of death and disability worldwide, disproportionately affecting the young and productive population. For this reason, early prediction of adverse clinical outcomes or complications is important for improving medical decision-making, risk stratification, and the appropriate use of hospital resources. Historically, clinical practice has relied on static scoring systems. However, over the past decade, the advent of artificial intelligence and machine learning has opened up promising new options. A systematic review of the scientific literature conducted in accordance with PRISMA guidelines for the period 2016–2026 has shown that advanced algorithms such as XGBoost, Random Forest, and various deep neural network models achieve area under the curve (AUC) values above 0.85 and 0.95; which demonstrates superior predictive performance compared to classical indices such as ISS or TRISS. However, consensus on the effective translation of these technologies into clinical practice is difficult to achieve; evidence of this includes the lack of external validation of results, the fact that most studies are retrospective, the challenges posed by algorithmic opacity, population biases, and interoperability issues in electronic health records. Therefore, it is concluded that artificial intelligence has undeniable transformative potential in emergency medicine and critical care, but its use in practice will require prospective, multicenter studies, rigorous audits of algorithmic fairness, and clear, well-established ethical frameworks.**

***Keywords: Artificial intelligence, machine learning, severe trauma, mortality prediction, complications, clinical implementation.***

## INTRODUCCIÓN

El trauma representa una de las principales causas de mortalidad y de discapacidad en el mundo, con un impacto desmesurado en personas en edad activa y en los países con un nivel de ingresos bajo y medio. Según estimaciones actuales, más de 4,4 millones de personas fallecen cada año como consecuencia de lesiones traumáticas, y un gran número de estas personas sobrevive con secuelas permanentes que crean una carga socioeconómica elevada (1). Dentro del conjunto de los traumas, el trauma severo que frecuentemente se clasifica según un Injury Severity Score (ISS) ≥ 15 o el hecho de que el paciente necesite ingresar en una unidad de cuidados intensivos, aglutina

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

la mayor parte de la mortalidad precoz y tardía o bien las potenciales complicaciones que se pueden prevenir (2).

La predicción temprana del riesgo de mortalidad y complicaciones (hemorragia masiva, coagulopatía, sepsis, fallo orgánico múltiple, tromboembolismo venoso, etc.) forma parte de la atención moderna al paciente traumatizado.Los métodos de puntuación tradicionales (3) , como el ISS, el Trauma and Injury Severity Score (TRISS), el Revised Trauma Score (RTS) o el Kampa a Trauma Score, han sido utilizados durante años (4), (5). Pero estos instrumentos tienen limitaciones bien conocidas ya que: suponen que existen relaciones lineales o aditivas entre variables, no introducen de forma dinámica la evolución fisiológica del paciente y poseen un rendimiento discriminatorio escaso en la población heterogénea (6), (7).

Simultáneamente, el crecimiento exponencial de los datos clínicos digitales, así como el desarrollo de algoritmos de machine learning y deep learning han dado lugar a nuevas vías de predicción de desenlaces en el campo de la medicina. La inteligencia artificial permite modelizar relaciones no lineales complejas, integrar grandes cantidades de variables clínicas, de laboratorio, de imagen y textuales, y actualizar continuamente las predicciones a medida que se disponen de nuevos datos (4), (8). En el contexto del trauma, diversos trabajos han evidenciado que los modelos que se basan en XGBoost, Random Forest, máquinas de soporte vectorial o redes neuronales artificiales pueden tener áreas bajo la curva (AUC) que superan 0,90 en lo que a mortalidad hospitalaria se refiere, demostrando ser, de una manera regular, mejores que los scores clásicos (9), (10).

Sin embargo, la transición desde el desarrollo de modelos de alto rendimiento en el marco de la investigación hasta su transferencia a la práctica clínica habitual en cabecera tiene barreras considerables. La literatura más reciente hace énfasis de forma recurrente en la escasez de validaciones externas multicéntricas y multinacionales, la dependencia de diseños retrospectivos, la falta de estandarización específica del reporte de modelos (TRIPOD+AI), los problemas de interpretabilidad, los posibles sesgos algorítmicos y las carencias de integración con los sistemas de información clínica existentes (11), (12). Por otro lado también existen preocupaciones éticas y regulatorias que se relacionan con la privacidad de los datos, la responsabilidad del fallo en caso de error algorítmico y con la equidad en el acceso a estas tecnologías (13), (14).

Por ello, consideramos que es necesario hacer una síntesis crítica del conjunto de evidencias disponible sobre el rendimiento de los modelos de IA en el pronóstico de mortalidad precoz y complicaciones en trauma severo, a la vez que identificar de forma estructurada los diferentes retos que condicionan su aplicación clínica. El presente trabajo está justificado por la creciente producción científica en este ámbito, por la heterogeneidad metodológica de los trabajos publicados, así como por la necesidad de encauzar, tanto a clínicos como a gestores e investigadores, en el uso responsable y adecuado de estas herramientas (1), (15). El propósito de este trabajo consiste en realizar una revisión bibliográfica sistemática sobre la literatura científica

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

indexada que relaciona el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático con predicción temprana de mortalidad y complicaciones en pacientes con trauma grave publicada entre 2016 y 2026 con particular interés en presentar una reflexión sobre la interpretación de los obstáculos en su incorporación clínica.

A pesar del potencial demostrado de los modelos de inteligencia artificial para la mejora de la predicción en cuanto a mortalidad y complicaciones en pacientes con trauma grave, existe una brecha muy importante entre el rendimiento que estos modelos alcanzan en los trabajos de desarrollo y validación interna y su capacidad de ser efectivamente adoptados en la práctica clínica habitual (11), (16). La mayor parte de los algoritmos que hay disponibles no han sido evaluados prospectivamente, no han sido evaluados en más de un centro, no han sido calibrados, tienen problemas de interpretabilidad y enfrentan dificultades técnicas, organizativas, éticas o regulatorias que dificultan que puedan ser integrados en los flujos de trabajo tanto de los servicios de trauma como de las unidades de cuidados intensivos (12), (17). Como consecuencia, permaneciendo en un ámbito de hipótesis, el impacto que estos modelos pueden tener en los resultados clínicos y en la eficiencia del sistema de atención no es claro (18).

Sintetizar la evidencia científica disponible sobre el rendimiento alcanzado por los modelos de inteligencia artificial y aprendizaje automático en la predicción temprana de mortalidad y complicaciones en pacientes con trauma grave y analizar e identificar en qué consisten y cuáles son los principales obstáculos metodológicos, técnicos, éticos y organizativos que condicionan su incorporación en la práctica clínica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación que se llevó a cabo es bibliográfico, descriptivo-analítico y de revisión sistemática de la literatura, puesto que procuró la síntesis crítica de la de la evidencia científica disponible.

La población de estudio la constituyó la totalidad de los artículos científicos indexados que fueron publicados entre enero de 2016 hasta el mes de octubre de 2026, que considerasen el uso de inteligencia artificial, Machine Learning o Deep Learning para la predicción de mortalidad o de complicaciones en pacientes con trauma grave o politraumatismo. La muestra final quedó conformada por los estudios que cumplían los criterios de inclusión tras el proceso de selección siguiendo la declaración PRISMA.

La búsqueda se llevó a cabo en bases de datos biomédicas de alto impacto: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y Embase. Por otra parte, se consultaron listas de artículos de las revisiones sistemáticas relevantes y los preprints una vez considerada su aportación complementaria de calidad.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

Se extrajeron per se las siguientes variables de forma estandarizada: año de publicación, país o región, tipo de estudio, tamaño de la muestra, algoritmos utilizados, desenlaces predichos, métricas de rendimiento (AUC/AUROC, sensibilidad, especificidad, calibración de las predicciones), presencia o ausencia de validación externa y barreras o desafíos de implementación evidenciadas. La estrategia de análisis fue fundamentalmente cualitativa-narrativa complementada con síntesis cuantitativa descriptiva de las métricas de rendimiento donde fue posible. El método PRISMA se utilizó para guiar el proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios.

**Tabla 1. Resumen de la metodología de la revisión sistemática**

| Elemento metodológico | Descripción |
|---|---|
| **Diseño** | Revisión sistemática de la literatura (PRISMA 2020) |
| **Periodo de búsqueda** | Enero 2016 – octubre 2026 |
| **Bases de datos** | PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase |
| **Estrategia de búsqueda** | Combinación de términos MeSH y palabras clave: "artificial intelligence", "machine learning", "deep learning", "trauma", "mortality prediction", "complications", "severe injury", "polytrauma" |
| **Criterios de inclusión** | Estudios originales, revisiones sistemáticas o metaanálisis en humanos; predicción de mortalidad o complicaciones en trauma; uso de modelos de IA/ML/DL; publicación en revistas indexadas; texto completo disponible |
| **Criterios de exclusión** | Estudios en animales; modelos no relacionados con trauma; artículos de opinión sin datos; estudios sin métricas de rendimiento; duplicados |
| **Proceso de selección** | Cribado por título y resumen; evaluación de texto completo; extracción de datos por dos revisores independientes |
| **Análisis de datos** | Síntesis narrativa y descriptiva de métricas de rendimiento; identificación de barreras de implementación |
| **Evaluación de calidad** | Consideración de guías TRIPOD+AI, PROBAST y APPRAISE-AI cuando estaban disponibles en los estudios primarios |

La interpretación de la información se centró en la respuesta a tres preguntas principales: (1) ¿cuál es el rendimiento predictivo que presentan los modelos de IA comparativamente con los sistemas tradicionales?; (2) ¿qué tipos de algoritmos y variables se han aplicado con mayor sensibilidad?; y (3) ¿qué principales barreras han sido referidas para la utilización clínica? La síntesis fue realizada de forma temática y priorizando la evidencia de la mayor calidad metodológica y el tratamiento del metaanálisis y las revisiones sistemáticas más recientes.

## RESULTADOS

A continuación, se exponen los hallazgos más destacados de la revisión realizada. Se organizan de acuerdo con el rendimiento de los modelos, los resultados predichos y los retos de implementación que se encuentran en la literatura (1), (15).

### Rendimiento de modelos de IA en la predicción de la mortalidad

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

La evidencia acumulada entre el año 2016 y el 2026 avala en cualquier caso un mejor rendimiento de los modelos de machine learning con respecto a los sistemas de puntuación en la predicción (5) de la mortalidad hospitalaria y a 30 días en pacientes que sufren un trauma (8), (9). En un estudio internacional de validación prehospitalaria, un modelo de ensamble (XGBoost + LightGBM + Random Forest) alcanzó un AUROC de 0,923 en el conjunto de prueba y unas cifras de AUROC de entre 0,895 y 0,956 en validación externa en centros de Corea del Sur y Australia, alcanzando valores muy superiores a los del Shock Index (AUROC 0,712) (4).

De forma análoga, los modelos que combinaron el ISS con variables demográficas (edad y sexo) mediante redes neuronales profundas desarrollaron AUROC internos de 0,934 y AUROC externos de entre 0,901 y 0,920, logrando mejorar la equidad de las predicciones dentro de subgrupos por edad y sexo (6); en cohortes de politrauma, el algoritmo XGBoost ha alcanzado precisiones de cerca del 90 % y F-scores del 88 %, resultando superior al uso de máquinas de soporte vectorial, Random Forest y redes neuronales artificiales convencionales (3).

En la predicción de mortalidad a 30 días en pacientes críticos con trauma ortopédico, los modelos eXGBM han alcanzado AUC de 0,974 en validación interna y AUC de 0,913 en validación externa, con un posterior trabajo de despliegue como aplicación web accesible para clínicos (19), alineándose con las revisiones sistemáticas que reportan AUC agrupados en el entorno del 0,86-0,90 para modelos de aprendizaje automático en mortalidad por traumatismo craneoencefálico (4), (20).

Un modelo que importa códigos ICD-10 junto con variables clínicas demostró AUROC de 0,945 en validación externa multicéntrica, destacando a ISS e ICISS como peores predictores incluso en pacientes con lesiones de menor severidad (2). Finalmente, en un análisis nacional que incluía más de 200.000 casos, los modelos XGBoost y Random Forest alcanzaron AUROC de mortalidad temprana superiores al 0,98, priorizando la interpretabilidad mediante las explicaciones que ofrece el uso de los valores SHAP (21).

***Tabla 2. Rendimiento representativo de modelos de IA en predicción de mortalidad en trauma (estudios seleccionados 2022-2026)***

| Estudio / modelo | Algoritmo | AUC / AUROC | Validación | Comparador tradicional |
|---|---|---|---|---|
| Prehospital-AI (2026) (5) | Ensamble XGB/LGBM/RF | 0,923–0,956 | Externa multinacional | Shock Index 0,712 |
| ISS + demografía DNN (2026) (6) | Deep Neural Network | 0,901–0,934 | Externa multi-centro | ISS convencional |
| Politrauma XGBoost (2024) (3) | XGBoost | ~0,90 (acc.) | Interna | ISS, GCS, TI |
| eXGBM trauma ortopédico (2024) (19) | eXtreme Gradient Boosting | 0,913–0,974 | Externa | Scores clínicos |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ICD-10 AI model (2025) (2) | IA con códigos ICD-10 | 0,923–0,965 | Externa multicéntrica | ISS / ICISS |

Los modelos de ensamble y de gradient boosting demuestran repetidamente presentar un rendimiento discriminatorio superior al de los scores clásicos. La validación externa, aunque todavía poco habitual en la literatura científica, también muestra que es posible mantener valores de AUROC superiores a 0,89 cuando se disponía de datos prehospitalarios o de variables anatómicas aunadas a los datos demográficos. A pesar de esto, la mayoría de los estudios siguen empleando datos observacionales, lo que limita la inferencia sobre la repercusión clínica real (1), (12).

**Predicción de las complicaciones**

Aparte de la mortalidad, la IA también se ha empleado para la predicción de complicaciones. Modelos de gradient boosting también han superado a los scores clásicos para la predicción de la coagulopatía inducida por el trauma (22). Existen también aplicaciones preventivas en tiempo real de sepsis que cuentan con el componente de inflamación estéril del trauma y modelos interpretables referidos a estratificación del riesgo de tromboembolismo venoso en traumatismo craneoencefálico (16), (23). En la predicción de la necesidad de un protocolo de hemorragia masiva, los recientes metaanálisis muestran AUROC agrupados de 0,86 a 0,89 para aplicaciones como Random Forest, redes neuronales y XGBoost; si bien la calidad metodológica de los estudios primarios es intermedia, y la validación externa es aún escasa (10).

En relación con un estudio con enfoque prospectivo de actualización del riesgo a las 24 horas de ingreso en UCI, corresponde indicar la existencia de trayectorias de lactato y creatinina que aumentan significativamente la predicción de complicaciones mayores en relación con un modelo basado únicamente en los datos de ingreso (17), lo que respalda significativamente los beneficios de los enfoques dinámicos frente a evaluaciones estatistas tradicionales.

**Limitaciones metodológicas recurrentes**

Nuestro hallazgo transversal de las revisiones sistemáticas hace presente la heterogeneidad en el desarrollo y en la exposición de los modelos: predominan los diseños retrospectivos unicéntricos, la no-validación externa de los diseños, la escasa aplicación de métodos formales de selección de variables y de test de calibración, y ausencia de evaluación del impacto clínico (implementation studies o ensayos controlados) (11), (15). La calidad metodológica recabada mediante herramientas como APPRAISE-AI o PROBAST están en rangos moderados, con debilidades específicas en reproducibilidad y robustez de los resultados (10).

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

# DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión ofrecen respaldo empírico al potencial de la inteligencia artificial para incrementar la predicción temprana de la mortalidad y de las complicaciones en pacientes con trauma grave (1), (5). De forma similar a revisiones previas, los algoritmos de aprendizaje automático como XGBoost, Random Forest y modelos de ensamble tienen una capacidad discriminatoria superior a la de los sistemas de puntuación convencionales (8), (9). En esta línea, la diferencia es evidente tanto en un escenario prehospitalario como en la fase hospitalaria temprana y en diferentes poblaciones (3) (politrauma, trauma ortopédico crítico, traumatismo craneoencefálico) (19), (4).

No obstante, la comparación frente otras investigaciones pone de manifiesto que el salto desde el rendimiento técnico hasta el beneficio clínico no es seguro. Los estudios sobre la puesta en práctica de sistemas de alerta ante deterioro clínico en población adulta hospitalizada, han puesto de manifiesto las barreras que a menudo se encuentran y que se resumen en las siguientes: limitaciones de los propios datos de la historia clínica electrónica (valores perdidos, irregularidad temporal), retrasos en la entrada de datos, fatiga de alertas, falta de confianza de los clínicos, ausencia de acciones relacionadas con la alerta y dificultades para valorar el impacto real respecto a los desenlaces (18), barreras que son aplicables, e incluso más problemáticas, en un entorno apresurado y laboral en trauma (12), (14).

La literatura actual además incide en la necesidad de dejar atrás los modelos meramente predictivos y construir modelos “accionables”, es decir, aquellos que no solo estiman una probabilidad sino que se incorporan en recomendaciones terapéuticas concretas y en los flujos de trabajo que ya existen (16), (24). La interoperabilidad entre sistemas de información, la disponibilidad de pipelines de datos en tiempo real y la estandarización de variables entre los centros son condiciones técnicas necesarias que no se satisfacen de manera generalizada (11), (25) .

Desde la ética y la equidad, también existe el riesgo de que los modelos entrenados con datos sesgados perpetúen o agraven disparidades ya existentes. La interconexión entre las variables demográficas ha sido capaz de mejor en algunos estudios la equidad de las predicciones, pero se requiere de un análisis sistemático del rendimiento por subgrupos (6), (13) de sexo, edad, etnia y nivel socioeconómico. La opacidad de muchos de esos algoritmos de deep learning ("caja negra") también hace difícil que los clínicos puedan confiar en ellos y suscita cuestiones relacionadas con la responsabilidad ante decisiones erróneas (14), (26).

El trauma es diferente del campo de la predicción clínica general o de la de la sepsis, además de que tiene características que dificultan su implementación (18), (23): la urgencia extrema para las decisiones que se deben tomar, la diversidad de mecanismos lesionales, es necesario incorporar

datos incompletos prehospitalarios, además de que los sistemas de trauma pueden variar entre regiones. Los modelos alcanzados que han gozado de validación externa multinacional, y las herramientas que se han convertido en accesibles (web apps o integraciones en registros electrónicos), son un avance importante, pero aún limitado a ciertos contextos (5), (19).

En conclusión, la evidencia actual posiciona a la IA en una fase de madurez técnica en aumento mientras que la madurez clínica e implementativa es aún pequeña. El principal reto no es demostrar que los algoritmos predicen mejor que los scores clásicos, (19) sino que posteriormente los resultados de los pacientes y la eficiencia del sistema asistencial mejoran de forma medible y que no surgen nuevos riesgos (15), (27).

## CONCLUSIONES

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático han mostrado una mejor capacidad predictiva respecto a la de los modelos formalizados para hacer una estimación anticipada de mortalidad y de complicaciones en el contexto de la traumatología grave. Algoritmos como XGBoost, Random Forest, redes neuronales y modelos de ensamble informan de forma reiterada sobre AUCs que superan el umbral de 0,85-0,95, tanto en validación interna como, en un número creciente de autores, en validación externa multicéntrica y multinacional.

La implementación clínica de modelos predictivos sin embargo se ve obstaculizada por grandes brechas (predominio de diseños retrospectivos, escasez de evaluación del impacto clínico real, problemas de interoperabilidad e integración en flujos de trabajo, limitaciones de interpretabilidad, riesgos de sesgo y equidad, marco regulatorio y ético en construcción en grande parte).

Para que la potencialidad de la IA redunde en beneficios para los pacientes traumatizados, es clave avanzar hacia estudios prospectivos multicéntricos, una validación externa que sea estricta, el desarrollo de modelos que sean pues interpretables y que sean capaces de generar acciones, gobernanza de los datos y de los modelos junto a estrategias de implementación centradas en los clínicos. Solo así será posible cerrar la brecha existente entre el laboratorio de modelación de datos y la cabecera del paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Silvers SM, Gemme SR, Hickey S, Mattu A, Haukoos JS, Diercks DB, et al. Clinical Policy: Critical Issues in the Evaluation and Management of Adult Patients Presenting to the Emergency Department With Acute Heart Failure Syndromes. Ann Emerg Med. 2022 Oct;80(4):e31–59. doi:10.1016/j.annemergmed.2022.05.027

2. Lee S, Kim DW, Oh N eun, Lee H, Park S, Yon DK, et al. External validation of an artificial intelligence model using clinical variables, including ICD-10 codes, for predicting in-hospital mortality among trauma patients: a multicenter retrospective cohort study. Sci Rep. 2025 Jan 7;15(1):1100. doi:10.1038/s41598-025-85420-5
3. Yu M, Wang S, He K, Teng F, Deng J, Guo S, et al. Predicting the complexity and mortality of polytrauma patients with machine learning models. Sci Rep. 2024 Apr 9;14(1):8302. doi:10.1038/s41598-024-58830-0
4. Wang J, Yin MJ, Wen HC. Prediction performance of the machine learning model in predicting mortality risk in patients with traumatic brain injuries: a systematic review and meta-analysis. BMC Med Inform Decis Mak. 2023 Jul 29;23(1):142. doi:10.1186/s12911-023-02247-8
5. Oh N eun, Oh TYC, Hsu J, Kim DW, Yu B, Cho J, et al. Prehospital real-time AI for trauma mortality prediction: a multi-institutional and multi-national validation study. Nat Commun. 2026 Jan 7;17(1):1464. doi:10.1038/s41467-025-68198-y
6. Choi Y, Seok J, Young-Chul Oh T, Hsu J, Kim DW, Yu B, et al. Accurate, fair, and generalisable scaling of injury severity score-based AI with demographics in terms of mortality in patients with trauma: multi-centre, multi-national retrospective cohort study. EBioMedicine. 2026 Apr;126:106206. doi:10.1016/j.ebiom.2026.106206
7. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. JAMA. 2016 Dec 13;316(22):2402. doi:10.1001/jama.2016.17216
8. Adebayo O, Bhuiyan ZA, Ahmed Z. Exploring the effectiveness of artificial intelligence, machine learning and deep learning in trauma triage: A systematic review and meta-analysis. Digit Health. 2023 Jan 9;9. doi:10.1177/20552076231205736
9. Courville E, Kazim SF, Vellek J, Tarawneh O, Stack J, Roster K, et al. Machine learning algorithms for predicting outcomes of traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. Surg Neurol Int. 2023 Jul 28;14:262. doi:10.25259/SNI_312_2023
10. Postill G, Dent A, Cheng R, Nikouline A, Kishibe T, McGowan M, et al. Systematic review and meta-analysis of machine learning models predicting massive hemorrhage protocol in trauma. Sci Rep. 2026 May 20;16(1):23043. doi:10.1038/s41598-026-49472-5
11. Tran Z, Zhang W, Verma A, Cook A, Kim D, Burruss S, et al. The derivation of an International Classification of Diseases, Tenth Revision–based trauma-related mortality model using machine learning. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2022 Mar;92(3):561–6. doi:10.1097/TA.0000000000003416
12. Baik SM, Lee JG, Shim H, Kim S, Hong KS, Yi H, et al. Machine learning models for early mortality prediction in trauma patients using public data: a nationwide retrospective study. World Journal of Emergency Surgery. 2026 May 29;21(1):44. doi:10.1186/s13017-026-00706-x
13. Lee S, Kang WS, Kim DW, Seo SH, Kim J, Jeong ST, et al. An Artificial Intelligence Model for Predicting Trauma Mortality Among Emergency Department Patients in South Korea:

Retrospective Cohort Study. J Med Internet Res. 2023 Aug 29;25:e49283. doi:10.2196/49283

14. Baur D, Gehlen T, Scherer J, Back DA, Tsitsilonis S, Kabir K, et al. Decision support by machine learning systems for acute management of severely injured patients: A systematic review. Front Surg. 2022 Oct 10;9. doi:10.3389/fsurg.2022.924810
15. Prashar S, Nasef Y, Brown A, Nishida C, Rogers LS, Bundschu I, et al. Artificial Intelligence in Trauma Care: A Systematic Review of Resuscitation, Diagnosis, Risk Prediction, and Management. Journal of Trauma Nursing. 2026 May;33(3):160–80. doi:10.1097/JTN.0000000000000920
16. Duranteau O, Leon D. Artificial intelligence-driven predictive analytics for postoperative management and recovery in trauma patients. Curr Opin Anaesthesiol. 2026 Apr 9;39(2):154–9. doi:10.1097/ACO.0000000000001618
17. Sanchez C, Cachafeiro L, Millan P, Polo E, Garcia L, Sarmiento C, et al. 24-hour risk updating for major ICU complications after severe trauma: a prospective cohort study. European Journal of Trauma and Emergency Surgery. 2026 Oct 29;52(1):336. doi:10.1007/s00068-026-03374-3
18. van der Vegt AH, Campbell V, Mitchell I, Malycha J, Simpson J, Flenady T, et al. Systematic review and longitudinal analysis of implementing Artificial Intelligence to predict clinical deterioration in adult hospitals: what is known and what remains uncertain. Journal of the American Medical Informatics Association. 2024 Jan 18;31(2):509–24. doi:10.1093/jamia/ocad220
19. Han T, Xiong F, Sun B, Zhong L, Han Z, Lei M. Development and validation of an artificial intelligence mobile application for predicting 30-day mortality in critically ill patients with orthopaedic trauma. Int J Med Inform. 2024 Apr;184:105383. doi:10.1016/j.ijmedinf.2024.105383
20. Wu Z, Lai J, Huang Q, Lin L, Lin S, Chen X, et al. Machine learning-based model for predicting inpatient mortality in adults with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. Front Neurosci. 2023 Dec 14;17. doi:10.3389/fnins.2023.1285904
21. Baik SM, Lee JG, Shim H, Kim S, Hong KS, Yi H, et al. Machine learning models for early mortality prediction in trauma patients using public data: a nationwide retrospective study. World Journal of Emergency Surgery. 2026 May 29;21(1):44. doi:10.1186/s13017-026-00706-x
22. Kalimouttou A, Perkins Z, Gauss T. Artificial intelligence-driven triage and decision-making in trauma systems/settings. Curr Opin Anaesthesiol. 2026 Apr 17;39(2):129–35. doi:10.1097/ACO.0000000000001619
23. Lv H, Gao Y, Yu A. Machine learning for predicting mortality in patients with sepsis and its associated complications: A systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2026 Nov 2;21(11):e0362057. doi:10.1371/journal.pone.0362057

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 147-158
DOI:
https://doi.org/10.56519/gsjgrv07

24. Burke EG, Nobuhara C, Lee AH, Villarreal JA, Fitzgerald CA, Dumas RP. Ghost in the Machine: Leveraging artificial intelligence in the trauma bay. Trauma Surg Acute Care Open. 2026 Apr 30;11(Suppl 1):e002259. doi:10.1136/tsaco-2026-002259
25. Cheng F, Xu T, Mao J, Li Z, Wang Y. Advancements in smart healthcare in emergency trauma care: from intelligent triage to prognostic prediction. Front Public Health. 2026 Jun 2;14. doi:10.3389/fpubh.2026.1834849
26. Messelu MA, Ayenew T, Amha H, Amlak BT, Gedfew M, Tiruneh BG, et al. Machine Learning (ML) Algorithm to Predict Mortality of Trauma Patients Admitted to the Intensive Care Units (ICU) in Northwest Ethiopia. Nurs Crit Care. 2025 Nov 9;30(6). doi:10.1111/nicc.70190
27. Sun B, Lei M, Wang L, Wang X, Li X, Mao Z, et al. Prediction of sepsis among patients with major trauma using artificial intelligence: a multicenter validated cohort study. International Journal of Surgery. 2025 Jan;111(1):467–80. doi:10.1097/JS9.0000000000001866

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

# CONTROL DE CALIDAD PREANALÍTICO: FACTORES QUE ALTERAN LOS RESULTADOS EN MUESTRAS DE SANGRE

# PREANALYTICAL QUALITY CONTROL: FACTORS THAT AFFECT RESULTS IN BLOOD SAMPLES

Diana Miryan Segura Mestanza[1], Andrea Stefannia Flores[2], Remache Tenenaula Jessica Alexandra[3], Maria Dolores Castro Jiménez[4]

{dseguraczs5@gmail.com[1], stefannia.flores@unach.edu.ec[2], remachejessicat@gmail.com[3], madito_16@hotmail.com[4]}

Fecha de recepción: 15/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La fase preanalítica concentra la mayor proporción de los errores del proceso total de análisis de laboratorio y sus efectos se trasladan directamente a la decisión clínica. Aun así, la información sobre los factores que alteran los resultados de las muestras de sangre se encuentra dispersa en guías, consensos, revisiones y estudios con diseños muy distintos. Analizar, mediante una revisión bibliográfica, los factores preanalíticos que alteran los resultados en muestras de sangre y las estrategias de control de calidad descritas en la literatura indexada reciente. Revisión bibliográfica narrativa con enfoque estructurado, guiada por los ítems de reporte aplicables de PRISMA 2020. Se analizaron 32 documentos temáticos publicados entre 2016 y 2023 en revistas indexadas (guías, documentos de consenso, revisiones y estudios observacionales) y una referencia metodológica. Se extrajeron variables sobre frecuencia de errores, factores, analitos afectados y medidas de control; el análisis fue descriptivo y no se realizó metaanálisis. Entre 61,9 % y 68,2 % de los errores del proceso total ocurre en la fase preanalítica y cerca de 73 % sería prevenible; la hemólisis explica más de 60 % de los rechazos de muestras. Las encuestas europeas muestran que 94 % de los laboratorios monitoriza errores preanalíticos, pero con criterios heterogéneos para manejar la hemólisis. Los factores se agruparon en seis dominios: preparación del paciente, identificación y momento de la recolección, técnica de extracción, dispositivos y orden de llenado, transporte y estabilidad, e interferencias propias de la muestra. Las estrategias con mejor respaldo fueron la estandarización de la flebotomía, la detección automatizada de los índices de hemólisis, ictericia y lipemia, los indicadores de calidad y la capacitación del personal. El control de calidad preanalítico es una intervención de alto rendimiento para la seguridad del paciente, pero requiere estandarización, vigilancia sistemática y mayor evidencia generada en América Latina.**

[1]Laboratorio Clínico del Hospital Básico San Miguel de Bolívar, Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-3437-3530
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Ecuador, https://orcid.org/0009-0006-7916-2169
[3]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-1292-9610
[4]Laboratorio Clínico Biocliniclab, Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-3408-6280

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

***Palabras clave: Fase preanalítica, control de calidad, hemólisis, flebotomía, indicadores de calidad, seguridad del paciente***

**ABSTRACT: The preanalytical phase accounts for the largest proportion of errors in the overall laboratory testing process, and its effects directly influence clinical decision-making. Nevertheless, information on the factors that alter blood sample results is scattered across guidelines, consensus statements, reviews, and studies with widely varying designs. To analyze, through a literature review, the preanalytical factors that alter results in blood samples and the quality control strategies described in recent indexed literature. A narrative literature review with a structured approach, guided by the applicable reporting items of PRISMA 2020. We analyzed 32 subject-specific documents published between 2016 and 2023 in indexed journals (guidelines, consensus documents, reviews, and observational studies) and one methodological reference. We extracted variables regarding the frequency of errors, contributing factors, affected analytes, and control measures; the analysis was descriptive, and no meta-analysis was performed. Between 61.9% and 68.2% of all process errors occur during the preanalytical phase, and approximately 73% of these errors are preventable; hemolysis accounts for more than 60% of sample rejections. European surveys show that 94% of laboratories monitor preanalytical errors, but they use inconsistent criteria for managing hemolysis. The factors were grouped into six domains: patient preparation; identification and timing of collection; collection technique; devices and filling order; transport and stability; and sample-related interferences. The most strongly supported strategies were the standardization of phlebotomy, automated detection of hemolysis, jaundice, and lipemia indices, quality indicators, and staff training. Preanalytical quality control is a highly effective intervention for patient safety, but it requires standardization, systematic monitoring, and more evidence generated in Latin America.**

***Keywords: Preanalytical phase, quality control, hemolysis, phlebotomy, quality indicators, patient safety***

## INTRODUCCIÓN

Los resultados de laboratorio sustentan una proporción muy alta de las decisiones diagnósticas, pronósticas y terapéuticas, de modo que la calidad de cada paso del proceso total de análisis repercute directamente en la seguridad del paciente. Este proceso, conocido como circuito de cerebro a cerebro, comprende la selección de la prueba, la recolección y la identificación de la muestra, el transporte, el análisis, el informe y la interpretación del resultado (1).

A pesar de los avances tecnológicos y de la automatización, los errores persisten y la mayoría se origina fuera de la fase analítica. En una revisión reciente se estimó que entre 61,9 % y 68,2 % de los errores ocurre en la fase preanalítica, frente a 18,5–23,1 % en la posanalítica y 13,3–15 % en

la analítica, y que aproximadamente 73 % de los errores del proceso total serían prevenibles (1). Por esa razón, el modelo de indicadores de calidad de la Federación Internacional de Química Clínica (IFCC) busca medir de forma armonizada los errores y definir prioridades de mejora (2).

El problema tampoco es exclusivo de los países con mayores recursos. En diez laboratorios públicos de Sulaimani (Kurdistán iraquí) se evaluaron 5500 muestras venosas y se encontró una alta prevalencia de manejo inadecuado en la fase preanalítica; además, ningún laboratorio estaba acreditado internacionalmente ni registraba sus errores preanalíticos (3). En Europa, una encuesta con 1405 respuestas válidas de 37 países mostró que 94 % de los laboratorios declara monitorizar errores preanalíticos, aunque el registro, la evaluación y el uso posterior de esa información varían ampliamente (4). La segunda parte del mismo estudio, dedicada a la hemólisis, la ictericia y la lipemia, reveló una heterogeneidad similar en la forma de detectar y manejar estas muestras (5).

Frente a esta variabilidad, el Grupo de Trabajo para la Fase Preanalítica de la Federación Europea de Química Clínica y Medicina de Laboratorio (EFLM WG-PRE) ha producido recomendaciones, documentos de opinión y actividades educativas orientadas a estandarizar la práctica (6). Entre ellas destaca la recomendación conjunta EFLM-COLABIOCLI para la extracción de sangre venosa, elaborada junto con el grupo latinoamericano de la fase preanalítica (7).

En el plano específico de la muestra de sangre, la literatura describe factores que abarcan desde la preparación del paciente hasta el análisis en el laboratorio (8). El orden de llenado de los tubos, por ejemplo, busca evitar que los aditivos de un tubo contaminen a los siguientes y generen resultados erróneos (9). La hemólisis, definida como la ruptura de los eritrocitos con liberación de su contenido al plasma, merece una mención aparte: puede originarse en la recolección, la centrifugación o el transporte (10), y es el error preanalítico más frecuente, con más de 60 % de los rechazos de muestras (11).

A pesar de la abundante producción científica, la evidencia sobre los factores preanalíticos se presenta fragmentada en documentos de naturaleza distinta, con estudios que a menudo usan poblaciones y métodos estadísticos poco comparables. Una revisión metodológica de 36 investigaciones sobre flebotomía publicadas entre 1996 y 2016 halló que la mayoría empleaba voluntarios sanos y que solo uno había calculado el tamaño muestral necesario (12). Esa dispersión dificulta que los profesionales identifiquen qué factores tienen mayor impacto, en qué analitos y con qué medidas de control. La pregunta que orienta este trabajo es, por tanto: ¿qué factores preanalíticos alteran los resultados de las muestras de sangre y qué estrategias de control de calidad cuentan con respaldo en la literatura científica reciente?

La revisión se justifica por tres razones. En primer lugar, las muestras inadecuadas tienen consecuencias clínicas, como el retraso diagnóstico, económicas, por la necesidad de repetir la extracción, y organizacionales, incluidas las derivadas de litigios (13). En segundo lugar, si cerca

de tres cuartas partes de los errores del proceso total son prevenibles (1), la preanalítica es el terreno donde una intervención sencilla produce el mayor beneficio por unidad de esfuerzo. En tercer lugar, la recomendación de venopunción más reciente fue construida con participación latinoamericana (7), lo que vuelve oportuno ofrecer en español una síntesis ordenada para los laboratorios de la región.

Analizar los factores preanalíticos que alteran los resultados en muestras de sangre y las estrategias de control de calidad para su prevención, mediante una revisión de literatura indexada (2016-2026), evaluando la magnitud de los errores, los analitos afectados, sus mecanismos y las brechas de evidencia existentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación bibliográfica, de tipo revisión narrativa con enfoque estructurado, descriptiva y de corte transversal en el tiempo. Para transparentar el proceso se siguieron los ítems de reporte aplicables de la declaración PRISMA 2020, adaptados a una revisión que no combina estimaciones numéricas. No se registró un protocolo previo.

La población estuvo constituida por la literatura científica sobre control de calidad de la fase preanalítica en muestras de sangre. La muestra final fue de 32 documentos temáticos publicados entre 2016 y 2023 en revistas indexadas, más una referencia metodológica (PRISMA 2020), seleccionados por criterios de elegibilidad explícitos (tabla 1).

La consulta se realizó en noviembre de 2026 sobre PubMed/MEDLINE, PubMed Central, plataformas editoriales de las revistas y repositorios institucionales. Cada documento fue contrastado con su registro editorial o de indexación para confirmar título, año, volumen, páginas y DOI.

De cada documento se extrajeron: tipo de documento, año, ámbito geográfico, frecuencia de errores, factor preanalítico estudiado, analitos o pruebas afectadas, mecanismo de la alteración y medida de control propuesta. La calidad se apreció por la jerarquía del tipo de documento (guía o consenso, estudio multicéntrico, revisión) y por su publicación en revistas con revisión por pares; no se aplicó una herramienta formal de riesgo de sesgo por la heterogeneidad de diseños.

El análisis fue descriptivo: frecuencias absolutas y relativas, rangos y porcentajes tal como los reportan las fuentes. No se efectuó metaanálisis debido a la heterogeneidad de poblaciones, indicadores y diseños. La síntesis fue narrativa y temática, con agrupación de los hallazgos en dominios del proceso preanalítico. Las figuras se elaboraron con Python (Matplotlib).

*Tabla 1. Detalle de la metodología de revisión bibliográfica.*

| Componente | Descripción |
|---|---|
| Diseño | Revisión bibliográfica narrativa con enfoque estructurado; síntesis cualitativa y cuantitativa descriptiva. |
| Pregunta de revisión | ¿Qué factores preanalíticos alteran los resultados de las muestras de sangre y qué estrategias de control de calidad cuentan con respaldo? Población: muestras de sangre en laboratorio clínico; interés: factores y control; contexto: proceso total de análisis. |
| Guía de reporte | PRISMA 2020, en los ítems aplicables (justificación, objetivos, elegibilidad, fuentes, estrategia, selección, extracción y síntesis). |
| Fuentes | PubMed/MEDLINE, PubMed Central, plataformas editoriales y repositorios institucionales. |
| Ventana temporal | Enero de 2016 a noviembre de 2026. La consulta se hizo en noviembre de 2026. |
| Estrategia de búsqueda | Términos libres en inglés y español combinados con AND/OR: («preanalytical phase» OR «pre-analytical errors» OR «fase preanalítica») AND («blood sample» OR «venous blood collection» OR «hemolysis» OR «sample stability» OR «interference») AND («quality control» OR «quality indicators» OR «recommendation»). |
| Criterios de inclusión | Documento publicado entre 2016 y 2026; revista indexada con revisión por pares; trata factores preanalíticos o control de calidad en muestras de sangre; guía, consenso, revisión o estudio original; DOI verificable. |
| Criterios de exclusión | Literatura gris, tesis y preprints; documentos sin DOI verificable; estudios centrados en muestras no sanguíneas (orina, microbiología) o solo pediátricos; publicaciones anteriores a 2016. |
| Selección | Lectura de título y resumen y, cuando estuvo disponible, del texto completo; verificación del DOI contra el registro editorial. |
| Variables extraídas | Tipo de documento, año, ámbito, frecuencia de errores, factor, analitos afectados, mecanismo, medida de control. |
| Valoración de calidad | Jerarquía del tipo de documento y revisión por pares; sin herramienta formal de riesgo de sesgo. |
| Análisis estadístico | Descriptivo (frecuencias, rangos, porcentajes); sin metaanálisis; síntesis temática. |
| Consideraciones éticas | Estudio basado en información publicada; no involucra participantes humanos. |

La tabla 1, muestra que el diseño privilegia la transparencia del proceso sobre la exhaustividad: los criterios de elegibilidad son explícitos y el DOI verificable funciona como filtro de calidad documental. Al mismo tiempo, la ausencia de metaanálisis y de una herramienta formal de riesgo de sesgo es una decisión coherente con la heterogeneidad del cuerpo de evidencia, pero limita la comparación cuantitativa entre estudios. Por ello, los hallazgos deben leerse como una síntesis descriptiva y no como estimaciones agregadas.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

# RESULTADOS

La finalidad de este epígrafe es atender hasta cuatro propósitos todos ellos orientados a conseguir los objetivos de codificación de esta tesis: se quiere caracterizar el corpus analizado, describir la magnitud de los errores preanalíticos y las prácticas de monitorización, clasificar los factores modificadores de los resultados y sintetizar las estrategias de control; cada bloque se presenta, con su respectivo análisis, introduciéndose en el cuerpo del documento, bien en forma de tabla o en forma de figura.

## Caracterización del corpus

La figura 1 muestra la distribución, según años, de la producción de los 32 documentos temáticos. La producción de documentos se concentra en el año 2017 (9 documentos) y en el año 2018 (6 documentos), observando una producción más sostenida hasta el año 2020. Los documentos a partir del 2020 presentan una disminución en cuanto la producción de documentos.

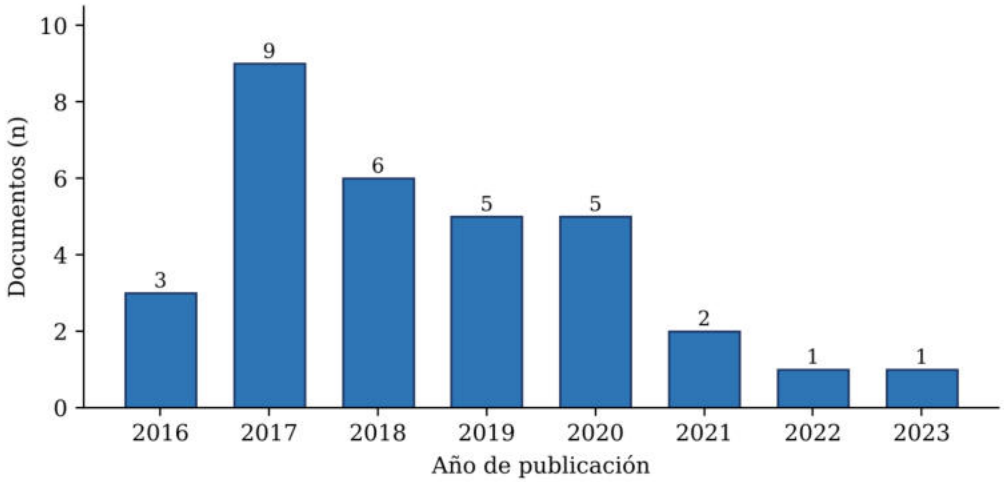


***Figura 1. Documentos temáticos incluidos según año de publicación (n = 32).***

***Fuente: Elaboración propia a partir de los documentos incluidos.***

Por tipo de documento, 13 son guías, recomendaciones o documentos de consenso y de opinión, 11 son revisiones y 8 son artículos originales o encuestas. Por revista, Clinical Chemistry and Laboratory Medicine aporta 13 documentos (41 %), le siguen Biochemia Medica y Clinical Biochemistry con 4, cada una. La razón de esta concentración y la escasa diversidad de revistas refleja el liderazgo del grupo WG-PRE de la EFLM sobre el tema e implica una limitación ya que, en su mayoría, los datos sobre la magnitud del problema provienen de un mismo entorno europeo.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

## Magnitud de los errores preanalíticos y prácticas de monitorización

Los estudios que cuantifican el problema muestran coinciden en el sentido: la fase preanalítica, por sí sola, reúne la mayoría de los errores. La figura 2 recoge los rangos reportados para cada fase, la figura 3 recoge las prácticas de monitorización de dos euros y la tabla 2 aporta los estudios con datos cuantitativos.

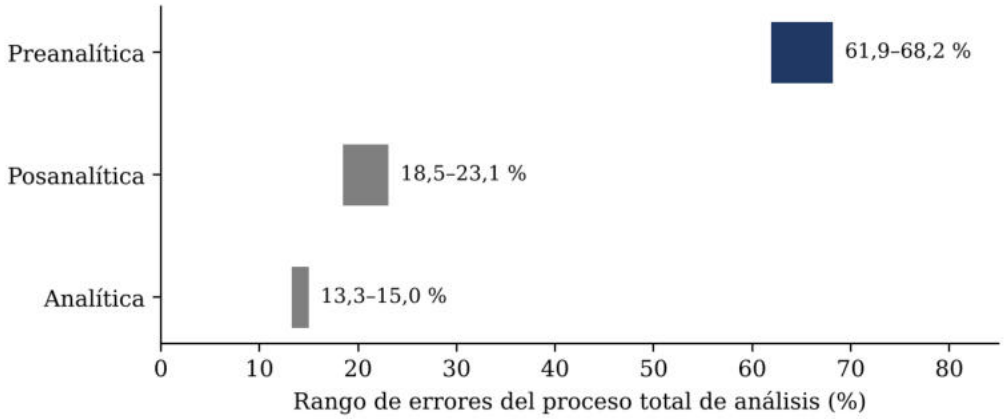


***Figura 2. Distribución de los errores del proceso total de análisis según fase, rangos reportados.***

***Fuente: Elaboración propia con datos de Mrazek et al. (1).***

El ancho del intervalo preanalítico (61,9–68,2 %) no presenta solapamiento con el de ninguna otra fase, por lo que el predominio preanalítico es consistente pese a la heterogeneidad de métodos, lo cual conlleva que, dado que el desempeño analítico es ya elevado, la mejora del mismo posee un margen de ganancia mucho menor que en el caso de una mejora de la recolección y el transporte de la muestra.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

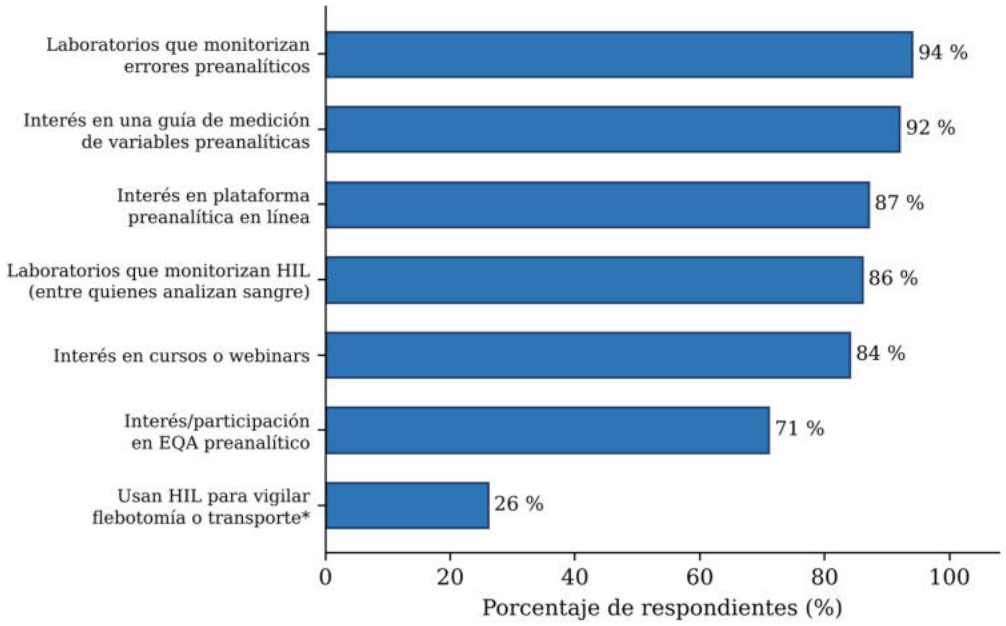


***Figura 3. Indicadores de las encuestas europeas sobre manejo preanalítico de la muestra.***

***Fuente: Elaboración propia con datos de Cadamuro et al. (4,5). *Porcentaje entre quienes monitorizan HIL (hemólisis, ictericia, lipemia).***

Prácticamente todos los laboratorios hacen seguimiento de los errores preanalíticos (94 %), aunque tan solo una de cada cuatro personas que realizan HIL lo emplean para el control de la flebotomía o el transporte, es decir, el dato se registra con una mayor frecuencia que el que se usa para la mejora. El interés expresado en guías (92 %), en plataformas on-line (87 %), en formación (84 %) hace pensar que el deseo de establecer la estandarización no se ha reflejado por el momento en una práctica habitual.

***Tabla 2. Estudios con datos cuantitativos sobre magnitud y control de errores preanalíticos.***

| Estudio | Diseño y ámbito | Hallazgo principal |
|---|---|---|
| Mrazek et al. (1) | Revisión narrativa del proceso total de análisis | Errores preanalíticos 61,9–68,2 %; posanalíticos 18,5–23,1 %; analíticos 13,3–15 %; cerca de 73 % prevenibles. |
| Najat (3) | Transversal; 10 laboratorios públicos; 5500 muestras venosas | Alta prevalencia de manejo inadecuado; ningún laboratorio acreditado; errores preanalíticos sin registro. |
| Cadamuro et al. (4) | Encuesta; 1405 respuestas de 37 países | 94 % monitoriza errores; 92 % desea una guía de medición de variables preanalíticas. |
| Cadamuro et al. (5) | Encuesta sobre HIL | 1160 laboratorios (86 %) monitorizan HIL; 70 % rechaza solo los parámetros sensibles y cerca de 20 % libera todo con un comentario general. |

| | | |
|---|---|---|
| Simundic et al. (11) | Revisión sobre hemólisis | La hemólisis causa más de 60 % de los rechazos y es el error preanalítico más común. |
| Ialongo y Bernardini (12) | Revisión metodológica de 36 estudios de flebotomía (1996–2016) | 22 de 36 usaron voluntarios sanos; el tamaño muestral se calculó en un solo estudio; no se evaluó sesgo en 12 ni concordancia en 24. |
| Cadamuro et al. (14) | Documento de opinión de la EFLM WG-PRE | Con tubos preetiquetados con código de barras, los errores preanalíticos bajaron 29 % (de 0,44 % a 0,32 % de los tubos) y los de identificación 53 % (de 51 a 24). En estudiantes de enfermería, la adherencia tras capacitación fue de 83 % en identificación, 39 % en información y 22 % en torniquete. |

Los estudios presentan tres mensajes comunes. Primero, el predominio del error preanalítico se puede encontrar en laboratorios acreditados y en sistemas no acreditados. Segundo, se evidencia un desfase entre medir y actuar: casi todos reconocen errores, pero los criterios para valorar qué hacer con una muestra hemolizada son dispares. Por último, las intervenciones de bajo coste como los tubos preetiquetados y la formación muestran disminuciones relevantes en la medición del error preanalítico, aun cuando esta evidencia deriva de experiencias locales y no de ensayos controlados.

**Las causas preanalíticas que afectan a los resultados**

Los factores identificados se agruparon en seis dominios relacionados con el recorrido de la muestra: preparación del paciente, identificación y momento de la obtención de la muestra, técnica de extracción, dispositivos y orden de llenado, transporte y estabilidad e interferencias propias de la muestra. Se muestra en la tabla 3 el efecto sobre el resultado y la medida de control de cada uno de los factores.

***Tabla 3. Factores preanalíticos que alteran los resultados en muestras de sangre, efecto y control.***

| Dominio | Factor | Efecto sobre el resultado | Medida de control |
|---|---|---|---|
| 1. Preparación del paciente | Ayuno | En el perfil lipídico no se requiere ayuno de rutina; se considera repetirlo en ayunas si los triglicéridos sin ayuno superan 5 mmol/L (440 mg/dL) (15) . | Usar muestras sin ayuno y marcar valores desde puntos de corte deseables. |
| | Glucosa y diabetes | La calidad de la evidencia que respalda los ensayos de laboratorio en diabetes es variable (16). | Aplicar la guía AACC/ADA vigente. |
| | Suplementos de biotina | En inmunoensayos con estreptavidina/biotina producen resultados falsamente aumentados o disminuidos (hormonas tiroideas y esteroideas, marcadores tumorales, troponina, β-hCG) (17), (18). | Interrogar sobre suplementos; abstención de unas 48 h antes de la extracción. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Identificación y momento | Hora de recolección | La hora exacta determina la estabilidad del analito y la interpretación de fármacos y hormonas con variación circadiana, y con frecuencia falta (6), (19). | Documentar la hora; tubos preetiquetados con código de barras (14). |
| 3. Técnica de extracción | Torniquete, sitio, aguja y catéter | Hemólisis in vitro; el muestreo por catéter se asocia con mayor riesgo que la venopunción convencional (10), (20). | Técnica estandarizada; evitar el catéter cuando sea posible; control del vacío. |
| | Capacitación del personal | Gran variación en el desempeño de estudiantes de enfermería tras la capacitación (adherencia al torniquete de 22 %) (14). | Capacitación y verificación periódica de la técnica. |
| 4. Dispositivos y orden de llenado | Orden de llenado | El arrastre de aditivos contamina los tubos siguientes; por ejemplo, la contaminación con K-EDTA puede producir calcio y fosfatasa alcalina falsamente bajos (1), (9). | Seguir el orden recomendado: hemocultivo, luego tubo de coagulación, luego el resto. |
| | Mezcla y citrato (coagulación) | Distribución incompleta del anticoagulante; el hematocrito elevado exige ajustar el volumen de citrato (21). | De 3 a 6 inversiones completas; evitar agitación vigorosa. |
| 5. Transporte y estabilidad | Transporte neumático y mecánico | El estrés mecánico puede inducir hemólisis; el sistema debe validarse para los analitos solicitados (22), (23) . | Verificar el sistema; usar insertos adecuados y registradores de datos (14). |
| | Centrifugación y tiempo hasta el análisis | Tiempo de protrombina estable 24 h a temperatura ambiente; TTPa con plasma fresco en menos de 4 h (menos de 1 h con heparina no fraccionada) (21). | Centrifugar en menos de 1 h y respetar las ventanas de estabilidad. |
| | Estudios de estabilidad | Reporte heterogéneo de los estudios de estabilidad (24). | Usar la lista de verificación CRESS. |
| 6. Interferencias de la muestra | Hemólisis | Interferencia espectrofotométrica, liberación de contenido intracelular, dilución e interferencia química (11), (13). | Medición automática del índice H y reglas de liberación o supresión. |
| | Ictericia y lipemia | Interferencia fotométrica y química; los límites de alerta deben basarse en pruebas de interferencia (25) . | Índices HIL verificados localmente. |
| | Evaluación visual | Subjetiva y no estandarizada; compromete la seguridad del paciente (13), (26) | Reemplazar por detección automatizada. |

Un primer rasgo resulta característico. Casi todos los factores pueden ser controlados para un procedimiento dado y sin inversión tecnológica, tales como el orden en el llenado, la mezcla adecuada o incluso la hora documentada. El segundo rasgo destacado es que la hemólisis puede

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

aparecer en los ámbitos técnico, de transporte e interferencias, por lo que se entiende su importancia como causa de rechazo. Un tercer elemento es que el efecto de cada factor depende del analito: el ayuno importa poco para los lípidos pero sí para las determinaciones de pruebas, y la biotina solo interfiere en los inmunoensayos que requieren el uso de la unión estreptavidina/biotina.

## Estrategias de control de calidad

Si una vez detectados los factores que hay detrás, interesa saber cuáles son las estrategias que cuentan con el respaldo, la tabla 4 refleja las estrategias que aparecen más a menudo en la literatura, que se acompañan del tipo de recomendación que las sustenta.

***Tabla 4. Estrategias de control de calidad preanalítico y su respaldo.***

| Estrategia | Descripción y respaldo | Alcance |
|---|---|---|
| Estandarización de la flebotomía | Recomendación conjunta con pasos antes, durante y después de la extracción, avalada por 33 de 40 miembros de la EFLM y 21 de 21 de la COLABIOCLI (7). | Todos los laboratorios; Europa y América Latina |
| Indicadores de calidad | Modelo de indicadores del grupo IFCC WG-LEPS, que permite comparar el desempeño entre laboratorios (2). | Laboratorios con registro sistemático |
| Monitorización y evaluación de errores | 94 % monitoriza, pero cerca de un tercio no evalúa los datos recolectados (1). | Gestión de calidad |
| Gestión automatizada de HIL | Medición sistemática del índice H; liberar con comentario, suprimir o rechazar según el sesgo; suprimir todos los datos con hemoglobina libre de 10 g/L o más; no usar fórmulas de corrección (13). | Química clínica |
| Capacitación y trazabilidad | Tubos preetiquetados con código de barras y capacitación del personal que extrae (14). | Hospitales y puntos de extracción |
| Documentación de variables preanalíticas | Código SPREC versión 3.0 para biobancos y lista PREDICT para ensayos clínicos (27), (28) . | Investigación y biobancos |
| Alineación con ISO 15189 | Documento de consenso para cumplir los requisitos preanalíticos de la norma (29). | Laboratorios acreditados o en proceso |
| Selección y aceptación de muestras | Enfoque pragmático para aceptar o rechazar muestras y análisis de la sobreutilización de pruebas (30), (31). | Interfaz clínico-laboratorio |

Las estrategias se establecen en tres niveles: el operativo (flebotomía, HIL, tubos preetiquetados); el de gestión (indicadores, control, ISO 15189); y el de investigación (SPREC, PREDICT). Con respecto a la recomendación hay que tener en cuenta que es más sólida la recomendación de consenso que no la de ensayos comparativos, y eso justifica que a pesar de que el acuerdo entre expertos sea alto la fuerza de la evidencia sea moderada.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

# DISCUSIÓN

El resultado principal, el predominio preanalítico de errores, se establece entre revisiones, en estudios locales y en encuestas multinacionales. La revisión de Mrazek et al. lo sitúa entre 61,9–68,2 % (1) , y el estudio de Najat, que incluyó solamente laboratorios públicos sin acreditación, también resaltó alta prevalencia de tratamiento inadecuado (3). La coincidencia de resultados en situaciones tan distintas sugiere que el problema no es dependiente del grado de desarrollo del sistema sino de procesos previos a la llegada al laboratorio, y de la falta de monitorización sistemática.

Un matiz importante es la diferencia entre monitorizar y mejorar. Aunque el 94 % de los laboratorios europeos monitoriza errores (4), Mrazek et al. recuerdan que en torno muy a un tercio no lo hace con los datos (1), y en la encuesta de hemólisis sólo el 26 % utiliza esta información para supervisar la flebotomía o el transporte (5). Los indicadores de calidad de la IFCC proporcionan precisamente ese marco necesario para poder cerrar dicha brecha a través de la comparación entre los laboratorios (2), pero su utilidad queda restada ya que el dato debe derivar en una actuación correctora. La hemólisis esgrimida ilustra mejor que ningún factor la complejidad de la problemática, ya que la principal causa parece ser in vitro, considerando que solamente alrededor del 2 % de las muestras hemolizadas proceden de pacientes con hemólisis intravascular (32), lo que la hace de por sí misma en buena medida prevenible.

En lo relacionado a la decisión posterior, la recomendación de la EFLM apoya de forma explícita la realización de la medición automática del índice H y la desaconseja respecto de las fórmulas de corrección (13), mientras que la evaluación visual, subjetiva, se considera una fuente de riesgo para el paciente (26). Sin embargo, la práctica real es heterogénea ya que un 70 % de los laboratorios rechazan solamente los parámetros sensibles y cerca de un 20 % liberan todos los resultados con un comentario genérico (4). Esta discrepancia entre la recomendación y su implementación es consistente con lo que indican Farrell y Carter, quienes plantean que determinar los índices HIL no es relevante si no se establecen límites de alerta adecuados a partir de las pruebas de interferencia (25). En lo que respecta a la coagulación, la guía de los autores Magnette et al. delimitan ventanas estables, como las de 24 horas para el tiempo de protrombina a temperatura ambiente y menos de 4 horas para el TTPa (21), y estas ventanas se sitúan con el orden de llenado, que sitúa el tubo de citrato justo después del hemocultivo; además, la conclusión a la que llega la EFLM en que el orden correspondiente debe respetarse independientemente de que algunos estudios en condiciones ideales no muestren contaminación, se sostiene con que las condiciones ideales no siempre tienen lugar en la práctica (9).

La preparación del paciente ha tenido una evolución en la literatura que merece ser discutida. La descripción correspondiente al perfil lipídico concluye que el ayuno no es habitual (15), aunque

en la recomendación de las pruebas de abundante venopunción incluye, concediendo, entre otros, que el ayuno del paciente debe garantizar la adecuada preparación (7). No existe contradicción: la exigencia del ayuno de la muestra analítica depende del analito y de la pregunta clínica, es decir, el laboratorio debería indicar el ayuno por otra parte; así, por mito práctico y por prueba, es decir; dos cosas parecidas son el caso de la biotina, que tiene saber su interferencia en algunos inmunoensayos (17), y esto puede superarse con la educación del paciente, evitando la biotina por un período aproximado de 48 y 72 horas (18).

El transporte y el tiempo que transcurre hasta el análisis son factores menos evidentes, pero no por ello menos determinantes, la revisión de Nybo et al. refuerza que cada modo de transporte debe ser validado de forma independiente (22), la evaluación multicéntrica de cinco insertos para tubo neumático confirma que el estrés mecánico dependerá del aparato (23); y saber la hora exacta de la extracción resulta indispensable para poder interpretar analitos con variabilidad circadiana, un dato que sigue siendo un problema no resuelto (19); para homogeneizar los estudios de estabilidad existe en la actualidad la lista CRESS (24).

Por último, las estrategias de mejora más eficaces parecen ser las sencillitas. La vivencia de tubos preetiquetados redujeron los errores 29 % y los de identificación 53 %, y la formación aparece como necesidad, dado que la adherencia al uso del torniquete fue de solo 22 % en los estudiantes de enfermería (14). Estos datos concuerdan con la propuesta de estandarizar la técnica de extracción (7) y con el consenso para cumplir con los requisitos preanalíticos de la ISO 15189 (29) . En el ámbito de la investigación, PREDICT (28) y SPREC (27) extienden la lógica de la documentación a los ensayos clínicos y los biobancos, ya que un error preanalítico puede comprometer la totalidad del ensayo.

Estos hallazgos hay que interpretarlos con cautela. En primer lugar, su metodología fue narrativa con ausencia de metaanálisis ni de evaluación formal del riesgo de sesgo, lo que limita la solidez de las comparaciones. En segundo lugar, la mayor parte de la evidencia provino de Europa y del grupo WG-PRE, como fue constatado en la caracterización del corpus, por lo que su transferencia a otros sistemas de salud necesitaría verificarse; como señalan Ialongo y Bernardini muchas investigaciones preanalíticas utilizan sanos voluntarios y pocas calculan el tamaño muestral (12). En tercer lugar, el documento más reciente incluido es de 2023, de modo que en la evidencia de 2024 a 2026 sería necesaria una actualización. Por último, no se aporta un diagrama de flujo con conteos de registros cribados como la búsqueda fue dirigida y no una metaaría sistemática exhaustiva.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican que la fase preanalítica reúne entre un 61,9 % y un 68,2 % de los errores de la totalidad del proceso de análisis y que el 73 % de los mismos son

potencialmente evitables. La hemólisis representa la causa de rechazo más frecuente, con más de un 60 %. Los laboratorios monitorizan errores en su mayor parte, pero son pocos los que sacan también partido de dicha información. Los factores que alteran los resultados se agrupan en seis dominios: preparación del paciente, identificación y momento de la recolección, técnica de extracción, dispositivos y orden rellenado, transporte y estabilidad, e interferencias de la muestra.

El efecto de cada uno de los factores depende del analito: la hemólisis y la lipemia afectan la química clínica, la biotina determinados inmunoensayos y el tiempo y el citrato la coagulación. Las estrategias más justificadas son la estandarización de la flebotomía, medir automáticamente los índices HIL con reglas de liberación claras, indicadores de calidad, la capacitación y los tubos preetiquetados. Las principales brechas son la escasa evidencia comparativa, la concentración geográfica de los estudios y ausencia de datos generados en América Latina.

Se concluye que el control de calidad preanalítico es una intervención POM para la seguridad del paciente, factible con medidas de procedimiento y capacitación, y que su implementación requiere estandarización, vigilancia sistemática y evaluación del efecto de las medidas. Se recomienda que futuros estudios utilicen listas de verificación de reporte, calculen el tamaño muestral y que se realicen en laboratorios de la región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Keppel MH, Cadamuro J, Haschke-Becher E, Oberkofler H, Felder TK, Lippi G, et al. Errors within the total laboratory testing process, from test selection to medical decision-making – A review of causes, consequences, surveillance and solutions. Biochem Med (Zagreb). 2020 Jun 15;30(2):215–33. doi:10.11613/BM.2020.020502
2. Sciacovelli L, Lippi G, Sumarac Z, West J, Garcia del Pino Castro I, Furtado Vieira K, et al. Quality Indicators in Laboratory Medicine: the status of the progress of IFCC Working Group "Laboratory Errors and Patient Safety" project. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2017 Jan 1;55(3). doi:10.1515/cclm-2016-0929
3. Najat D. Prevalence of Pre-Analytical Errors in Clinical Chemistry Diagnostic Labs in Sulaimani City of Iraqi Kurdistan. PLoS One. 2017 Jan 20;12(1):e0170211. doi:10.1371/journal.pone.0170211
4. Cornes M, Simundic AM, de la Salle B, Kristensen GBB, Guimaraes JT, Grankvist K, et al. European survey on preanalytical sample handling – Part 1: How do European laboratories monitor the preanalytical phase? On behalf of the European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) Working Group for the Preanalytical Pha. Biochem Med (Zagreb). 2019 Jun 15;29(2):322–33. doi:10.11613/BM.2019.020704
5. Cornes M, Simundic AM, de la Salle B, Kristensen GBB, Guimaraes JT, Grankvist K, et al. European survey on preanalytical sample handling – Part 2: Practices of European

laboratories on monitoring and processing haemolytic, icteric and lipemic samples. On behalf of the European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EF. Biochem Med (Zagreb). 2019 Jun 15;29(2):334–45. doi:10.11613/BM.2019.020705

6. Lippi G, Betsou F, Cadamuro J, Cornes M, Fleischhacker M, Fruekilde P, et al. Preanalytical challenges – time for solutions. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2019 Jun 26;57(7):974–81. doi:10.1515/cclm-2018-1334
7. Simundic AM, Bölenius K, Cadamuro J, Church S, Cornes MP, van Dongen-Lases EC, et al. Joint EFLM-COLABIOCLI Recommendation for venous blood sampling. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2018 Nov 27;56(12):2015–38. doi:10.1515/cclm-2018-0602
8. Lima-Oliveira G, Volanski W, Lippi G, Picheth G, Guidi GC. Pre-analytical phase management: a review of the procedures from patient preparation to laboratory analysis. Scand J Clin Lab Invest. 2017 Apr 3;77(3):153–63. doi:10.1080/00365513.2017.1295317
9. Cornes M, van Dongen-Lases E, Grankvist K, Ibarz M, Kristensen G, Lippi G, et al. Order of blood draw: Opinion Paper by the European Federation for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) Working Group for the Preanalytical Phase (WG-PRE). Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2017 Jan 1;55(1):27–31. doi:10.1515/cclm-2016-0426
10. Heireman L, Van Geel P, Musger L, Heylen E, Uyttenbroeck W, Mahieu B. Causes, consequences and management of sample hemolysis in the clinical laboratory. Clin Biochem. 2017 Dec;50(18):1317–22. doi:10.1016/j.clinbiochem.2017.09.013
11. Simundic AM, Baird G, Cadamuro J, Costelloe SJ, Lippi G. Managing hemolyzed samples in clinical laboratories. Crit Rev Clin Lab Sci. 2020 Jan 2;57(1):1–21. doi:10.1080/10408363.2019.1664391
12. Ialongo C, Bernardini S. Preanalytical investigations of phlebotomy: methodological aspects, pitfalls and recommendations. Biochem Med (Zagreb). 2017;177–91. doi:10.11613/BM.2017.020
13. Lippi G, Cadamuro J, von Meyer A, Simundic AM. Practical recommendations for managing hemolyzed samples in clinical chemistry testing. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2018 Apr 25;56(5):718–27. doi:10.1515/cclm-2017-1104
14. Cadamuro J, Baird G, Baumann G, Bolenius K, Cornes M, Ibarz M, et al. Preanalytical quality improvement – an interdisciplinary journey. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2022 Apr 26;60(5):662–8. doi:10.1515/cclm-2022-0117
15. Nordestgaard BG, Langsted A, Mora S, Kolovou G, Baum H, Bruckert E, et al. Fasting is not routinely required for determination of a lipid profile: clinical and laboratory implications including flagging at desirable concentration cut-points—a joint consensus statement from the European Atherosclerosis Society and European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Eur Heart J. 2016 Jul 1;37(25):1944–58. doi:10.1093/eurheartj/ehw152

16. Sacks DB, Arnold M, Bakris GL, Bruns DE, Horvath AR, Lernmark Å, et al. Guidelines and Recommendations for Laboratory Analysis in the Diagnosis and Management of Diabetes Mellitus. Diabetes Care. 2023 Oct 1;46(10):e151–99. doi:10.2337/dci23-0036
17. Samarasinghe S, Meah F, Singh V, Basit A, Emanuele N, Emanuele MA, et al. Biotin Interference with Routine Clinical Immunoassays: Understand the Causes and Mitigate the Risks. Endocrine Practice. 2017 Aug;23(8):989–98. doi:10.4158/EP171761.RA
18. Gifford JL, de Koning L, Sadrzadeh SMH. Strategies for mitigating risk posed by biotin interference on clinical immunoassays. Clin Biochem. 2019 Mar;65:61–3. doi:10.1016/j.clinbiochem.2018.12.007
19. von Meyer A, Lippi G, Simundic AM, Cadamuro J. Exact time of venous blood sample collection – an unresolved issue, on behalf of the European Federation for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) Working Group for Preanalytical Phase (WG-PRE). Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2020 Sep 25;58(10):1655–62. doi:10.1515/cclm-2020-0273
20. Mrazek C, Simundic AM, Wiedemann H, Krahmer F, Felder TK, Kipman U, et al. The relationship between vacuum and hemolysis during catheter blood collection: a retrospective analysis of six large cohorts. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2017 Jul 26;55(8):1129–34. doi:10.1515/cclm-2016-0940
21. Magnette A, Chatelain M, Chatelain B, Ten Cate H, Mullier F. Pre-analytical issues in the haemostasis laboratory: guidance for the clinical laboratories. Thromb J. 2016 Dec 12;14(1):49. doi:10.1186/s12959-016-0123-z
22. Nybo M, Cadamuro J, Cornes MP, Gómez Rioja R, Grankvist K. Sample transportation – an overview. Diagnosis. 2019 Mar 26;6(1):39–43. doi:10.1515/dx-2018-0051
23. Cadamuro J, von Meyer A, Johannis W, Haschke-Becher E, Keppel MH, Streichert T. Effect of five different pneumatic tube carrier inserts on mechanical sample stress: a multicentre evaluation. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2021 Jul 27;59(8):e313–6. doi:10.1515/cclm-2020-1818
24. Cornes M, Simundic AM, Cadamuro J, Costelloe SJ, Baird G, Kristensen GBB, et al. The CRESS checklist for reporting stability studies: on behalf of the European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) Working Group for the Preanalytical Phase (WG-PRE). Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2021 Jan 26;59(1):59–69. doi:10.1515/cclm-2020-0061
25. Farrell CJL, Carter AC. Serum indices: managing assay interference. Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine. 2016 Sep 19;53(5):527–38. doi:10.1177/0004563216643557
26. Luksic AH, Nikolac Gabaj N, Miler M, Dukic L, Bakliza A, Simundic AM. Visual assessment of hemolysis affects patient safety. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2018 Mar 28;56(4):574–81. doi:10.1515/cclm-2017-0532
27. Betsou F, Bilbao R, Case J, Chuaqui R, Clements JA, De Souza Y, et al. Standard PREanalytical Code Version 3.0. Biopreserv Biobank. 2018 Feb;16(1):9–12. doi:10.1089/bio.2017.0109

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 159-175b
DOI:
https://doi.org/10.56519/c4a4fq33

28. Lippi G, von Meyer A, Cadamuro J, Simundic AM. PREDICT: a checklist for preventing preanalytical diagnostic errors in clinical trials. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2020 Mar 26;58(4):518–26. doi:10.1515/cclm-2019-1089
29. Vermeersch P, Frans G, von Meyer A, Costelloe S, Lippi G, Simundic AM. How to meet ISO15189:2012 pre-analytical requirements in clinical laboratories? A consensus document by the EFLM WG-PRE. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). 2021 May 26;59(6):1047–61. doi:10.1515/cclm-2020-1859
30. Cadamuro J, Simundic AM, Ajzner E, Sandberg S. A pragmatic approach to sample acceptance and rejection. Clin Biochem. 2017 Jul;50(10–11):579–81. doi:10.1016/j.clinbiochem.2017.02.001
31. Cadamuro J, Gaksch M, Wiedemann H, Lippi G, von Meyer A, Pertersmann A, et al. Are laboratory tests always needed? Frequency and causes of laboratory overuse in a hospital setting. Clin Biochem. 2018 Apr;54:85–91. doi:10.1016/j.clinbiochem.2018.01.024
32. Lippi G, Mattiuzzi C, Cadamuro J. Is the hemolysis index always suitable for monitoring phlebotomy performance? LaboratoriumsMedizin. 2018 Jun 27;42(3):67–72. doi:10.1515/labmed-2018-0028

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 176-193
DOI:
https://doi.org/10.56519/r6vc1j80

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN FARMACOVIGILANCIA: PREDICCIÓN Y DETECCIÓN DE REACCIONES ADVERSAS A MEDICAMENTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PHARMACOVIGILANCE: PREDICTION AND DETECTION OF ADVERSE DRUG REACTIONS: A SYSTEMATIC REVIEW

Mariela Alexandra Idrovo Vallejo[1], María del Cisne Díaz Guerrero[2], Jairo Wladimir Almeida Castillo[3], Adriana Guadalupe Villarreal Sánchez[4]

{ mariela.idrovo@unl.edu.ec[1], mdiaz825@puce.edu.ec[2], jairoalmeidacastillo@hotmail.com[3], adrivii996@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 03/10/2026 / Fecha de aceptación: 17/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La farmacovigilancia afronta importantes dificultades relacionadas con la infranotificación de reacciones adversas a medicamentos, la fragmentación de los registros sanitarios y los retrasos en la identificación de riesgos asociados al uso de tratamientos farmacológicos. En este contexto, la heterogeneidad de las fuentes de información, los desenlaces evaluados y los métodos de validación dificulta establecer la utilidad clínica de los modelos de inteligencia artificial. La presente investigación tuvo como objetivo analizar las aplicaciones de la inteligencia artificial en la detección y predicción de reacciones adversas a medicamentos, así como examinar las principales limitaciones para su implementación en la práctica asistencial. Se realizó una revisión crítica de ocho investigaciones de síntesis, complementada con estudios originales y documentos de organismos sanitarios. La información se obtuvo mediante la consulta de registros bibliográficos y fuentes editoriales verificables, tomando como referencia las recomendaciones PRISMA 2020 para favorecer la transparencia en la presentación metodológica. Los resultados evidenciaron que una revisión de 67 estudios identificó la detección de señales de seguridad como la principal aplicación de la inteligencia artificial, con una frecuencia del 50,5 %. Asimismo, otra revisión de 59 estudios informó que únicamente el 18,6 % había realizado una validación externa de los modelos, mientras que un metaanálisis de nueve estudios registró un área bajo la curva de 0,841, con un intervalo de confianza del 95 % entre 0,789 y 0,883. Se concluyó que la inteligencia artificial representa una herramienta prometedora para optimizar la identificación de señales de**

[1]Docente de la Carrera de Enfermería, Universidad Nacional de Loja, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-5555-0099
[2]Facultad de Salud y Bienestar, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-2400-5821
[3]Investigador Independiente, https://orcid.org/0009-0001-5437-6690
[4]Investigador Independiente, https://orcid.org/0000-0001-9985-2446

**seguridad, el procesamiento de información clínica y la predicción de riesgos farmacológicos. Sin embargo, su incorporación a los sistemas de farmacovigilancia requiere fortalecer la validación independiente, desarrollar evaluaciones prospectivas y garantizar la supervisión de profesionales sanitarios para favorecer su aplicación segura y confiable.**

***Palabras clave: farmacovigilancia, inteligencia artificial, reacciones adversas a medicamentos, aprendizaje automático, seguridad del paciente***

**ABSTRACT: Pharmacovigilance faces significant challenges related to the underreporting of adverse drug reactions, the fragmentation of healthcare records, and delays in identifying risks associated with pharmacological treatments. In this context, the heterogeneity of information sources, assessed outcomes, and validation methods makes it difficult to establish the clinical utility of artificial intelligence models. This study aimed to analyze the applications of artificial intelligence in the detection and prediction of adverse drug reactions and to examine the main limitations affecting their implementation in clinical practice. A critical literature review was conducted, including eight evidence synthesis studies, supplemented by original research articles and documents published by health authorities. Information was obtained through bibliographic databases and verifiable editorial sources, using the PRISMA 2020 recommendations as a reference to promote transparency in methodological reporting. The findings revealed that a review of 67 studies identified safety signal detection as the most common application of artificial intelligence, accounting for 50.5% of the studies. Furthermore, another review involving 59 studies reported that only 18.6% had performed external model validation, while a meta-analysis of nine studies reported an area under the receiver operating characteristic curve of 0.841, with a 95% confidence interval ranging from 0.789 to 0.883. It was concluded that artificial intelligence represents a promising tool for improving safety signal identification, clinical information processing, and the prediction of drug-related risks. However, its integration into pharmacovigilance systems requires stronger independent validation, prospective evaluations, and appropriate supervision by healthcare professionals to ensure its safe and reliable application.**

***Keywords: pharmacovigilance, artificial intelligence, adverse drug reactions, machine learning, patient safety***

## INTRODUCCIÓN

La seguridad de los fármacos es un aspecto fundamental dentro de la asistencia sanitaria. Si bien los ensayos clínicos permiten caracterizar muchos efectos adversos antes de la autorización de un producto, las condiciones de inclusión de los participantes, el tiempo y el número de pacientes no reproducen toda la variedad de situaciones que se observan durante la práctica clínica. Las personas de edad avanzada, las personas con varias enfermedades, las personas que se encuentran en tratamientos concomitantes pueden desembocar en problemas de seguridad no

suficientemente reflejados en la investigación anterior a comercializar. Por esta razón, la Organización Mundial de la Salud establece la farmacovigilancia como el conjunto de actividades destinadas a detectar, evaluar, entender y prevenir efectos adversos u otros problemas relacionados con el uso de medicamentos (1).

La notificación espontánea ha sido una de las principales fuentes para detectar posibles reacciones adversas a partir del momento que los fármacos empiezan a ser utilizados de una forma más habitual. Este proceso no deja de depender de que los propios profesionales o pacientes reconozcan un evento, consideren su posible relación con el fármaco y opten por comunicarlo. La infra notificación en los artículos de revisión seleccionados por Hazell y Shakir es del 94 % como mediana, aunque presenta cierta variación según el contexto y el tipo de reacción (2). Más allá de este tema de la infra notificación, los sistemas de notificación pueden incluir duplicados, información incompleta y diferencias en la codificación, y la autoridad reguladora estadounidense señala, explícitamente, que las notificaciones no sirven para calcular la incidencia de una reacción adversa ni para demostrar que exista causalidad respecto al producto sospechoso (3).
El aumento de los depósitos de información de farmacovigilancia y de las historias clínicas electrónicas ha creado nuevas oportunidades para tratar estos problemas. En el contexto europeo, EudraVigilance recoge informes individuales con sospechas de reacciones adversas, así como tiene procedimientos de procesamiento, detección de duplicados e identificación de desproporcionalidad de las notificaciones (4). Estas herramientas permiten clasificar y encontrar en gran información, si bien la interpretación depende de la calidad del dato y del criterio farmacológico. La señal detectada representaría la sospecha a investigar, pero no significaría la prueba irrefutable de daño por abuso de un medicamento.

La inteligencia artificial en este ámbito ofrece procedimientos capaces de reconocer relaciones complejas en datos estructurados y de obtener información clínica a partir de información escrita en lenguaje natural. De forma más concreta, el aprendizaje automático para clasificaciones de eventos, el aprendizaje profundo para el reconocimiento de patrones de mayor complejidad y el procesamiento del lenguaje natural para detectar menciones de medicamentos, manifestaciones clínicas y relaciones temporales. Ya desde fechas tempranas, Harpaz y colaboradores dieron cuenta de cómo las técnicas de la minería de datos (por las cuales en un conjunto de datos no estructurados es posible descubrir y evaluar acontecimientos adversos) podrían ampliar las posibilidades de descubrimiento y de evaluación de eventos adversos (5); poco después, Tatonetti y colaboradores mostraron que el análisis de grandes repositorios de notificación (esto es, conjuntos de datos sobre eventos adversos) podría tener utilidad para estudiar interacciones entre medicamentos, aunque detectaron la necesidad de controlar variables de confusión (6).

En otra vía complementaria, los registros asistenciales. LePendu y colaboradores utilizaron las notas clínicas para estudiar eventos de seguridad que no necesariamente se encuentran estructurados en bases de datos (7). De igual modo, Sarker y colaboradores sistematizaban los

primeros avances en el aprovechamiento de mensajes que usuarios de Twitter dejan publicados (8), y Nikfarjam y colaboradores probaban la viabilidad del reconocimiento de expresiones de reacciones adversas en esta forma de lenguaje informal (9).Dichas aproximaciones ampliaron la variedad de fuentes potenciales útiles, aunque también suscitaban problemas de ambigüedad lingüística, de privacidad, de sesgo de selección y de verificación de las afirmaciones que hacían las personas.

En este sentido, la publicación de investigaciones con modelos predictivos cada vez más complejos ha incrementado el interés por incorporar inteligencia artificial a la vigilancia de la salud cotidiana. Sin embargo, la capacidad de discriminar casos en una base de datos de entrenamiento no asegura que el mismo rendimiento se mantenga en otro hospital, en otro tiempo o en pacientes con características diferentes; así, ser más sensible en identificar menciones de posibles efectos adversos no implica que el daño clínico sea menor.

La normativa europea de los medicamentos señala que el uso de IA a lo largo del ciclo de los medicamentos debe ser entendido a la luz de los requisitos de calidad, de seguridad y de protección de datos existentes (24). Por lo tanto, persiste una cuestión de investigación importante: los trabajos publicados dan cuenta de beneficios en la identificación y la predicción de un evento adverso, pero unas y otros no hacen uso de fuentes, poblaciones, definiciones de resultados y técnicas de evaluación que sean, en todos los casos, comparables. Tal heterogeneidad dificulta llegar a la conclusión de en qué tareas la IA es capaz de aportar valor objetivo, así como las condiciones que deben ser satisfechas para la introducción de la IA en la atención clínica y en los procesos de toma de decisión regulatorios. Por lo tanto, el objetivo que persigue esta revisión es el de realizar un análisis acerca de las principales aplicaciones de la IA en la predicción y en la detección de las reacciones adversas a los medicamentos, el contrastar los resultados comunicados por diferentes autores y el de señalar las limitaciones metodológicas que los mismos presentan y las condiciones mínimas para una utilización responsable.

La evidencia cuantitativa más reciente pone de manifiesto que el problema va más allá de la exactitud de la clasificación. En un metaanálisis multinivel que incluía 30 estimaciones provenientes de nueve trabajos la superficie bajo la curva obtenida era de 0,841, pero se observaba una alta heterogeneidad lo que llevó a clasificar la certeza de dicha estimación como baja (25). Por lo tanto, la interpretación de la eficacia ha de ser complementada con una valoración de qué clase de datos se han utilizado, cuál ha sido el procedimiento de validación o el contexto asistencial bajo el que fue construido cada uno de los algoritmos. Esta necesidad de interpretación crítica justifica el que se concluyan trabajos de diferentes contextos antes que emplear una única estimación como índice universal de rendimiento.

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 176-193
ISSN: 3091-2008
DOI: https://doi.org/

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Tipo de método de investigación

Se llevó a cabo una revisión crítica de la literatura, dispuesta en un enfoque cualitativo y en un alcance descriptivo-comparativo, en torno a los resultados publicados sobre detección y predicción de reacciones adversas mediante inteligencia artificial. La estructura de información se llevó a cabo tomando como referencia los apartados adecuados de la declaración PRISMA 2020 (23), que orientan la descripción de los criterios, fuentes, mecanismos de realización y limitaciones.

## Pregunta y criterios de inclusión y exclusión

La pregunta guiadora que se llevó a cabo fue la siguiente: "¿Qué aplicaciones y/o resultados han sido estos que han estado comunicados por parte de la inteligencia artificial en la detección y predicción de reacciones adversas a los fármacos y qué limitaciones son las que restringe su uso clínico?

Se consideraron pertinentes los estudios publicados en relación con la detección de señales de seguridad, predicción de acontecimientos adversos a fármacos, extracción de datos clínicos, procesamiento de reportes y análisis de interacciones farmacológicas. Se otorgaron prioridad a revisiones con métodos explícitos, resultados cuantitativos atribuidos y artículos originales representativos. No se consideraron para la interpretación cuantitativa cifras no rastreables, artículos con escasa relación con la seguridad de los medicamentos y afirmaciones de causalidad sólo derivadas de informes espontáneos.

## Población o muestra

En cuanto a la población o muestra, al ser una revisión sistemática, la muestra estuvo constituida por artículos científicos originales publicados en revistas indexadas. Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos científicas de reconocido prestigio internacional como son MEDLINE, EMBASE y Google Scholar. Se emplearon combinaciones de términos sobre farmacovigilancia, reacciones adversas, inteligencia artificial, machine learning, deep learning, procesado del lenguaje natural, predicción y detección. La consideración se realizó para revisiones con el método descrito y resultados interpretables, así como los estudios originales representativos para dar contexto a aplicaciones concretas. No fue posible realizar exportaciones integrales ni recuentos de búsqueda desde Scopus o Web of Science, con lo cual el tipo de búsqueda que se realizó no se considera terminal en dichas bases.

**Unidad de análisis, muestra y entorno**

La unidad de análisis fueron los informes científicos y documentos normativos. En ningún momento se llevaron a cabo reclutamientos de pacientes o se generaron muestras clínicas primarias. Se llevó a cabo la comparación de ocho revisiones científicas sobre predicción de eventos, detección de señales, automatización de notificaciones posiblemente emergentes y análisis de textos, sumándose además los estudios originales y documentos de referencia para ofrecer la contextualización de Extracción, variables y valoración crítica

Para todas las ocho revisiones primarias nucleares se recogió el autor, el año, el objeto de estudio, el número de estudios incluidos, las fuentes de datos, los indicadores de rendimiento, la validación comunicada y las limitaciones reconocidas. También se recogieron artículos originales sobre relatos clínicos, el informe de reacciones adversas espontáneas, el uso de interacciones y los duplicados. A su vez, se separaron los resultados de la validación desarrollada, de la validación interna y de la validación externa. La valoración crítica empleó las recomendaciones metodológicas consignadas en las publicaciones originales, pero no se imitó una nueva valoración independiente del riesgo de sesgo a partir de PROBAST u otras herramientas.

**Síntesis y análisis estadístico**

Se realizó una síntesis narrativa, así como una comparación descriptiva de los indicadores que cada fuente refería. Las tablas transcribían estimaciones, tamaños de muestra y diseños sin agregar artificialmente resultados que pudieran corresponder a estudios primarios. Las figuras fueron elaboradas a partir de porcentajes publicados y se registró la fuente. No se hicieron nuevas pruebas de hipótesis ni metaanálisis. Los intervalos de confianza, los valores de heterogeneidad y los desempeños fueron atribuidos a sus investigaciones origen- primera. Para la elaboración de gráficos se usaron Python y Matplotlib.

**Aplicación de la guía PRISMA 2020 y límites de trazabilidad**

Se aplicó PRISMA 2020 como guía de transparencia del relato, no como la catadura de una exhaustividad automática. El propio material de partida no contenía protocolo, ni historias completas de recuperación-exclusión, ni selección dual documentada; tampoco se obtuvo un listado completo que replicara esos pasos. Para tanto, no se elaboraron totales de registros, de duplicados o de textos excluidos, ni se incluyó un diagrama de selección con cantidades supuestas. La síntesis se refiere explícitamente a una revisión crítica de la literatura reconocida y verificada, no a una revisión sistemática de novo completada (23).

# RESULTADOS

## El panorama general de la literatura analizada

Se estableció una matriz de ocho revisiones centradas en el uso de métodos computacionales para identificar o predecir el posible daño asociado a medicamentos. Sus diseños, períodos de búsqueda y unidades de análisis no fueron equivalentes: algunas investigaciones integraron modelos aplicados específicamente a historias clínicas, mientras que otras trabajaron con la farmacovigilancia poscomercialización y otra realizó un trabajo centrado en grandes modelos de lenguaje. Por esta razón, el número de estudios incluidos en cada revisión se informa de forma separada y no se sumó, debido a la posibilidad de solapamiento de estudios primarios (tabla 1).

***Tabla 1. Características y principales resultados de las ocho revisiones comparadas.***

| Revisión | Ámbito | Estudios (n) | Resultado principal |
|---|---|---|---|
| **Hu y colaboradores, 2024 (15)** | Predicción de eventos específicos con historias clínicas | 59 | AUC promedio de 0,7668; AUC resumida de 0,8069. |
| **Hu y colaboradores, 2024 (16)** | Predicción de múltiples eventos con historias clínicas | 10 | AUC combinada de 0,72 (IC 95 %: 0,68–0,75). |
| **Dsouza y colaboradores, 2025 (17)** | Predicción de reacciones adversas en hospitalizados | 13 | Validación externa en el 23 %; sensibilidad y especificidad agrupadas según diseño. |
| **Chalabianloo y colaboradores, 2026 (18)** | Modelos predictivos de eventos adversos | 59 | 191 implementaciones; 18,6 % con validación externa. |
| **Karampatea y colaboradores, 2026 (19)** | Modelos en datos clínicos reales | 15 | Validación temporal/externa poco frecuente; sin patrón uniforme de comparación. |
| **El Sayed y colaboradores, 2026 (20)** | Aplicaciones amplias de inteligencia artificial | 67 | 50,5 % de aplicaciones destinadas a detección de señales. |
| **Kim y colaboradores, 2026 (21)** | Modelos extensos de lenguaje en seguridad | 83 | Aplicaciones de extracción y clasificación; rendimiento heterogéneo. |
| **Cappello y colaboradores, 2026 (25)** | Predicción multidroga: metaanálisis multinivel | 11 (9 cuant.) | AUC principal de 0,841 (IC 95 %: 0,789–0,883). |

***Nota:*** *AUC: área bajo la curva; IC: intervalo de confianza.*

Panorama general de las aplicaciones. La evidencia investigada indica que la inteligencia artificial se ha usado en diversos trabajos dentro de la farmacovigilancia. Entre ellos consta la extracción automática de información contenida en reportes clínicos, la clasificación y priorización de notificaciones, la detección de combinaciones de medicamentos potencialmente problemáticas,

la predicción de los eventos adversos como un subproducto de características del paciente y la ayuda al seguimiento documental de casos. Estas funciones no tienden necesariamente a la misma meta: algunas desean detectar una mención textual; otras desean estimar la posibilidad de un evento futuro. Como consecuencia de ello, sus resultados no han de ser comparables como si midieran una capacidad tecnológica única (5,14,20).El Sayed y colaboradores publicaron en 2026 una revisión sistemática en la que se incluyen 67 estudios en los que se documenta que la detección de señales de seguridad es responsable del 50,5 % de las aplicaciones, a continuación la predicción de efectos adversos (21 %), la eficiencia del procesamiento de casos (15 %), la identificación de las interacciones de fármacos (7,5 %) y la detección de pacientes con mayor riesgo (6 %) (20). La distribución que se muestra en este estudio corresponde a la muestra y a los criterios de esa revisión, no es representativa de una frecuencia general de los estudios existentes. El hecho de que la detección de señales sea la predominante forma parte de la necesidad de procesar un importante número de informes y de centrar la revisión humana en los casos de mayor interés.

Detección de señales en sistemas de notificación. Los métodos clásicos de desproporcionalidad establecen una comparación entre la frecuencia relativa de una combinación medicamento-evento y la de las otras combinaciones notificadas. En EudraVigilance se aplica, entre otros, el método de la razón de probabilidades de notificación para apoyar la vigilancia de señales (4). Al ser planteado de esta manera, los algoritmos de machine learning pueden añadir relaciones adicionales entre variables, diferenciando patrones y ayudando a priorizar los expedientes. Sin embargo, un resultado estadísticamente relevante no es más que una pista para posteriores investigaciones; la inexistencia de un denominador fiable de las personas expuestas impide la interpretación del número de notificaciones en términos de riesgo absoluto (3,5).

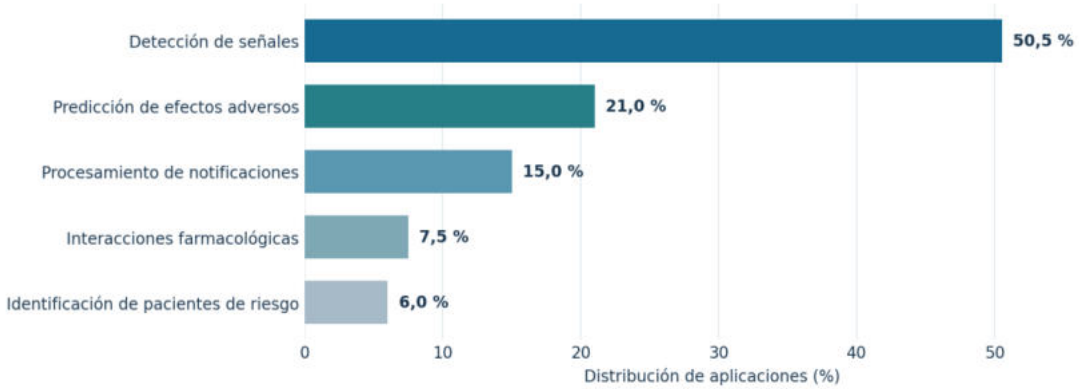


***Figura 1. Distribución de las aplicaciones de inteligencia artificial en farmacovigilancia.***

El planteamiento de un método de corrección de factores de confusión a partir de datos de notificaciones que exploran efectos asociados a las interacciones medicamentosas de clases farmacológicas fue realizado por Tatonetti, entre otros, el cual, además de evidenciar 47 asociaciones entre clases de fármacos en función de una revisión independiente de historias

clínicas electrónicas, identificó una asociación potencial entre el uso combinado de ciertos antidepresivos y determinados diuréticos en los que pudiese producirse una prolongación del intervalo QT (6). Esta publicación pone de manifiesto las posibilidades de integrar diversas fuentes de datos, pero también revela que una señal computacional debe, en su caso, exigirse una validación adicional y que las asociaciones observacionales no son iguales a las causas importantes del clínico.

Otro uso operativo reside la existencia de las notificaciones duplicadas, capaces de modificar el aparente interés de una señal determinada, como demuestran Kreimeyer, et al., con una propuesta de agrupamiento mediante redes para encontrar patrones en las notificaciones y los posibles duplicados en el sistema estadounidense de notificación de eventos adversos investigados (13).La importancia de esta aplicación se da para obtener una mejor cualidad de los registros que se evaluarán antes de un análisis, y no para mejorar la identificación exclusivamente de los acontecimientos que son efectivamente provocados por un medicamento. Y además, la estandarización terminológica y la revisión lógica de constancias irregulares son igualmente necesarias para prevenir conclusiones erróneas.

Reconocimiento de acontecimientos en textos clínicos. Las notas de evolución, los informes de alta o de progresos, así como p.ej. las historias clínicas están repletas de información respecto de síntomas, de cambios de dosis y de secuenciación temporal, información que muchas veces no se traduce en campos estructurados. LePendu y colaboradores han mostrado la conveniencia de manejar notas clínicas para extraer información útil para la vigilancia farmacológica (7). Bagattini y colaboradores propusieron un marco de referencia de clasificación que utiliza características temporales que están fuera de los registros de los campos estructurados, y que muestra una vía para reconocer patrones clínicos a partir de informaciones longitudinales (11). Dichas investigaciones enfatizan que la estructura temporal del dato puede llegar a ser tan importante como la mera identificación aislada de una palabra o un diagnóstico.

Las técnicas de procesamiento del lenguaje natural se han aplicado a la detección de entidades (por ejemplo, los nombres de medicación, los síntomas, los posibles efectos adversos) así como a la identificación de relaciones entre entidades. En un artículo revisado de 12 artículos, Li et al. informan ventajas de los enfoques de aprendizaje profundo en estas tareas de identificación de entidades, pero también los resultados elogiando el rendimiento de los modelos de lenguaje contextualizados en el procesamiento completo de texto clínico (14). La comparación entre el estado de la cuestión estaba marcada por conjuntos de referencia, definiciones de etiqueta y estrategias de evaluación.

El reconocimiento de una expresión clínica no se debe considerar suficiente para asegurar que el acontecimiento esté causado por el tratamiento de salud referido.

Información expresada por pacientes en redes sociales.Los mensajes efectuados por los usuarios son una fuente alternativa para investigar a los pacientes, con aquellas experiencias que no

aparecen entre las notificaciones formales. En este sentido, Sarker et al. señalan tanto las oportunidades como los inconvenientes de esta modalidad, haciendo hincapié en las diferentes formas lingüísticas que podrían ser utilizadas para describir el medicamento o el síntoma en cuestión (8); otras investigaciones, como la de Nikfarjam et al., empleó la etiquetación secuencial y las representaciones de palabras con el objetivo de recuperar las menciones a las reacciones adversas en mensajes de redes sociales (9). O'Connor et al. también investigaron el reconocimiento de las expresiones de reacciones adversas en publicaciones breves (10). El valor añadido de estas técnicas es ayudar a la categorización previa de grandes colecciones de texto no formal, pero no ayudar a proporcionar diagnósticos clínicos confirmados.

Predicción de eventos adversos procedentes de historias clínicas. Los modelos predictivos suelen incluir en su estructura datos demográficos, antecedentes, comorbilidades, tratamientos concomitantes y diagnóstico de complementarias.Su objetivo es el de estimar la probabilidades de que ocurra un evento determinado en un seguimiento. Datta et al. recurrieron a registros clínicos retrospectivos para identificar interacciones farmacológicas asociadas al daño hepático en pacientes tratados con antiinflamatorios no esteroides, mostrando la posibilidad de investigar riesgos asociados al uso combinado de medicamentos (12). La aplicabilidad clínica depende, sin embargo, de la exactitud del registro y de la capacidad de separar una relación particular a partir de otros factores de riesgo.

Hu, Chen et al. evaluaron 59 estudios de predicción de eventos adversos específicos a partir de historias clínicas electrónicas. Además se identificaron 38 algoritmos y reportaron un área bajo la curva media de 0,7668, con una desviación estándar de 0,1073; en la síntesis cuantitativa, la sensibilidad media agrupada fue de 0,65 y la especificidad, de 0,89; y el área bajo la curva media comunicada fue de 0,8069 (15). La discrepancia entre sensibilidad y especificidad indica que un modelo puede clasificar correctamente muchos casos, pero no ser capaz de identificar todos los eventos adversos que deberían ser vigilados. Los resultados deben entenderse con relación a los desenlaces, poblaciones y procedimientos de validación incluidos en dicha revisión.

En una segunda revisión, Hu, Li et al. revisaron 10 estudios desarrollados para predecir múltiples eventos adversos de un conjunto de historias médicas. El área bajo la curva media comunicada fue de 0,76, con un amplio intervalo de confianza y se reportaron resultados heterogéneos entre los algoritmos y las estrategias de remuestreo (16). Ambas revisiones identificaron rendimientos con potencial valor clínico, pero la diferencia entre el número de estudios y en la definición de los desenlaces imposibilita leer los promedios como si de una comparación directa entre técnicas se tratase; tampoco sería correcto sumar sus muestras, pues ambas pueden incluir estudios primarios coincidentes.

D'Souza y colaboradores revisaron 13 estudios sobre la predicción de reacciones adversas en pacientes ingresados y refirieron que el 77 % estaban orientados a la construcción de modelos y el 23 %, a la validación externa. Para los trabajos orientados a la construcción estrictamente,

informaron de sensibilidades y especificidades agrupadas de 78,1 % y 70,6 %, respectivamente. Para los trabajos con validación externa fueron de 81,5 % y 79,5 % (17). Estos porcentajes son solamente representativos de los subconjuntos que iban siendo analizados por los autores, sin poder concluir que la validación externa aumente por sí misma el rendimiento de los algoritmos, pues los grupos pueden diferir también en otras características metodológicas y su composición.

**Comparación de las métricas reportadas por las revisiones**

El área bajo la curva en las tareas predictivas proporciona un resumen de discriminación entre los pacientes con o sin un evento adverso, pero no nos dice nada sobre calibración, utilidad clínica o prevalencia. Hu y colaboradores reportaron una AUC media de 0,7668 en el caso de estudios de eventos concretos, y una AUC resumida de 0,8069 mediante curva característica operativa del receptor; en otra revisión de múltiples desenlaces el efecto conjunto fue de 0,72; el metaanálisis multinivel de Cappello y colaboradores obtuvo una estimación de 0,841. Esto no implica una progresión temporal ni permite afirmar que un algoritmo sea mejor que otro, ya que sus criterios de selección, sus fuentes de datos y sus desenlaces clínicos son totalmente diferentes (15,16,25).

***Tabla 2. Resultados cuantitativos reportados por investigaciones de síntesis.***

| Estudio | Indicador | Valor publicado | Interpretación clínica |
|---|---|---|---|
| **Hu y col., 2024 (15)** | AUC media | 0,7668 ± 0,1073 | Discriminación media de modelos para eventos específicos. |
| **Hu y col., 2024 (15)** | AUC resumida | 0,8069 | Estimación de un modelo de síntesis, no de la totalidad de herramientas. |
| **Hu y col., 2024 (16)** | AUC combinada | 0,72 (IC 95 %: 0,68–0,75) | Predicción de múltiples eventos; población y algoritmos distintos. |
| **Dsouza y col., 2025 (17)** | Sensibilidad / especificidad | 78,1 % / 70,6 % | Modelos de desarrollo sin validación externa. |
| **Dsouza y col., 2025 (17)** | Sensibilidad / especificidad | 81,5 % / 79,5 % | Subconjunto de modelos con validación externa; grupos no comparables causalmente. |
| **Cappello y col., 2026 (25)** | AUC metaanálisis multinivel | 0,841 (IC 95 %: 0,789–0,883) | 9 estudios; 30 estimaciones de modelos; certeza baja. |

Calidad metodológica y capacidad de generalización. Chalabianloo y colaboradores llevaron a cabo una revisión de 59 estudios con 191 implementaciones de aprendizaje automático. Aunque la mayoría de los modelos con área bajo la curva declarada demostró internamente validez moderada o alta, únicamente un 33,9 % de los estudios tomaron en consideración el desequilibrio entre clases y un 18,6 % realizaron validación externa (18). Esta última limitación es especialmente importante cuando las reacciones adversas de interés son poco frecuentes, porque un sistema puede alcanzar un nivel de exactitud general elevado, si clasifica

correctamente la mayoría de los pacientes y no identifica de manera suficiente los pacientes relevantes.

Karampatea y colaboradores publicaron en 2026 otra revisión en los que seleccionaron 15 estudios de 281 registros revisados. Su metaanálisis fue principalmente sobre historias clínicas estructuradas y bases administrativas y también, concluyó que existía poca validación externa o temporal, mala aplicación de los métodos de explicación y ausencia de criterios de comparación homogéneos (19). Asimismo, El Sayed y sus coautores determinaron que la validación externa resultó ser el componente con menor puntuación registrado en su evaluación metaanalítica, con un promedio cercano al 52 % en el dominio correspondiente (20). Estos hallazgos ilustran una barrera común: la evidencia de desempeño que se obtiene de forma retrospectiva no aporta de una vez por todas sustento en la atención habitual.

Modelos de lenguaje recientes y automatización documental. Las herramientas que permiten analizar textos muy extensos, por otro lado, se encuentran en estudio para la extracción de información clínica, la clasificación de casos, la búsqueda de literatura pertinente y facilitar la administración de tareas. Kim et al. identificaron un total de 83 estudios empíricos asociados a modelos de lenguaje muy extensos en farmacovigilancia, destacando un rendimiento variable por función y tipo de evaluación. La revisión hizo hincapié en ejemplos de modelos que brindan buenos resultados en la extracción de datos, pero también trajo a la atención problemas de generación de contenido no fundamentado, escasa especificidad e intolerancia a la formulación de las instrucciones (21). Por lo tanto, su aplicación más plausible está en situaciones bien definidas, auditables y pasibles de verificación profesional.

Síntesis de los hallazgos. En síntesis, la evidencia recuperada revela tres hallazgos principales: ampliación de las fuentes de información analizadas, una automatización parcial de las tareas repetitivas y el desarrollo de modelos de predicción individual. A la vez se repiten cuatro condiciones limitantes: calidad desigual de los datos, riesgo de sesgos, escasa validación independiente y dificultad para trasladar la medida del desempeño del modelo informático en beneficio clínico demostrable (18-22). Por lo que la conclusión central no es la superioridad universal de un algoritmo, sino la necesidad de elegir cada herramienta según la tarea de farmacovigilancia que se deba cumplir, los datos de que se disponga, y la posibilidad de validar sus decisiones.

**Limitaciones metodológicas encontradas en la evidencia**

Chalabianloo y colaboradores observaron validación externa en el 18,6 % de las estudios incluidos y tratamiento explícito del desbalance entre categorías en el 33,9 %. Ambas cifras reportan problemas metodológicos diferentes: la primera hace referencia a la capacidad del modelo de generalización; la segunda, a la forma de manejar una distribución desigual entre eventos

adversos y no adversos. No deben interpretarse como proporciones complementarias de la otra ni más que como probabilidades de error de los algoritmos (18).

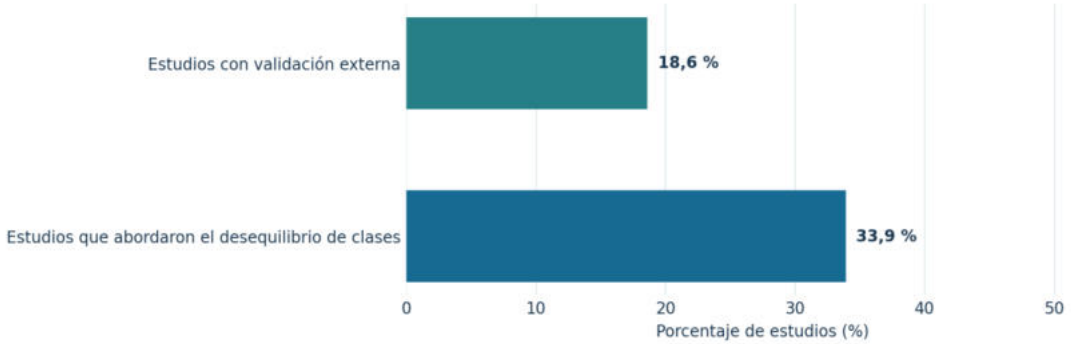


***Figura 2. Proporción de estudios que documentaron dos prácticas metodológicas importantes.***

***Tabla 3. Aplicaciones, ventajas y riesgos de interpretación de la inteligencia artificial.***

| Fuente de información | Aplicación principal | Contribución potencial | Limitación fundamental |
|---|---|---|---|
| **Notificaciones espontáneas** | Detección de asociaciones medicamento-evento | Priorización de señales y revisión de gran volumen | Notificación selectiva; ausencia de denominadores; no demuestra causalidad (3–6). |
| **Historias clínicas electrónicas** | Predicción e identificación de eventos | Integra antecedentes, tratamientos y resultados de laboratorio | Sesgo de registro, cambios asistenciales y validación externa limitada (15–19). |
| **Narrativas clínicas** | Extracción de entidades y acontecimientos | Recupera información fuera de campos estructurados | Negaciones, contexto temporal y errores de interpretación (7,14). |
| **Redes sociales** | Detección exploratoria de experiencias | Añade expresiones espontáneas de pacientes | Autoselección, falta de verificación clínica y duplicaciones (8–10). |
| **Modelos extensos de lenguaje** | Clasificación, extracción y apoyo documental | Ayuda en tareas acotadas con supervisión | Respuestas inventadas y reproducibilidad dependiente de instrucciones (21). |

## DISCUSIÓN

Los hallazgos analizados corroboran la posible función de la inteligencia artificial como apoyo de la farmacovigilancia convencional, pero también manifiestan un distanciamiento entre obtener una buena actuación sobre una base retrospectiva y mejorar la seguridad del paciente. La revisión

realizada por El Sayed y coautores indicó que la señalización reunía casi la mitad de las aplicaciones localizadas (20), lo cual es coherente con el interés histórico por extraer partido a los registros de notificación para detectar patrones que no llegan a ser evidentes mediante la revisión manual; pero la advertencia de la autoridad reguladora de EE.UU. sobre la imposibilidad de inferir sobre la incidencia y la causalidad de esos informes se mantiene vigente para los análisis automatizados (3), -la técnica no elimina las limitaciones de la fuente que utiliza.

La confrontación entre los estudios predictivos pone de manifiesto una heterogeneidad considerable. Hu, Chen y sus colaboradores indicaron haber encontrado un área bajo la curva promedio alrededor de 0,77 en modelos orientados a eventos específicos (15), mientras que Hu, Li y sus colaboradores indicaron un área media de 0,76 al examinar la predicción de múltiples acontecimientos (16). La similitud entre ambos estimados no implica una equivalencia metodológica, dado que las revisiones tuvieron diferentes criterios de selección y de desenlace. Además, la sensibilidad en conjunto hallada de 0,65 entre Hu, Chen y sus colaboradores sugeriría que una capacidad discriminativa aceptable puede coexistir con una tasa de acontecimientos no detectados (15). Tal disconformidad tiene relevancia en la farmacovigilancia, puesto que la urgencia clínica, normalmente, depende de detectar precozmente acontecimientos adversos graves o poco frecuentes.

La comparación entre las sintéticas de Hu y colaboradores y el metaanálisis de Cappello y colaboradores sugiere que, a nivel conceptual, existe una diferencia metodológica fundamental. Si bien las publicaciones iniciales analizaron modelos asociados a eventos o fuentes clínicas concretos, en la segunda publicación se estudió el problema de las dependencias entre estimaciones obtenidas a partir de un mismo estudio. Si bien el valor conjunto de 0,841 puede parecer notablemente superior a los promedios de las otras revisiones, esta constatación no implica una mejora tecnológica; la heterogeneidad de las poblaciones y de los desenlaces impide una comparación de tipo causal entre cifras agregadas. De hecho, la heterogeneidad del 90,7 %, expuesta en el análisis convencional de sensibilidad de Cappello y colaboradores, así como la certeza de la evidencia calificada como baja, invitan a la cautela (15,16,25).

Hay una buena aproximación entre los estudios de Dsouza, Chalabianloo y Karampatea. Los tres investigadores coinciden en que el porcentaje de evaluaciones realizadas fuera de la muestra de desarrollo o en períodos diferentes es escaso, aunque no tienen los mismos criterios para decir que han realizado una validación y para contarla. La ausencia de esta fase impide que un modelo se pueda trasladar a hospitales con un sistema de prescripción distinto, distintas formas de registrar o diferentes perfiles de paciente. En el fondo, un buen rendimiento local no implica que la herramienta sea útil en general: antes de su implementación hay que comprobar su discriminación, su calibración, los efectos de su prevalencia y el rendimiento por subgrupos clínicos (17-19).

Sayed y colaboradores encontraron que la detección de señales agrupa aproximadamente la mitad de las aplicaciones de inteligencia artificial que se han analizado. Esto coincide con el valor operativo de clasificar un gran número de informes, pero no implica que estas herramientas sean capaces de disminuir per se la morbimortalidad por medicamentos. Un sistema automatizado puede establecer una asociación dentro de un contexto determinista en el que, al mismo tiempo, puede estar afectado por confusión por indicación, duplicación de notificaciones o sesgo de notoriedad. En esta fase, la evaluación farmacológica de temporalidad, plausibilidad, diagnóstico alternativo y exposición sigue siendo fundamental para configurar una señal de una relación causal (3,5,20).

Las conclusiones sobre modelos extensos de lenguaje requieren una precaución adicional. Kim et al. sostuvieron que había aplicaciones prometedoras para extraer entidades, revisar textos y ayudar a la clasificación, pero también apuntaron problemas de especificidad, producción de respuestas incorrectas y escasa evaluación prospectiva. Por tanto, el soporte computacional es más razonable en tareas bien definidas, que tienen verificación del dato fuente, control de versiones y trazabilidad de las decisiones, que en una automatización integral de las conclusiones de seguridad (21,22,24).

Respecto a las limitaciones del presente artículo, el punto fuerte se refiere a la comparación explícita de los resultados y el respeto a los denominadores, las métricas y los diseños originales. Sin embargo, la ausencia de un registro completo de búsquedas y exclusiones, la falta de doble cribado documentado y la ausencia de un nuevo examen independiente del riesgo de sesgo no nos permite afirmar que se ha completado una revisión sistemática de novo. Es más, pueden existir estudios primarios incluidos en más de una de las ocho revisiones comparadas. Esta limitación condiciona las inferencias sobre la totalidad de la literatura y señala el procedimiento indispensable para eventuales presentaciones bajo la categoría formal de revisión sistemática (23).

## CONCLUSIONES

El conjunto de indicios analizados nos lleva a lograr el propósito de aportar pruebas que demuestran que la inteligencia artificial tiene aplicaciones concretas en la detección y predicción de reacciones adversas a medicamentos. Su capacidad se centra en la extracción de texto de documentos clínicos, la identificación y priorización de las señales desde grandes repositorios, la ayuda al tratamiento de informes duplicados o la estimación de riesgos a partir de las historias clínicas electrónicas; todo ello permite contestar a la pregunta por sus principales aportes en relación a la farmacovigilancia, sin atribuir a estas herramientas la capacidad independiente para determinar causalidad.

La comparación de la evidencia publicada muestra que los modelos pueden llegar a obtener resultados predictivos alentadores, pero las cifras que se consideran son muy variables en

relación con las distintas poblaciones, las distintas definiciones de eventos adversos y las distintas técnicas de validación. La no-suficiencia de la evidencia externa y prospectiva es una limitación para su aplicación a otros centros y contextos clínicos. Por tanto, los índices de sensibilidad, especificidad u área bajo la curva no deben ser considerados como cifras independientes de la calidad de los datos y de la pertinencia clínica de los eventos que se pretenden detectar.

Finalmente, la incorporación responsable de la inteligencia artificial en los sistemas de farmacovigilancia exige una evaluación independiente, los mecanismos de supervisión profesional, la protección de los datos personales o la ejecución de procedimientos de seguimiento transparentes. Los estudios siguientes deberían comparar los modelos con las prácticas convencionales, medir su rendimiento en distintos entornos y conocer si el empleo de estos algoritmos permite disminuir el tiempo requerido para investigar las señales o, más bien, si la utilización de los mismos ayuda a tomar decisiones sobre la seguridad. Por lo tanto, la inteligencia artificial se convierte en una herramienta de apoyo con un gran potencial, cuyo momento de verdad dependerá de una puesta en marcha metodológicamente correcta y clínicamente verificable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Programa de Vigilancia Farmacéutica Internacional [Internet]. Ginebra: OMS; [consultado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.who.int/teams/regulation-prequalification/regulation-and-safety/pharmacovigilance/networks/pidm
2. Hazell L, Shakir SAW. Under-reporting of adverse drug reactions: a systematic review. Drug Saf. 2006;29(5):385-396. doi:10.2165/00002018-200629050-00003.
3. Food and Drug Administration. FDA Adverse Event Reporting System (FAERS): reporting and review [Internet]. Silver Spring: FDA; [consultado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.fda.gov/media/165667/download
4. European Medicines Agency. EudraVigilance system overview [Internet]. Ámsterdam: EMA; [consultado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory-overview/research-development/pharmacovigilance-research-development/eudravigilance/eudravigilance-system-overview
5. Harpaz R, DuMouchel W, Shah NH, Madigan D, Ryan P, Friedman C. Novel data-mining methodologies for adverse drug event discovery and analysis. Clin Pharmacol Ther. 2012;91(6):1010-1021. doi:10.1038/clpt.2012.50.
6. Tatonetti NP, Ye PP, Daneshjou R, Altman RB. Data-driven prediction of drug effects and interactions. Sci Transl Med. 2012;4(125):125ra31. doi:10.1126/scitranslmed.3003377.
7. LePendu P, Iyer SV, Bauer-Mehren A, Harpaz R, Mortensen JM, Podchiyska T, et al. Pharmacovigilance using clinical notes. Clin Pharmacol Ther. 2013;93(6):547-555. doi:10.1038/clpt.2013.47.

8. Sarker A, Ginn R, Nikfarjam A, O'Connor K, Smith K, Jayaraman S, et al. Utilizing social media data for pharmacovigilance: a review. J Biomed Inform. 2015;54:202-212. doi:10.1016/j.jbi.2015.02.004.
9. Nikfarjam A, Sarker A, O'Connor K, Ginn R, Gonzalez G. Pharmacovigilance from social media: mining adverse drug reaction mentions using sequence labeling with word embedding cluster features. J Am Med Inform Assoc. 2015;22(3):671-681. doi:10.1093/jamia/ocu041.
10. O'Connor K, Pimpalkhute P, Nikfarjam A, Ginn R, Smith KL, Gonzalez G. Pharmacovigilance on twitter? Mining tweets for adverse drug reactions. AMIA Annu Symp Proc. 2014;2014:924-933. PMID:25954400.
11. Bagattini F, Karlsson I, Rebane J, Papapetrou P. A classification framework for exploiting sparse multi-variate temporal features with application to adverse drug event detection in medical records. BMC Med Inform Decis Mak. 2019;19:7. doi:10.1186/s12911-018-0717-4.
12. Datta A, Flynn NR, Barnette DA, Woeltje KF, Miller GP, Swamidass SJ. Machine learning liver-injuring drug interactions with non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) from a retrospective electronic health record (EHR) cohort. PLoS Comput Biol. 2021;17(7):e1009053. doi:10.1371/journal.pcbi.1009053.
13. Kreimeyer K, Spiker J, Dang O, De S, Ball R, Botsis T. Deduplicating the FDA adverse event reporting system with a novel application of network-based grouping. J Biomed Inform. 2025;165:104824. doi:10.1016/j.jbi.2025.104824.
14. Li Y, Tao W, Li Z, Sun Z, Li F, Fenton S, et al. Artificial intelligence-powered pharmacovigilance: a review of machine and deep learning in clinical text-based adverse drug event detection for benchmark datasets. J Biomed Inform. 2024;152:104621. doi:10.1016/j.jbi.2024.104621.
15. Hu Q, Chen Y, Zou D, He Z, Xu T. Predicting adverse drug event using machine learning based on electronic health records: a systematic review and meta-analysis. Front Pharmacol. 2024;15:1497397. doi:10.3389/fphar.2024.1497397.
16. Hu Q, Li J, Li X, Zou D, Xu T, He Z. Machine learning to predict adverse drug events based on electronic health records: a systematic review and meta-analysis. J Int Med Res. 2024;52(12):03000605241302304. doi:10.1177/03000605241302304.
17. Dsouza VS, Leyens L, Kurian JR, Brand A, Brand H. Artificial intelligence (AI) in pharmacovigilance: a systematic review on predicting adverse drug reactions (ADR) in hospitalized patients. Res Social Adm Pharm. 2025;21(6):453-462. doi:10.1016/j.sapharm.2025.02.008.
18. Chalabianloo N, Ahmadi F, Omrani MA, Abdullah SS, Rostamzadeh N, Jafari A, et al. Machine learning methods for predicting adverse drug events: a systematic review. Br J Clin Pharmacol. 2026;92(2):422-444. doi:10.1002/bcp.70377.
19. Karampatea A, Kassandros K, Constantinides T, Kontogiorgis C. Systematic review of AI-based models in pharmacoepidemiology for adverse drug event prediction and detection. Front Drug Saf Regul. 2026;6:1773186. doi:10.3389/fdsfr.2026.1773186.

20. El Sayed I, Bedwany RN, Salama M, Eltrass ASH. Integration of artificial intelligence into pharmacovigilance: a systematic review. Res Social Adm Pharm. 2026;publicación anticipada. doi:10.1016/j.sapharm.2026.09.001.
21. Kim TY, Oh WS, Jeong DH. Large language models in adverse drug reaction detection and pharmacovigilance: a systematic review of current applications, challenges, and future directions. Diagnostics (Basel). 2026;16(15):2435. doi:10.3390/diagnostics16152435.
22. Norén GN, Durand J, Kara V, MacEntee Pileggi E, Carroll H, Hill S, et al. Artificial intelligence in pharmacovigilance: guiding principles from the CIOMS Working Group XIV. Drug Saf. 2026;publicación anticipada. doi:10.1007/s40264-026-01708-z.
23. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
24. European Medicines Agency. Reflection paper on the use of artificial intelligence in the medicinal product lifecycle [Internet]. Ámsterdam: EMA; 2024 [consultado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/scientific-guidelines/use-artificial-intelligence-ai-medicinal-product-lifecycle
25. Cappello G, Oster C, Schmidt T, Grieger J, Jekel L, Kizina K, et al. Machine learning models for adverse drug reaction prediction. A systematic review and three-level multilevel meta-analysis. Front Pharmacol. 2026;17:1906920. doi:10.3389/fphar.2026.1906920.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

# DOOMSCROLLING Y SALUD MENTAL EN ADOLESCENTES: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE ANSIEDAD, DEPRESIÓN Y BIENESTAR PSICOLÓGICO ASOCIADOS AL CONSUMO DIGITAL

# DOOMSCROLLING AND ADOLESCENT MENTAL HEALTH: A LITERATURE REVIEW OF ANXIETY, DEPRESSION, AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING ASSOCIATED WITH DIGITAL CONTENT CONSUMPTION

Luis Iván Hernández Bello[1], Yajaira Dayanara Ortega Cobos[2], Joselyn Valeria Segovia Madrid[3], Ariana Pamela Paredes Garzón[4]

{lihb89.08@gmail.com[1], yajairaortega@uti.edu.ec[2], segoviavaleria@outlook.es[3], arianappg11@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 18/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El doomscrolling describe la consulta repetitiva de noticias y contenidos digitales negativos, con dificultad para interrumpir su visualización, y suscita interés por su posible relación con la salud mental adolescente. El objetivo fue analizar críticamente publicaciones recientes sobre su asociación con ansiedad, depresión y bienestar psicológico, diferenciando la evidencia específica de adolescentes de los estudios generales sobre redes sociales. Se elaboró una revisión bibliográfica estructurada de literatura publicada entre 2021 y octubre de 2026, con verificación de registros y fuentes editoriales y orientación metodológica basada en PRISMA 2020. No se atribuyeron cifras de selección de estudios ni se declaró un cribado sistemático exhaustivo no documentado. La evidencia directa incluye investigaciones longitudinales con 301 y 2873 adolescentes y un estudio con 398 participantes sobre malestar psicológico. Un metaanálisis de población adolescente y adulta encontró correlaciones con ansiedad (r = 0,35), depresión (r = 0,35) y malestar psicológico (r = 0,51), y asociaciones inversas con bienestar (r = −0,29); la certeza de esos resultados fue muy baja. Se concluye que existen asociaciones relevantes, pero la heterogeneidad metodológica, el predominio observacional y la insuficiente diferenciación por edad impiden inferir causalidad. Se requiere investigación específica y longitudinal en adolescentes, con instrumentos validados y control de factores individuales y familiares.**

[1]Investigador independiente, México, https://orcid.org/0009-0006-1175-3173
[2]Facultad Ciencias Sociales y Humanas- Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-4614-2673
[3]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-4551-1142
[4]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-1126-3220

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

***Palabras clave: doomscrolling; adolescentes; ansiedad; depresión; bienestar psicológico; redes sociales.***

**ABSTRACT: Doomscrolling refers to repetitive engagement with negative online news and content, often accompanied by difficulty disengaging, and has attracted attention because of its possible association with adolescent mental health. This review aimed to critically examine recent evidence on anxiety, depression, and psychological well-being, distinguishing adolescent-specific studies from broader social-media research. A structured literature review covering publications from 2021 through October 2026 was prepared using verifiable bibliographic and publisher sources, with PRISMA 2020 as a reporting framework. No undocumented systematic screening counts were assumed. Direct adolescent evidence includes longitudinal studies involving 301 and 2,873 adolescents, as well as a study of 398 participants examining psychological distress. A meta-analysis combining adolescent and adult samples reported correlations with anxiety (r = 0.35), depression (r = 0.35), and psychological distress (r = 0.51), and an inverse association with psychological well-being (r = −0.29); certainty was rated very low for these outcomes. Relevant associations are apparent, but methodological heterogeneity, observational designs, and insufficient age-specific estimates preclude causal conclusions. Future studies should use validated age-appropriate instruments, longitudinal measurements, and adequate adjustment for individual and family-related factors.**

***Keywords: doomscrolling; adolescents; anxiety; depression; psychological well-being; social media***

## INTRODUCCIÓN

La adolescencia es un momento de transición marcada por los cambios neurobiológicos, emocionales y sociales que afectan la relación con los pares, la regulación emocional, la búsqueda de información, etc. Según la Organización Mundial de la Salud, la adolescencia dura desde los 10 hasta los 19 años y es un periodo clave para el desarrollo de capacidades protectoras y la prevención de problemas de salud mental (1,2). La mayor presencia de las plataformas digitales en las actividades escolares, recreativas y de relación social ha introducido nuevas formas de comunicación, de apoyo, de participación. Pero también ha incrementado la exposición continua a información potencialmente perturbadora, cuya relación con el bienestar requiere interpretaciones específicas y cuidadosamente metodológicas (3,4).

Los efectos del entorno digital en el uso no se pueden reducir a la forma dicotómica de uso beneficioso y uso malicioso.Recientes revisiones dan cuenta de asociaciones heterogéneas entre indicadores de redes sociales y problemas internalizantes, mediadas por la especificidad de la medida de la exposición, las características psicológicas antecedentes y el contexto social del adolescente (5,6). De esta forma, el tiempo diario de conexión es una visión parcial: dos personas

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

que comparten un número similar de horas de conexión pueden no ser equivalentes en los contenidos consultados, en sus experiencias sociales y en el grado de control sobre su conducta de consumo. Entre los patrones emergentes destacan el doomscrolling, que se entiende como un patrón de búsqueda o de visualización reiterados de noticias e información de contenidos a menudo negativos, amenazantes o angustiosos, y que, mediante el uso de tecnologías digitales, puede irse acompañado de dificultades para frenar la navegación. Este fenómeno ha estado vinculado a eventos negativos de gran calado y con la disponibilidad de contenido sobre conflictos, crisis sanitarias y otros eventos peligrosos para la colectividad. Sin embargo, el doomscrolling tampoco equivale al uso pasivo de las redes sociales, a estar expuestos ocasionalmente a noticias desagradables ni a sufrir adicción a Internet ya que su característica distintiva es el mantenimiento de la atención a contenido negativo y la pérdida de control sobre su consulta (8).

Satici et al. construyeron y validaron una escala de doomscrolling (tanto en versión extensa como corta) y encontraron la relación en sus medidas con rasgos individuales, uso de Redes Sociales, malestar psicológico, y bienestar (7). Esta aportación facilita una transición que va de la descripción meramente coloquial hacia la medición psicométrica, si bien es necesario comprobar la equivalencia entre escalas en función de los países, lenguajes y edades antes de establecer comparaciones directas. La dependencia de los cuestionarios en el formato de autoinforme plantea además la posibilidad de sesgos en el recuerdo, así como del método común. Está inquietud por conductas en adolescentes puede ser apoyada por el planteamiento de una interacción entre exposiciones continuas a amenazas y procesos propios de la normatividad evolutiva, como puede ser una mayor sensibilidad a la valoración social o una mayor preocupación por el futuro, además de la búsqueda de pertenencia.

Orben y colaboradores decían que se establecen mecanismos conductuales, cognitivos y neurobiológicos para describir cómo experiencias digitales pueden coincidir con vulnerabilidades del desarrollo, aunque no se tratase de describir que estos fueran el resultado de ser bien una o la plataforma en la que se manifiestan (3). De forma comprensible podría ser la combinación necesaria de incertidumbre, vigilancia informativa y dificultad para desconectar que puede llegar a dar lugar a entendimientos de síntomas ansiosos o depresivos que se propongan por el doomscrolling, aunque la plausibilidad de un mecanismo no debe ser considerada como equivalente a una demostración causal.

Akat y Hamarta estudiaron una población de 301 adolescentes entre 12 y 19 años en dos mediciones separadas por un periodo de dos meses y hallaron que elevadas tasas iniciales de adicción a redes sociales predecían un mayor doomscrolling en una segunda medición, hallando una relación inversa que no mostró una predicción significativa en su modelo (9). En el caso de Kaya, en una implementación de 398 adolescentes entre 14 a 18 años, se hallaron asociaciones entre el uso problemático de redes, el doomscrolling, el ajuste y los problemas psicológicos de los

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

adolescentes, mediante un modelo estadístico de mediación que por sí mismo no permite corroborar causalidad (10). Más recientemente, Tan y colaboradores realizaron un estudio en el que participaron 2873 adolescentes y se establece una vinculación temporal entre las respuestas parentales a las emociones negativas y dimensiones del doomscrolling (11).

Una revisión sistemática con metaanálisis publicada en el año 2026 incluyó 44 estudios relacionados con el doomscrolling en poblaciones adolescentes y adultas. Sus resultados agrupados mostraron asociaciones con ansiedad, depresión y malestar psicológico, así como relaciones inversas con bienestar y satisfacción vital. Sin embargo, los autores identificaron que había heterogeneidad alta y que la valoración sobre la certeza de los cinco desenlaces principales era muy baja (8); los promedios de esta revisión no son estimaciones específicas para adolescentes, por lo que su empleo requiere separar explícitamente la evidencia procedente de la evidencia general del fenómeno, así como la misma procedente de la específica por edad. Además, los estudios sobre redes sociales en sentido amplio nos proporcionan un contexto extra que, repetimos, no debe confundirse con estudios sobre doomscrolling.

En una revisión de 143 estudios, que englobó más de un millón de adolescentes, se encontraron asociaciones pequeñas entre medidas de uso de redes y síntomas internalizantes, con escasa representación de muestras clínicas (5). Nagata y colaboradores identificaron relaciones prospectivas entre aumentos individuales en el uso del tiempo y síntomas depresivos posteriores en una cohorte que partió de una edad media basal de 9.9 años (12). En cambio, Smout y colaboradores encontraron escasa evidencia longitudinal de asociación entre cambios en comportamientos digitales activos o pasivos y el bienestar o malestar psicológico adolescente (13). Estas discrepancias subrayan la necesidad de definir con precisión la exposición antes de emitir recomendaciones.

De tal manera que continúan existiendo vacíos relativos a la comparabilidad de instrumentos, representación de distintas realidades culturales y el papel de los factores familiares, hábitos de sueño y salud mental previa. Resulta también importante distinguir síntomas medidos a través de escalas y diagnósticos clínicos, así como asociaciones contemporáneas y trayectorias longitudinales. Esta revisión bibliográfica tiene como finalidad examinar de forma crítica el conjunto de evidencia publicada entre 2021 y el mes de octubre de 2026 sobre doomscrolling y salud mental adolescente, especialmente ansiedad, depresión y bienestar psicológico; identificar factores asociados y limitaciones metodológicas; y plantear implicaciones preventivas en función de la rigorosidad real de los hallazgos.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Tipo de método de investigación

Se llevo a cabo una revisión bibliográfica estructurada en torno al doomscrolling en adolescentes, se utilizó PRISMA 2020 como guía de transparencia para exponer los elementos que pueden ser documentados y PRISMA-S para orientar el registro de las estrategias de búsqueda. La consulta documental orientada no equivale a la realización de búsquedas y selecciones sistemáticas exhaustivas, de modo que no llegaron a asignarse a este documento cifras de identificación, exclusión o inclusión no registradas.

## Población o muestra

Se estableció la pregunta mediante PECO: P, población de adolescentes de entre 10 y 19 años; E, consulta reiterada de noticias o contenidos digitales negativos, medida mediante doomscrolling o exposición equivalente claramente descrita; C, exposición menor, ausencia de la conducta o gradientes en puntuaciones cuando existiesen; O, ansiedad, depresión, malestar psicológico y bienestar subjetivo. Las investigaciones de adolescentes fueron bien diferenciadas de las de adultos, de estudiantes universitarios o de poblaciones mixtas, que únicamente aportarían evidencia contextual.

La línea temática propuesta abarcó publicaciones recientes comprendidas entre 2022 y hasta octubre de 2026, con documentos metodológicos de 2021 cuando fue necesario. Se priorizaron las investigaciones originales transversales y longitudinales en adolescentes comprendidos entre 10 y 19 años, además de revisiones y metaanálisis de interés en la medida que fueran útiles para contrastar la evidencia. No se consideraron como evidencia directa los estudios sin datos adolescentes diferenciados o los estudios sin medición de exposición a contenidos negativos.

## Entorno

La verificación documental se realizó en registros bibliográficos de PubMed y también páginas de editoriales o revistas científicas; Taylor & Francis, Wiley, Springer Nature, JAMA Network y Frontiers, además del sitio oficial de PRISMA o de la Organización Mundial de la Salud. Se contrastaron títulos, autores, años, tamaños de muestra, DOIs y, en su caso, los resúmenes y resultados del texto completo.Las fuentes verificables se indican de forma específica en las referencias Vancouver y en las tablas de resultados; los enlaces DOI permiten su recuperación y auditoría.

Para una fase sistemática reproducible se estableció la siguiente estrategia de PubMed/MEDLINE, que todavía no se ha puesto en práctica, lo cual se interfiere en la exportación integral de registros. La expresión articula un bloque específico de doomscrolling y otro de exposición a

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

contenido negativo, asociado con adolescencia y salud mental. En términos sintácticos, se utiliza la siguiente consulta:

(("doomscrolling"[tiab] OR "doom scrolling"[tiab] OR "doom-scrolling"[tiab]) AND (adolescen*[tiab] OR teen*[tiab] OR youth[tiab])) OR (("negative news"[tiab] OR "negative content"[tiab]) AND ("social media"[tiab] OR "digital media"[tiab]) AND (adolescen*[tiab] OR teen*[tiab]) AND (anxiety[tiab] OR depress*[tiab] OR "mental health"[tiab] OR "psychological distress"[tiab] OR "psychological well-being"[tiab]))

El protocolo de búsqueda completa considera PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science Core Collection, con Google Scholar como complemento y búsqueda inversa de referencias.

La fase de selección sistemática pendiente correspondió a ir archivando cada estrategia y fecha, la exportación de resultados en RIS o CSV, de duplicar por DOI y título, doble cribado de títulos y resúmenes y luego de textos completos, registrar los motivos de exclusión, la resolución de discrepancias entre evaluadores y demás. Todo diagrama PRISMA con cifras propias solo será pertinente una vez se disponga de dichos registros auditables. Los 44 estudios y efectos agrupados indicados en Resultados corresponden al meta-análisis de Li y Yin, no a la recorrida de selección de esta revisión (8,14).

**Mediciones**

La matriz de extracción recogió las características publicadas de los estudios principales: autores, año, diseño, edad, muestra, variable de exposición, desenlaces, dirección de las asociaciones y principales restricciones interpretativas. Se conservaron explícitamente los datos de los estudios originales de Akat y Hamarta (n=301), Kaya (n=398) y Tan et al (n=2873), sin sumarlos como si constituyeran una muestra única ni presentar a todos como estudios de ansiedad o depresión (9-11).

No se realizó la valoración formal del riesgo de sesgo por duplicado, ya que se señalaron, como una apreciación crítica, por estudio, las cuestiones de temporalidad, medida auto informada, control de variables de confusión y representatividad que podían comprometer la interpretación. La síntesis realizada fue narrativa, los coeficientes de correlación, intervalos de confianza y niveles de certeza reproducidos en la figura se atribuyen exclusivamente al meta-análisis de Li y Yin (8); por lo que el presente trabajo no generó estimaciones combinadas. La tabla metodológica a continuación resume las operaciones verificadas y las que quedan pendientes para impedir que PRISMA 2020 sea considerado como una aseveración de exhaustividad.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

*Tabla 1. Trazabilidad de fuentes y estado real del reporte PRISMA 2020.*

| Etapa / fuente | Documentación comprobada | Alcance o pendiente |
|---|---|---|
| **Fuentes verificadas** | PubMed; editoriales de Akat (9), Kaya (10), Tan (11), Li y Yin (8), Fassi (5) y Nagata (12); consulta: 31/10/2026. | Verificación documental dirigida; no equivale a un cribado exhaustivo. |
| **DOI / registros** | Akat: 10.1080/10550887.2025.2504231 (PMID 40380779); Kaya: 10.1080/00221325.2025.2584991 (PMID 41201328). | Identificadores recuperables de estudios primarios en adolescentes. |
| **DOI / registros** | Tan: 10.1111/aphw.70233 (PMID 42817062); Li y Yin: 10.3389/fpsyg.2026.1893800 (PMID 42827532). | Tan: población adolescente; Li y Yin: revisión en adultos y adolescentes. |
| **Búsqueda sistemática** | Consulta PubMed reproducible formulada arriba; Scopus y Web of Science previstos. | Sin exportaciones integrales ni conteos propios comprobables. |
| **Selección y duplicados** | No existe bitácora de deduplicación ni acta de cribado por dos evaluadores. | No se informa número de excluidos, elegibles ni diagrama PRISMA propio. |
| **Riesgo de sesgo** | Limitaciones analizadas narrativamente, de acuerdo con el diseño. | No se aplicaron íntegramente listas JBI por dos evaluadores; no se inventaron calificaciones. |
| **Síntesis cuantitativa** | Los tamaños de efecto y los IC del 95 % proceden de Li y Yin (8). | No hubo metaanálisis nuevo ni estimaciones originales. |

# RESULTADOS

**Delimitación de la evidencia y características de los estudios**

La bibliografía recopilada identificó de manera clara dos conjuntos bien diferenciados. El primero está formado por investigaciones que miden específicamente el doomscrolling en adolescentes, siendo este conjunto de referencias el que se considera base más adecuadamente pertinente para la valoración del fenómeno en esta población. El segundo está formado por trabajos sobre el uso problemático de redes sociales, tiempo de exposición, navegación pasiva o doomscrolling en adultos y poblaciones mixtas, siendo estas últimas las que añaden posibilidades exploratorias o de contraste pero que no proporcionan extrapolaciones automáticas a menores.

Entre los estudios primarios directos se destacan tres estudios realizados con adolescentes. Akat y Hamarta estudiaron a 301 participantes de 12 a 19 años en Turquía, y utilizaron dos oleadas espaciadas de dos meses entre ambas (9). Kaya realizó un estudio con 398 adolescentes de 14 a 18 años con cuestionarios sobre uso problemático, doomscrolling, adaptación psicológica y malestar (10). Tan y colaboradoras evaluaron a 2873 adolescentes en dos momentos y emplearon un modelo longitudinal de redes para explorar relaciones entre las reacciones parentales ante emociones negativas y dimensiones del doomscrolling (11). Si bien estos trabajos son de interés, sus propósitos, modelos estadísticos y desenlace no son intercambiables, dándose el caso que

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

solo uno de los estudios incluidos incorpora directamente una escala de malestar psicológico como desenlace central en el análisis de mediación.

La escala de Satici y colaboradores se constituye en una referencia de medición a considerar por su desarrollo psicométrico y por la consideración de indicadores de bienestar y malestar (7). Sin embargo, los participantes de sus tres estudios no corresponden a una cohorte exclusivamente adolescente, por lo que su resultado no debe ser presentado como si fuera una estimación pediátrica. Una distinción igualita se aplica a la revisión realizada por Li y Yin, que hace una recopilación de muestras adolescentes y adultas y que presenta asociaciones globales con cinco desenlaces (8).

***Tabla 2. Estudios directamente centrados en doomscrolling y población adolescente.***

| Estudio | Diseño y muestra | Medida / objetivo | Hallazgo interpretativo |
|---|---|---|---|
| **Akat y Hamarta, 2025 (9)** | Longitudinal, dos oleadas; n = 301; 12–19 años | Doomscrolling y adicción a redes | Uso problemático inicial predijo doomscrolling posterior; dirección inversa no significativa. |
| **Kaya, 2025 (10)** | Observacional; n = 398; 14–18 años | Doomscrolling, ajuste y malestar (DASS-21) | Mediación estadística; no prueba secuencia causal. |
| **Tan et al., 2026 (11)** | Red longitudinal; n = 2873 adolescentes | Doomscrolling y respuestas parentales | Asociaciones temporales entre conducta digital y socialización emocional. |

**Asociaciones con ansiedad, depresión y malestar psicológico**

El descubrimiento más importante que se relaciona de forma más explícita con los efectos psicológicos provino del metaanálisis de Li y su grupo. Los autores hallaron correlaciones agrupadas positivas para ansiedad (r = 0,35; IC del 95 %: 0,27 a 0,43), depresión (r = 0,35; IC del 95 %: 0,16 a 0,52) y malestar psicológico general (r = 0,51; IC del 95 %: 0,37 a 0,62). En la síntesis se incluyeron 44 estudios únicos, de los cuales 21 aportaron 40 efectos relativos a los cinco metaanálisis primarios (8). Se trata de correlaciones observadas en un conjunto mixto de edades, no de datos sobre riesgos relativos, ni sobre diferencias medias de síntomas o sobre medidas de incidencia de los trastornos mentales en adolescentes.La categoría de mayor magnitud agrupada fue la del malestar psicológico; sin embargo, esta última mostró entre sí una heterogeneidad bastante importante ($I^2$ = 86,5 %) y, además, una concentración geográfica de la evidencia, dado que cuatro de cinco estudios provenían de Turquía. La certeza, con base en el método GRADE en la revisión de origen, fue muy baja para los cinco desenlaces; por eso, la direccionalidad positiva

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

de las correlaciones debe ser diferenciada de la certeza de que éstas sean para todos los grupos de edad los mismos (8).

Dentro de la evidencia específica adolescente, Kaya comprobó que el doomscrolling y las dificultades de ajuste psicológico desarrollaban una cadena estadística de mediación entre el uso problemático de redes sociales y el malestar psicológico, el cual era medido con la escala DASS-21 (10).Los resultados presentados validan la conveniencia de analizar la exposición negativa junto a otras prácticas digitales, siendo que la mediación calculada a partir de los datos observacionales no establece un orden cronológico ni impide postular explicaciones alternativas, como que la ansiedad previa facilite una mayor vigilancia informativa.

Por su parte, aunque indirecto, el corpus del uso problemático de las redes sociales es un punto de comparación. Una reciente visión de Cabezas-Klinger y colaboradores (18) ha puesto de manifiesto que existe incluso una correlación global positiva entre riesgos asociados al uso de las redes sociales y problemas de salud mental, esta correlación es extrema en la heterogeneidad y tampoco aísla el efecto del doomscrolling sobre los adolescentes. Du y colaboradores (19) han hecho una síntesis sobre diferentes manifestaciones de ansiedad dentro del uso problemático de las redes. Reportan correlaciones positivas que varían según el subtipo de ansiedad. Por su parte Wu y colaboradores (20) también revisaron en términos de un metaanálisis la relación entre ansiedad social y uso problemático. Ambas publicaciones definieron la exposición de forma más amplia que la del doomscrolling y no deben añadirse a las correlaciones específicas porque no provienen de una misma variable. Dan lugar a hallazgos compatibles, pero que no prueban que el contenido negativo sea el mecanismo por el cual esta práctica lleva a los adolescentes a mayores niveles de ansiedad social.

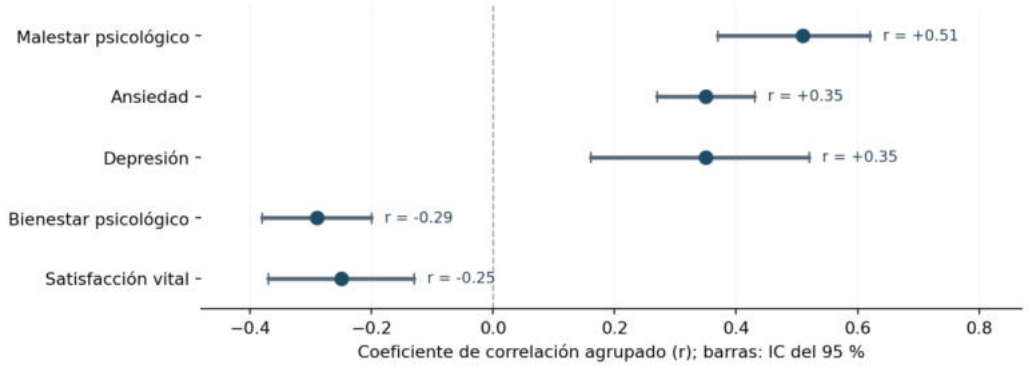


***Figura 1. Correlaciones agrupadas de doomscrolling con desenlaces psicológicos (poblaciones mixtas).***

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

**Uso problemático de redes sociales y direccionalidad**

Akat y Hamarta ofrecieron una significativa aportación al reunir dos tiempos de medida en adolescentes, teniendo en cuenta que la adicción a las redes sociales medida en el inicio predecía los niveles de doomscrolling en el tiempo 2 en el modelo utilizado, y que el doomscrolling en el tiempo 1 no predijo de forma significativa un incremento en la adicción a las redes en el tiempo 2. Las oleadas de separación se separaron por uno y otro período re diferencia de dos meses, además deben ser reconducidas y la muestra es procedente de 20 ciudades de Turquía (9). El hallazgo permite afirmar la hipótesis de que ciertos hábitos digitales problemáticos preceden a una exposición negativa mayor, pero también que no todos los adolescentes usuarios intensivos de redes sociales desarrollan la conducta en cuestión.

Desde esta perspectiva longitudinal más general, Nagata y colaboradores dan seguimiento a 11 876 participantes, inicialmente reclutados a los 9–10 años. Los incrementos individuales del tiempo en las redes sociales dolorosos por encima de la media personal aparecieron antes de mayores síntomas depresivos en intervalos considerados después, con coeficientes $\beta = 0,07$ y $\beta = 0,09$ para dos de las transiciones estudiadas (12). Este estudio es interesante por su diseño y análisis intraindividual, aunque trata de la duración del uso y no del contenido negativo; además, parte de los participantes no tenía una edad adolescente inicial.

Por el contrario, Smout y colaboradores analizan una muestra de 3205 adolescentes en Australia en un periodo de doce meses, concluyendo que encontraban escasa evidencia para la existencia de que los cambios en visualización pasiva, publicación o mensajes se relacionaren longitudinalmente a la variación en el bienestar o el malestar psicológico (13). La disociación de resultados muestra cómo la variable de exposición, en este caso la estructura del tiempo, y los ajustes realizados pueden cambiar la forma de valorar el juego. No sería correcto desde un punto de vista metodológico presentar la navegación pasiva como sustituto del doomscrolling, dado que poder observar la presentación de contenido neutro o positivo no implica hacer repetidamente la búsqueda de contenidos peligrosos.

La revisión de Pazdur y colaboradores muestra la existencia de factores longitudinales que pueden dar pie a la aparición del uso problemático de las redes, como por ejemplo la dificultad para regular las emociones, los conflictos interpersonales, experiencias adversas y otros aspectos individuales o sociales (21). Este modelo permite colocar el doomscrolling como una posible conducta interrelacionada con el estado previo de vulnerabilidad y de dinámica relacional, antes que atribuir a una sola plataforma de redes sociales una influencia uniforme.

**Bienestar psicológico y satisfacción vital**

En el metaanálisis llevado a cabo por Li y Yin, se estableció una relación inversa entre el doomscrolling y el bienestar psicológico, obteniendo los autores un tamaño del efecto de r = -

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

0,29, IC del 95 %: -0,38 a -0,20, así como entre el doomscrolling y la satisfacción con la vida, r = -0,25; IC del 95 %: -0,37 a -0,13. Ambos hallazgos sugieren que existe una relación entre un mayor consumo de información negativa y una menor valoración subjetiva de la propia vida, si bien, como los autores también señalan, proceden de estudios heterogéneos en edad, así como de los propios problemas de heterogeneidad y certidumbre (8). En cualquier caso, ambos hallazgos muestran que se establece una relación negativa entre el mayor uso de información negativa y una menor satisfacción con la propia vida, pero no aportan cambios absolutos que se traduzcan en una disminución de la calidad de vida.

La investigación de Satici y sus colaboradores indicaron la aparición de relaciones entre el doomscrolling, malestar psicológico e indicadores de bienestar y sugirieron que los malos estados actuaban de mediadores en sus modelos (7), aunque se debe matizar la posibilidad de que dicha asociación se viese afectada por una afectividad negativa anterior, por la tendencia a la preocupación y por la sensibilidad de cada individuo al contenido, variables que no se llevan a cabo de modo controlado mediante el uso de los propios cuestionarios en la simultaneidad de la medición.

La panorámica de Valkenburg, Meier y Beyens, por su parte, mostró que las revisiones en relación a las redes sociales y la salud mental de los/adolescentes han sido heterogéneamente interpretadas, con resultados generalmente descritos como de pequeño tamaño o inconsistentes (6). Sala y sus colegas manifestaron que la experiencia de estos jóvenes adolescentes era una experiencia en la que tanto los rasgos personales como los modos de uso y diseño de las plataformas llevaban a cabo una interacción, y que las plataformas también podían generar oportunidades para la participación digital y el apoyo social (4). Por consiguiente, el bienestar también debía analizarse desde las funciones positivas que confieren las tecnologías y evitar precisamente encasillar todo contacto digital como elemento de riesgo.

***Tabla 3. Evidencia contextual e interpretación de resultados.***

| Fuente | Población/alcance | Resultado principal | Alcance para esta revisión |
|---|---|---|---|
| **Li y Yin, 2026 (8)** | 44 estudios, adolescentes y adultos | r entre doomscrolling y ansiedad: 0,35; bienestar: −0,29 | Síntesis específica del fenómeno, pero no exclusiva de adolescentes. |
| **Fassi et al., 2024 (5)** | 143 estudios; 1 094 890 adolescentes | Asociaciones pequeñas entre redes y síntomas internalizantes | Exposición amplia, no doomscrolling. |
| **Nagata et al., 2025 (12)** | Cohorte; 11 876 niños/adolescentes | Incrementos de uso precedieron síntomas depresivos | Tiempo de uso, no contenido negativo. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Smout et al., 2026 (13)** | 3205 adolescentes; longitudinal | Escasa evidencia de relación longitudinal | Comportamientos activos/pasivos, no doomscrolling. |
| **Ahmed et al., 2024 (22)** | Revisión/metaanálisis de redes y sueño | Uso problemático asociado con sueño y malestar | Evidencia indirecta de mecanismos de sueño. |
| **Camadan y Uzunoğlu, 2026 (23)** | 663 adultos | Asociación doomscrolling–mala calidad de sueño | No extrapolable directamente a menores. |

**Factores familiares, autorregulación y mecanismos plausibles**

El estudio de Tan y colaboradores llagó a incluir de manera expresa en la indagación longitudinal el contexto familiar. Se constataron no sólo la existencia de relaciones entre respuestas de los cuidadores tendentes a poner en práctica estrategias punitivas, reacciones de malestar parental y síntomas de abstinencia conectados al doomscrolling, sino que también se comprobaron patrones temporales respecto a saliencia, tolerancia, recaída y menor estimulación a la expresión emocional (11). Estos resultados presentan vínculos entre nodos de una red y no reflejan un efecto terapéutico comprobado del estilo de modificaciones parentales. La potencia del estudio radica en alimentar la mirada hacia el vínculo social que la conducta individual puede tener con la socialización emocional del contexto familiar.

El papel de la regulación emocional significa otra hipótesis interpretativa más. En situaciones de incertidumbre o amenazantes, la consulta reiterada a la información podría comportar, en un primer momento, la búsqueda de control cognitivo, pero reitera sus respuestas hacia nuevas amenazas. Dicho circuito queda anclado en la coincidencia conceptual de estudios sobre doomscrolling y vulnerabilidad adolescente; sin embargo, aún se imponen diseños experimentales y mediciones ecológicas que demarcan el orden de las variables (3;7;11).

Otros factores expuestos en la literatura son temor y ansiedad por perder información útil, comparación social, presión de los pares, conflictos familiares, condiciones socioeconómicas, malestar emocional previo. Pazdur y sus colaboradores de la investigación longitudinal del uso problemático de redes sociales clasificaron los resultados en dimensiones individuales y sociales, sin conseguir demostrar que todos ellos funcionen específicamente sobre el doomscrolling (21). Por su parte, Orben y sus colaboradores desvelaron la importancia de la sensibilidad social y la

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

retroalimentación digital en las etapas del desarrollo durante la adolescencia (3). Estas perspectivas requieren estudiar interacciones moderadoras y no sólo promedios entre grupos.

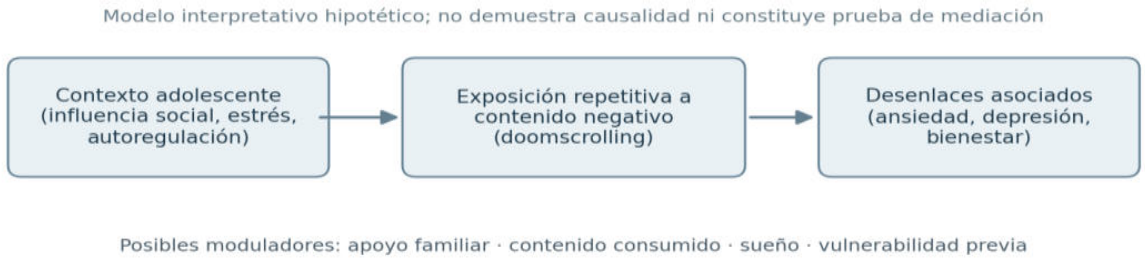


***Figura 2. Modelo conceptual para organizar la interpretación de los factores asociados.***

**Sueño y otras consecuencias relacionadas**

La calidad del sueño es un factor a constatar porque las dificultades para cortar digitalmente el uso pueden desplazar el sueño nocturno, mientras que el despertar nocturno o el malestar pueden, a su vez, favorecer estar más tiempo consultando información. Sin embargo, los estudios que evalúan sueño no tienen por qué describir las características del contenido en general, además de que se puede catalogar de dudoso atribuir a doomscrolling cualquier relación general entre redes sociales y sueño. Ahmed y colaboradores, mediante una revisión sistemática con metaanálisis, hallaron algunas relaciones entre uso problemático de redes, depresión, ansiedad y dificultades en el sueño, muy distantes de las que se generaban del tiempo total de uso (22). Camadan y Uzunoğlu exploraron doomscrolling y mala calidad del sueño en 663 adultos en los que supieron detectar un valor estadístico de la nomofobia en la relación estudiada (23). Teniendo en cuenta la edad de la muestra, este segundo trabajo debe servir solo como apoyo hipotético y no como resultados en adolescentes.

La salud del sueño es un aspecto que debe ser cuidado para futuros protocolos con adolescentes: el horario de la extensión, la frecuencia de la consulta a las noches, los despertares, la percepción de amenaza y las medidas objetivas del sueño pueden aportar mayor precisión. Se propone tomar estas relaciones como potencialmente bidireccionales hasta que la ciencia genere suficientes ensayos y observaciones longitudinales como para poder establecer temporalidad o confusión.

**Interpretación estadística y aplicabilidad clínica**

La interpretación de correlaciones exige aclarar magnitud estadística, precisión y relevancia clínica. Un coeficiente r representa la dirección e intensidad lineal de asociación en el conjunto de las observaciones, pero no equivale a un determinado porcentaje de personas que desarrolla un trastorno. Por ejemplo, la correlación entre doomscrolling y ansiedad comunicada por Li y Yin (r = 0,35) no nos constituye el dato de que el 35 % de los adolescentes padezca ansiedad como

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

un efecto de esta conducta, ni tampoco como un nivel clínico de un 35 % (La agrupación de participantes adolescentes y adultos implica un problema de la transportabilidad de los resultados. A pesar de que adolescentes y adultos tienen en común plataformas, pueden exhibir divergencias en independencia de las plataformas, apoyo social, control parental y repertorios de afrontamiento. Además, las investigaciones emplean escalas dimensionales de ansiedad y depresión, las cuales sí permiten evaluar puntuaciones comparativas, pero no sustituir entrevistas clínicas estructuradas para el objeto de establecer un diagnóstico. Resulta una diferencia importancia evitar palabras como la enfermedad del doomscrolling cuando desenlace documentado es una puntuación autorreportada de malestar (8,10).

La representación de los diferentes países también es un punto a tener en cuenta. Las discrepancias en las consumiciones de noticias, el acceso a dispositivos, la rutina educacional y el marco familiar pueden sustituir tanto en la exposición o la respuesta emocional. En los dominios agrupados por Li y Yin, por ejemplo, se ajustaron a predominar algunas regiones, mientras que los estudios adolescentes específicos identificados corresponden principalmente a Turquía y China (8,9,10,11). La extrapolación a la población hispanohablante requiere adaptaciones transculturales de anclajes en las escalas empleados y de equivalencia de constructos y, en el caso de replicar en los centros educacionales y comunitarios en variedad de contexto.

Desde el punto de vista de la salud pública, el patrón de consumo digital necessita ser considerado conforme a la intensidad del malestar, su carga funcional, la persistencia de los síntomas. Con preocupación ocasional, la alfabetización crítica y el equilibrio de las actividades puede hacer de referencias orientativas; con síntomas intensos o persistentes, la conducta digital puede considerarse como una dimensión incluida en la evaluación clínica, no como la única ni un sustituto de una valoración profesional. La revisión de la OMS recuerda la canonicidad epidemiológica de los trastornos mentales en adolescentes sin abrir la puerta a su etiología en una conducta digital determinada (2).

***Tabla 4. Limitaciones y decisiones para una revisión sistemática posterior.***

| Dominio | Limitación detectada | Acción metodológica recomendada |
|---|---|---|
| **Exposición** | Escalas de doomscrolling y métricas generales no equivalentes | Definición operativa previa y validación por edad/idioma. |
| **Temporalidad** | Predominio de encuestas y modelos correlacionales | Cohortes con más oleadas y diseños experimentales. |
| **Confusión** | Afectividad previa, familia, sueño, experiencias adversas | Selección explícita de covariables y análisis de sensibilidad. |

| | | |
|---|---|---|
| **Generalización** | Concentración geográfica y edades mixtas | Muestras multicéntricas y análisis por subgrupos adolescentes. |
| **Transparencia** | No existe registro completo de cribado en este manuscrito | Búsqueda reproducible, duplicados y diagrama PRISMA con cifras reales. |

**Consistencia de resultados, medición y calidad de la evidencia**

El contexto global revela que hay consistentes signos de asociación entre el doomscrolling y ciertos síntomas de tipo psicológico, pero la evidencia disponible es muy heterogénea a la hora de responder preguntas de causalidad y aplicabilidad clínica (8,9). La medida psicométrica de Satici, el modelo longitudinal de Akat, el análisis de mediación de Kaya y la red temporal de Tan son herramientas diferentes para investigar dimensiones relacionadas, aunque no se pueden considerar como equivalentes (7,9,10,11).

El principal problema de inferencia aparece cuando se combinan resultados sobre poblaciones de diferentes edades o por la consideración equivalente de un predictor que representa tiempo de pantalla y una medida concreta de uso de información negativa. El metaanálisis de Li y Yin es una buena representación que establece cómo es la síntesis del fenómeno global, pero su certeza GRADE muy baja y su heterogeneidad de efectos limitan la fuerza de las conclusiones (8). La revisión de Fassi proporciona un contrapunto interesante, ya que reunió 143 estudios y 886 tamaños de efecto, de los cuales una proporción muy pequeña agrupaba muestras clínicas; sus asociaciones agrupadas de tiempo de uso con síntomas internalizantes en adolescentes resultaron ser pequeñas (5).

Las fuentes no proporcionan en su conjunto evidencias suficientes para calcular una prevalencia mundial fiable del doomscrolling adolescente ni para fijar un umbral clínico universal en cuanto a duración o frecuencia. Tampoco proporcionan evidencias para saber el número de diagnósticos de depresión o ansiedad atribuibles a esta actividad. Las tablas que siguen sintetizan estudios y estimaciones de publicaciones originales, pero sin suponer que a partir de ellas se realice un cribado PRISMA exhaustivo propio.

## DISCUSIÓN

La evidencia analizada corrobora la importancia del doomscrolling como una modalidad específica del uso de lo digital vinculado a síntomas psicológicos negativos, pero aún no permite concluir que sea una causa suficiente de ansiedad o depresión en la adolescencia. La primera contribución de esta revisión es clarificar la existencia de tres niveles de exposición: el consumo reiterado de información negativa, el uso problemático de las redes sociales y el tiempo global de uso. Dicha clarificación permite no considerar como equivalentes algunas estimaciones obtenidas

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

de instrumentos no equivalentes y, además, permite plantear preguntas clínicas más delimitadas (7,8,12). El efecto de los resultados de Li y Yin muestran que la relación más fuerte de los desenlaces agrupados se relaciona con el estado psicológico negativo, pero esa misma revisión otorgó muy baja certeza a todos los desenlaces principales, dado que hubo limitaciones en la calidad metodológica, así como heterogeneidad (8). Por lo tanto, es necesario considerar a los coeficientes agrupados como un comunicador de la investigación y no como magnitudes causales. Es más, no sirven para proporcionar pronósticos válidos para la totalidad de los adolescentes, ya que el hecho de que las estimaciones incluyan, por su naturaleza, a los adultos, impide la traslación a la población escolar o incluso al servicio pediátrico.

Dentro de los estudios de adolescentes exclusivamente, los datos longitudinales proporcionan información muy valiosa. Los datos longitudinales de Akat y Hamarta constatan una secuencia estadística de adicción a las redes sociales hacia más doomscrolling posterior, pero sin una predicción estadísticamente significativa en la dirección inversa (9). Tan et al. han observado interacciones temporales en una práctica de socialización emocional y las manifestaciones de las formas de conducta digital en el tiempo (11). Estos son resultados que van en línea con las investigaciones que han centrado la atención en la regulación emocional y en la familia, incluso en nuestros diseños longitudinales observacionales se da por hecho que puede acceder a una confusión residual que no se hace explícita en los estudios experimentales.

Frente a los informes de redes sociales generales, ello proporciona una buena ilustración. Los estudios de Nagata y colaboradores reportaron asociaciones prospectivas entre incrementos intraindividuales del tiempo digital y síntomas depresivos posteriores en una cohorte en que se inicia en la niñez tardía (12), mientras que los de Smout y colaboradores encontraron asociaciones longitudinales muy limitadas ya para actividades de navegación, publicación o mensajería (13). La discrepancia no lleva a la obligación de rechazar uno de los estudios; más bien, evidencia que la manera de operacionalizar la exposición y el modelo analítico influyen sobre los resultados. En la misma línea, la revisión panorámica de Sala y colaboradores resalta la importancia de las características individuales y del diseño de plataformas (4).Desde el ámbito preventivo, los resultados han sido suficientes como para que se desarrollen propuestas centradas en estrategias de alfabetización informacional y autorregulación digital donde se entiendan contenidos perturbadores; pausas toleradas donde la persona pueda discutir en casa sin castigar a las mismas; horarias que se ajusten a horarios compatibles con el tiempo de descanso. Deben considerarse estos elementos como propuestas de intervención prudente y posible, y no como tratamientos considerados válidos con eficacia comprobada para el doomscrolling, ya que se requiere más información sobre su aceptabibilidad y efectividad al ser probadas con diseños controlados donde se evalúe si los resultados dependen de cuán perturbador ha sido el contenido o de características de la exposición a la misma.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 177-195
DOI:
https://doi.org/10.56519/dwk2j004

La presente revisión presenta limitaciones. Si bien emplea fuentes que pueden ser comprobadas y hace referencia a criterios que se explicitan, no es una revisión sistemática porque no incluye un procedimiento de selección sistemático con archivos expuestos, duplicados controlados, screening doble, y evaluación formal e independiente del riesgo de sesgo. En consecuencia, no se presenta un diagrama PRISMA de recuentos propios y tampoco se pretende atribuir exhaustividad a los artículos sintetizados. No se enmarca en la práctica de un nuevo metaanálisis. Todo ello penaliza el alcance de las inferencias y de pasarse por alto los límites se requiere mejorarlo antes de presentarse editorialmente como revisión sistemática (14,15).

Afrontamientos en la forma de futuras investigaciones propuestas donde se empleen instrumentos de medida validados por lengua y por etapa evolutiva, donde se apueste por medidas pasivas o bien registro digital de exposición siempre y cuando sea factible desde la ética, donde diferenciar contenido negativo de tiempo de uso, donde se propone la detección de variables antecedentes. Cualquier tipo de investigación multicéntrica o diseño donde se realicen mediciones repetidas ayudaría a aclarar la temporalidad de las relaciones propuestas y a probar si la asociación con la ansiedad, depresión o bienestar se ve mantenida después de controlar problemas psicológicos previos, ambiente familiar y calidad del sueño.

## CONCLUSIONES

Con la evidencia agrupada existente, el doomscrolling se asocia con síntomas de ansiedad, depresión y malestar psicológico superiores y con bienestar y satisfacción vital inferiores en las muestras de adolescentes y también en muestras de adultos. La mayor parte de la evidencia cuantitativa, sin embargo, corresponde a muestras combinadas de adolescentes y adultos, presenta gran heterogeneidad y tiene muy baja certeza. Por lo tanto, las asociaciones que se encuentran no permiten afirmar relaciones causales ni trasladar directamente sus magnitudes a la población adolescente.

Los estudios en adolescentes abordan la importancia de la problemática del uso de las redes sociales, el ajuste psicológico y el contexto familiar en cómo intentar entender el fenómeno, e indican que en diseños longitudinales las distintas conductas problemáticas pueden llevar a más doomscrolling y que los diseños transversales describen relaciones estadísticas con malestar emocional. La disyuntiva de definiciones, escalas y diseños obligan a diferenciar entre lo que significan el tiempo de pantalla, la navegación pasiva o la exposición repetitiva a información negativa.

En lo preventivo, es recomendable promover una educación digital que contemple contenidos consumidos, la capacidad de desconexión, la regulación emocional y la participación familiar, sin asumir que todas las redes sociales tienen efectos negativos. La agenda de futuro de la ciencia es la realización de estudios longitudinales y experimentales con adolescentes en una amplia gama

de contextos, y métodos de medición comparables y con la debida evaluación de los sesgos. Para convertir esta síntesis en una revisión sistemática que esté plenamente reportada con PRISMA 2020 se debe realizar y documentar el proceso completo de búsqueda, selección y de evaluación de calidad, con el fin de no incluir recuentos supuestos ni declarar pruebas de efectividad que aún no se encuentran disponibles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Salud del adolescente [Internet]. Ginebra: OMS; [citado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/adolescent-health.
2. Organización Mundial de la Salud. La salud mental de los adolescentes [Internet]. Ginebra: OMS; 2025 [citado 31 oct 2026]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health.
3. Orben A, Meier A, Dalgleish T, Blakemore SJ. Mechanisms linking social media use to adolescent mental health vulnerability. Nat Rev Psychol. 2024;3:407-423. doi:10.1038/s44159-024-00307-y.
4. Sala A, Porcaro L, Gómez E. Social media use and adolescents' mental health and well-being: an umbrella review. Comput Hum Behav Rep. 2024;14:100404. doi:10.1016/j.chbr.2024.100404.
5. Fassi L, Thomas K, Parry DA, Leyland-Craggs A, Ford TJ, Orben A. Social media use and internalizing symptoms in clinical and community adolescent samples: a systematic review and meta-analysis. JAMA Pediatr. 2024;178(8):814-822. doi:10.1001/jamapediatrics.2024.2078.
6. Valkenburg PM, Meier A, Beyens I. Social media use and its impact on adolescent mental health: an umbrella review of the evidence. Curr Opin Psychol. 2022;44:58-68. doi:10.1016/j.copsyc.2021.08.017.
7. Satici SA, Gocet Tekin E, Deniz ME, Satici B. Doomscrolling scale: its association with personality traits, psychological distress, social media use, and wellbeing. Appl Res Qual Life. 2023;18(2):833-847. doi:10.1007/s11482-022-10110-7.
8. Li Q, Yin X. Doomscrolling, mental health, and psychological well-being in adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. Front Psychol. 2026;17:1893800. doi:10.3389/fpsyg.2026.1893800.
9. Akat M, Hamarta E. Doomscrolling and social media addiction in adolescents: a two-wave longitudinal study. J Addict Dis. 2025;43(4):377-385. doi:10.1080/10550887.2025.2504231.
10. Kaya B. Pay attention to what your fingers scroll: the roles of doomscrolling and psychological adjustment between adolescents' problematic social media use and psychological distress. J Genet Psychol. 2025 Nov 7:1-17. doi:10.1080/00221325.2025.2584991.

11. Tan D, Zhang R, Yang L. A longitudinal network analysis of parental responses to adolescents' negative emotions and adolescent social media doomscrolling. Appl Psychol Health Well Being. 2026;18(5):e70233. doi:10.1111/aphw.70233.
12. Nagata JM, Otmar CD, Shim J, Balasubramanian P, Cheng CM, Li EJ, et al. Social media use and depressive symptoms during early adolescence. JAMA Netw Open. 2025;8(5):e2511704. doi:10.1001/jamanetworkopen.2025.11704.
13. Smout S, Slade T, Hunter E, Thornton L, Gardner LA, Newton NC, et al. Scrolling, chatting, and posting: longitudinal changes in distinct social media behaviors and their relationship with psychological distress and mental wellbeing in adolescents. J Adolesc. 2026;98(1):237-249. doi:10.1002/jad.70055.
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
15. Rethlefsen ML, Kirtley S, Waffenschmidt S, Ayala AP, Moher D, Page MJ, et al. PRISMA-S: an extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. J Med Libr Assoc. 2021;109(2):174-200. doi:10.5195/jmla.2021.962.
16. Barker TH, Hasanoff S, Aromataris E, Stone JC, Leonardi-Bee J, Sears K, et al. The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for analytical cross-sectional studies. JBI Evid Synth. 2026;24(3):401-408. doi:10.11124/JBIES-24-00523.
17. Barker TH, Hasanoff S, Aromataris E, Stone JC, Leonardi-Bee J, Sears K, et al. The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for cohort studies. JBI Evid Synth. 2025;23(3):441-453. doi:10.11124/JBIES-24-00103.
18. Cabezas-Klinger H, Fernandez-Daza FF, Mina-Paz Y. Associations between social media use and mental disorders in adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis of recent evidence. Behav Sci (Basel). 2025;15(11):1450. doi:10.3390/bs15111450.
19. Du M, Zhao C, Hu H, Ding N, He J, Tian W, et al. Association between problematic social networking use and anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis. BMC Psychol. 2024;12:263. doi:10.1186/s40359-024-01705-w.
20. Wu W, Huang L, Yang F. Social anxiety and problematic social media use: a systematic review and meta-analysis. Addict Behav. 2024;153:107995. doi:10.1016/j.addbeh.2024.107995.
21. Pazdur M, Tutus D, Haag AC. Risk factors for problematic social media use in youth: a systematic review of longitudinal studies. Adolesc Res Rev. 2025;10:237-253. doi:10.1007/s40894-025-00264-4.
22. Ahmed O, Walsh EI, Dawel A, Alateeq K, Espinoza Oyarce DA, Cherbuin N. Social media use, mental health and sleep: a systematic review with meta-analyses. J Affect Disord. 2024;367:701-712. doi:10.1016/j.jad.2024.08.193.
23. Camadan F, Uzunoğlu Ö. The role of FoMO and nomophobia in explaining the relationship between doomscrolling and poor sleep quality. BMC Psychol. 2026;14:115. doi:10.1186/s40359-025-03865-9.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

# EFECTIVIDAD JURÍDICA Y PROCESAL DE LA OBLIGACIÓN ALIMENTARIA HACIA PERSONAS ADULTAS MAYORES EN ECUADOR

# LEGAL AND PROCEDURAL EFFECTIVENESS OF THE MAINTENANCE OBLIGATION TOWARD OLDER ADULTS IN ECUADOR

Fernando Andrés Montalvo Ramos[1], Jeniffer Yadira Reinoso Cruz[2], Nelson Francisco Freire Sanchez[3], Lorena Isabel Becerra Erazo[4]

{fernando.montalvo@unach.edu.ec[1], jeniffer.reinoso@unach.edu.ec[2], nffreire@unach.edu.ec[3], lorena.becerra@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La responsabilidad alimentaria de los hijos hacia sus padres de la tercera edad, en el marco del sistema jurídico ecuatoriano, se concibe como una relación obligacional vinculada con el acceso a la protección jurisdiccional efectiva y la protección integral de las personas adultas mayores como grupo de atención prioritaria. Este estudio tiene como objetivo analizar la efectividad jurídica y procesal del régimen ecuatoriano de la obligación alimentaria de los hijos hacia sus padres adultos mayores durante el periodo comprendido entre 2021 y 2026, considerando su regulación, valoración judicial, carga probatoria, mecanismos de seguimiento y ejecución, y el contraste con el sistema jurídico colombiano. Adopta un enfoque cualitativo, jurídico descriptivo y explicativo, mediante los métodos dogmático-jurídico, hermenéutico y comparado, examinando normas constitucionales, civiles, procesales y especiales, jurisprudencia, doctrina especializada y referencias del sistema colombiano. Los hallazgos evidencian que la presencia de una tabla de pensiones alimenticias mínimas no resuelve por sí sola las dificultades relacionadas con la valoración del estado de necesidad, la capacidad económica de las personas obligadas, la carga probatoria y la ejecución de las pensiones. El principal hallazgo determina que el régimen ecuatoriano reconoce normativamente la obligación alimentaria y dispone de mecanismos para su aplicación, pero persisten dificultades jurídicas y procesales relacionadas con la valoración individual, la prueba y el cumplimiento oportuno de la prestación. Sobre la base de este hallazgo, se plantea como propuesta de mejora fortalecer los criterios técnicos de valoración, los mecanismos de**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0002-9126-3257
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0000-5714-0096
[3]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0001-9737-2262
[4]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0002-4158-7875

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

**seguimiento y cobro, y la valoración probatoria compatible con la protección reforzada de las personas adultas mayores, con la finalidad de garantizar pensiones oportunas, proporcionales y ejecutables.**

***Palabras clave: Obligación alimentaria, personas adultas mayores, eficacia procesal, protección jurisdiccional efectiva***

**ABSTRACT: The maintenance obligation of children toward their elderly parents within the Ecuadorian legal system is conceived as a legal relationship linked to access to effective judicial protection and the comprehensive protection of older adults as a priority care group. This study aims to analyze the legal and procedural effectiveness of the Ecuadorian regime governing the maintenance obligation of children toward their older adult parents during the period from 2021 to 2026, considering its regulation, judicial assessment, burden of proof, monitoring and enforcement mechanisms, and the contrast with the Colombian legal system. It adopts a qualitative, descriptive, and explanatory legal approach through doctrinal-legal, hermeneutic, and comparative methods, examining constitutional, civil, procedural, and special norms, case law, specialized doctrine, and references from the Colombian system. The findings show that the existence of a minimum maintenance payment table does not by itself resolve difficulties related to assessing the state of need, the economic capacity of obligated persons, the burden of proof, and enforcement of maintenance payments. The main finding establishes that the Ecuadorian system legally recognizes the maintenance obligation and provides mechanisms for its application; however, legal and procedural difficulties remain in relation to individual assessment, evidentiary requirements, and the timely enforcement of maintenance obligations. Based on this finding, the study proposes strengthening technical assessment criteria, monitoring and collection mechanisms, and evidentiary assessment consistent with the enhanced protection afforded to older persons, in order to guarantee timely, proportionate, and enforceable maintenance payments.**

***Keywords: Maintenance obligation, older adults, procedural efficiency, effective judicial protection***

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, las personas adultas mayores constituyen un grupo de atención prioritaria; por consiguiente, el Estado les reconoce una protección especial y garantiza el acceso a mecanismos que aseguren su bienestar económico y social, como presupuesto indispensable para salvaguardar el derecho a una vida digna. Bajo este contexto, el derecho de alimentos se concibe como la materialización del principio de solidaridad familiar y de la tutela obligatoria que el Estado debe otorgar a este grupo de atención prioritaria.

Dogmáticamente, el derecho de alimentos es uno de los pilares del Derecho de Familia, puesto que su finalidad es garantizar la subsistencia y el desarrollo integral de quienes no pueden

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

satisfacer sus propias necesidades básicas. Al respecto, Sangoluisa (2020) señala que este derecho va más allá de la asistencia material, puesto que busca asegurar la dignidad humana en contextos de desprotección. Ahora bien, el problema surge en el debate doctrinal respecto a qué tan flexible debe ser el juzgador al fijar la cuantía de las pensiones alimenticias. Quienes respaldan la discrecionalidad judicial señalan que permite adecuar la norma a la realidad de cada caso. Por el contrario, los enfoques críticos señalan que una excesiva flexibilidad normativa puede comprometer la certeza jurídica cuando la valoración carece de criterios suficientemente delimitados y de una motivación que explique las circunstancias consideradas para fijar la prestación. Frente a estos colectivos vulnerables, la discusión teórica pasa a un segundo plano, pues lo que realmente se pone en juego es la supervivencia cotidiana de los beneficiarios y el cumplimiento oportuno de la obligación alimentaria una vez determinada judicialmente.

En desarrollo de este precepto constitucional, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores (LOPAM) ratifica dicho derecho al establecer la obligación de los hijos y demás familiares de brindar asistencia económica en situaciones de necesidad. De este modo, el sistema jurídico ecuatoriano no solo delimita la responsabilidad filial, sino que incorpora el mecanismo de asistencia económica como un elemento clave para la protección integral del adulto mayor (LOPAM, 2019, arts. 27–28).

Desde esta perspectiva, la problemática central de la presente investigación se formula sobre la base de la siguiente interrogante: ¿En qué medida el régimen jurídico y procesal ecuatoriano aplicable a la obligación alimentaria de los hijos hacia sus padres adultos mayores garantiza la protección jurisdiccional efectiva y su protección integral, considerando la aplicación de la tabla de pensiones alimenticias mínimas, la valoración judicial de las circunstancias particulares, la carga probatoria y los mecanismos de seguimiento y ejecución? Frente a ello, y en atención al carácter cualitativo y dogmático-jurídico del estudio, se adopta como idea central de investigación que el reconocimiento normativo de la obligación alimentaria y la presencia de una tabla de pensiones mínimas no garantizan por sí mismos la efectividad integral del régimen cuando persisten dificultades interpretativas en la valoración de las circunstancias particulares, obstáculos probatorios y problemas de aplicación relacionados con el seguimiento y la ejecución de la prestación. Estas condiciones pueden generar respuestas judiciales diferentes frente a situaciones comparables y dificultar la protección económica oportuna de las personas adultas mayores que se encuentran en estado de necesidad.

Pese al marco normativo que reconoce el derecho de alimentos para las personas adultas mayores en Ecuador, en la práctica judicial se evidencian limitaciones en la efectividad de esta obligación. El problema jurídico debe examinarse desde tres planos distintos. En el ámbito normativo existe regulación expresa sobre el derecho de alimentos, las personas obligadas, la determinación de la pensión y el procedimiento aplicable; por ello, no corresponde considerar como vacío normativo general toda dificultad que aparezca durante su aplicación. El problema interpretativo se presenta al determinar el alcance de la valoración judicial sobre el estado de necesidad, la capacidad económica de las personas obligadas y las circunstancias particulares que

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

pueden justificar una pensión superior al mínimo establecido. En el plano de implementación concreta, las dificultades se relacionan principalmente con la acreditación de los presupuestos de la pretensión, el seguimiento de los pagos y la ejecución oportuna de la obligación. Actualmente, el Consejo de la Judicatura contempla la gestión de las pensiones alimenticias de las personas adultas mayores mediante el Sistema Único de Pensiones Alimenticias (SUPA). La diferencia funcional relevante se concentra en las condiciones de acceso, acompañamiento institucional y respuesta judicial frente al incumplimiento que requiere este grupo de atención prioritaria. Por consiguiente, la problemática radica en el margen de valoración que permanece en manos del juzgador para examinar las necesidades particulares de la persona adulta mayor, la capacidad económica de las personas obligadas y las circunstancias que pueden justificar una cuantía superior al mínimo establecido. Cuando dicha valoración carece de criterios suficientemente uniformes, pueden producirse diferencias entre decisiones adoptadas frente a situaciones comparables. Si se analiza desde el derecho comparado, el modelo ecuatoriano presenta diferencias respecto de los mecanismos institucionales utilizados en Colombia para facilitar la reclamación y cumplimiento de las obligaciones alimentarias de las personas adultas mayores (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF], 2025). Consecuentemente, las limitaciones procesales relacionadas con la valoración individual, el seguimiento y la ejecución pueden generar escenarios de desprotección económica y comprometer el derecho de las personas adultas mayores a una existencia digna.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La finalidad general de esta investigación consiste en analizar la efectividad jurídica y procesal del régimen ecuatoriano de la obligación alimentaria de los hijos hacia sus padres adultos mayores durante el periodo 2021–2026, considerando su regulación, los criterios de valoración judicial, la carga probatoria y los mecanismos de seguimiento y ejecución. Para alcanzar este propósito, la ruta investigativa se estructuró mediante tres objetivos específicos: describir el marco normativo e institucional que regula la obligación alimentaria de los hijos hacia sus padres adultos mayores; analizar los criterios jurídicos que orientan la valoración judicial del estado de necesidad, la capacidad económica de las personas obligadas y la carga probatoria para la fijación de la pensión; y examinar las dificultades de implementación concreta relacionadas con el seguimiento y la ejecución de la obligación alimentaria, considerando el contraste jurídico con el modelo colombiano.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con alcance jurídico descriptivo y explicativo, orientado al análisis jurídico de la regulación alimentaria aplicable a las personas adultas mayores y a las dificultades procesales existentes en su práctica. Se emplearon tres métodos: el dogmático-jurídico, para sistematizar y relacionar las disposiciones constitucionales, civiles, procesales y especiales que regulan esta obligación junto con la normativa sobre la tabla de pensiones alimenticias para adultos mayores en Ecuador; el hermenéutico, para examinar el alcance de estas disposiciones frente a la protección jurisdiccional efectiva, la certeza jurídica, la protección

reforzada, el estado de necesidad y la capacidad económica de las personas obligadas; y el comparado, para contrastar el régimen ecuatoriano con el mecanismo colombiano de reclamación alimentaria para personas adultas mayores, atendiendo a las diferencias institucionales y a su posible utilidad en el contexto nacional.

El desarrollo de la investigación se ejecutó en cuatro fases operativas. En una primera fase, se delimitaron las unidades de análisis y los criterios de selección de fuentes, priorizando normativa vigente, jurisprudencia y criterios judiciales, información institucional, doctrina especializada y referentes del sistema colombiano vinculados con la obligación alimentaria hacia personas adultas mayores, con énfasis en el horizonte temporal de los últimos cinco años (2021–2026), sin perjuicio de la base codificada vigente. En una segunda fase, se recolectaron y depuraron los textos normativos, acuerdos ministeriales, criterios institucionales, resoluciones y antecedentes relevantes, excluyendo fuentes ajenas a la obligación alimentaria hacia adultos mayores o carentes de pertinencia directa con la fijación, prueba y ejecución. En una tercera fase, se clasificaron las disposiciones y criterios hallados según correspondieran a cuestiones normativas, interpretativas o de implementación concreta. En una cuarta fase, se contrastaron las fuentes seleccionadas, se identificaron las brechas jurídicas y procesales y se organizaron los hallazgos conforme al orden de los tres objetivos específicos.

## Fundamentación y análisis jurídico-procesal

### Bases doctrinales de la asistencia alimentaria intergeneracional

Ahora bien, la obligación de prestar alimentos a los adultos mayores no puede reducirse a un frío mandato de la ley positiva, puesto que su verdadera comprensión nace de los cimientos dogmáticos del Derecho de Familia. Históricamente, como expone Larrea Holguín (17) al recuperar las nociones clásicas del Diccionario de Escriche y las Siete Partidas, esta figura jurídica se configuró como el suministro de los recursos indispensables para la supervivencia, dentro de los cuales se encuentran la alimentación, el vestido, la habitación y la salud. ahora bien, más allá de su evolución técnica, la pensión alimenticia representa la formalización jurídica de un imperativo ético conectado con la justicia distributiva. Desde esta perspectiva, Larrea Holguín (17) hace énfasis en que este deber civil cobra una urgencia mayor cuando existen vínculos de sangre o motivos de profunda gratitud, ya que, en la vejez, esta responsabilidad familiar abandona el terreno de la moralidad voluntaria para transformarse en una carga legal coercitiva que persigue como objetivo evitar que el deterioro biológico de los progenitores derive en el desamparo socioeconómico.

El análisis de la obligación alimentaria hacia los adultos mayores no puede limitarse únicamente a la revisión de la norma positiva, pues requiere un enfoque dogmático que fundamente su existencia en el marco del Derecho de Familia. Además, se debe partir de que esta institución jurídica no opera como un acto de beneficencia, ya que representa la materialización de principios como la dignidad humana, la protección reforzada y, de manera central, la solidaridad familiar.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

Bajo este contexto, en un Estado constitucional de derechos y justicia como el ecuatoriano, la sustantividad de este derecho se encuentra ligada a la supervivencia y al mínimo vital de un colectivo que puede enfrentar condiciones particulares de vulnerabilidad. Es por esto que, para entender su naturaleza jurídica, resulta imprescindible relacionar los fundamentos del Derecho de Familia con las respuestas constitucionales, civiles y especiales que se establecen para garantizar la subsistencia de las personas adultas mayores.

En el ámbito de la evolución contemporánea del Derecho de Familia, la obligación alimentaria ha dejado de concebirse exclusivamente como una carga de contenido patrimonial o como una manifestación de asistencia basada en criterios de beneficencia. En la actualidad, esta institución jurídica es entendida como un mecanismo de protección orientado a garantizar la dignidad humana y las condiciones mínimas necesarias para una existencia adecuada. Para que el derecho de alimentos pueda ser exigido judicialmente, la doctrina reconoce la concurrencia de dos presupuestos esenciales, la necesidad efectiva del alimentario y la capacidad económica de quien debe prestar la asistencia (17). respecto de este último elemento, la valoración jurídica no se limita únicamente a los ingresos periódicos que percibe el obligado, sino que comprende un análisis integral de su situación patrimonial y de los recursos económicos de los que dispone. De igual modo, la determinación del estado de necesidad de la persona adulta mayor exige examinar circunstancias concretas como su condición de salud, edad, nivel de dependencia y posibilidades reales de procurarse medios de subsistencia. Desde esta perspectiva, la obligación alimentaria se concibe como una institución inspirada en criterios de justicia material y solidaridad familiar, donde la protección efectiva de la persona prevalece sobre interpretaciones excesivamente formalistas del derecho.

## Marco constitucional y legal de la solidaridad alimentaria filial

El Ecuador, al ser un Estado constitucional de derechos y justicia, tiene la obligación de brindar un sistema de protección sobre aquellos colectivos que afrontan situaciones de vulnerabilidad. En esta categoría de atención prioritaria se encuentran las personas adultas mayores, entendidas como aquellas que han alcanzado los sesenta y cinco años de edad, a quienes por ley se les reconoce una condición de atención prioritaria y especializada tanto en el entorno público como en el privado (2, art. 36). Desde un enfoque hermenéutico, la estructura de la Constitución va más allá de ser un simple cuerpo normativo, puesto que en ella se reconocen mandatos de obligado cumplimiento dirigidos a garantizar los derechos constitucionales. En ese escenario, el artículo 38, numeral 8 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Estado, mediante sus instituciones, debe implementar medidas orientadas a proporcionar una «adecuada asistencia económica y psicológica que garantice su estabilidad física y mental». Además, la misma norma constitucional dispone que la ley sancionará el abandono de las personas adultas mayores por parte de sus familiares o de las instituciones establecidas para su protección.

El fundamento dogmático de este mandato constitucional radica en los principios de corresponsabilidad y solidaridad intergeneracional. Para cumplirlo, el Estado asume el rol de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

protector mediante el diseño de políticas públicas (2, art. 38), sin que esta responsabilidad implique trasladar de manera exclusiva la protección de las personas adultas mayores al entorno familiar. El ordenamiento constitucional configura un esquema de corresponsabilidad en el que el Estado mantiene deberes propios de garantía y protección, mientras la familia asume obligaciones específicas de asistencia, cuidado y alimentos cuando concurren los presupuestos establecidos por la ley. De acuerdo con el artículo 83, numeral 16 del texto constitucional, los ciudadanos tienen el deber imperativo de «asistir, alimentar, educar y cuidar a las hijas e hijos». ahora bien, el mismo precepto precisa el alcance legal de esta responsabilidad al añadir textualmente que: «*Este deber es corresponsabilidad de madres y padres en igual proporción, y corresponderá también a las hijas e hijos cuando las madres y padres lo necesiten*» (2, art. 83, num. 16). Al examinar este artículo se evidencia una relación jurídica de reciprocidad entre determinados deberes familiares, puesto que la responsabilidad asumida por los progenitores durante las etapas de dependencia de sus hijos encuentra posteriormente una manifestación jurídica en el deber filial de asistencia cuando los padres se encuentran en situación de necesidad. Así, la obligación alimentaria de los descendientes no sustituye las responsabilidades estatales de protección, sino que forma parte del sistema constitucional y legal de corresponsabilidad destinado a proteger a las personas adultas mayores.

Por otro lado, en cuanto a la legislación ordinaria, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores (LOPAM) es el instrumento que desarrolla las directrices de la Constitución. Al respecto, el artículo 27 de este cuerpo normativo define el derecho a la pensión de alimentos como una garantía básica de subsistencia para las personas adultas mayores que carezcan de recursos económicos o cuya condición física o mental no les permita subsistir por sí mismas. De este modo, la norma conecta la prestación económica directamente con el derecho a «una vida en condiciones de dignidad» (4, art. 27). Por su parte, el artículo 28 de la LOPAM establece un orden de prelación claro para identificar a las personas obligadas a prestar alimentos, ubicando en primer lugar al cónyuge o pareja en unión de hecho, en segundo lugar, a los descendientes hasta el segundo grado de consanguinidad y, posteriormente, a los hermanos o hermanas (4, art. 28). El mismo artículo 28 reconoce la acción popular en las reclamaciones de alimentos a favor de las personas adultas mayores. Con esta disposición, cualquier persona que conozca alguno de estos casos puede poner la situación en conocimiento de la jueza o juez de la familia, mujer, niñez y adolescencia del domicilio de la persona adulta mayor. sobre la base de esto, la autoridad judicial iniciará de oficio la acción legal correspondiente y determinará la pensión de acuerdo con las circunstancias del caso (4, art. 28). Esta figura amplía las posibilidades de acceso a la protección cuando existen limitaciones, abandono o dependencia que dificultan una reclamación directa.

Para profundizar en el núcleo sustantivo de esta obligación, es fundamental revisar las disposiciones del Código Civil ecuatoriano, específicamente su Título XVI sobre los alimentos que se deben por ley. El artículo 349, en sus numerales 4 y 5, sitúa formalmente a los padres y ascendientes como acreedores alimentarios legítimos (10, art. 349). El análisis dogmático de la codificación civil clasifica las pensiones en dos tipos, siendo estas congruas y necesarias. Desde

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

esta perspectiva, el artículo 351 reconoce que los alimentos congruos son los que "habilitan al alimentado para subsistir modestamente, de un modo correspondiente a su posición social", a diferencia de los necesarios, que únicamente aportan lo indispensable para "sustentar la vida" (10, art. 351). De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 352, a los padres se les deben, por regla general, alimentos de tipo congruo. Esto refuerza significativamente la protección judicial, ya que la pensión no se puede calcular con un criterio de supervivencia biológica mínima, sino que debe ajustarse a las facultades reales del deudor y a sus cargas domésticas, tal como lo exige el artículo 357 del Código Civil.

La ausencia de criterios suficientemente uniformes para valorar las circunstancias particulares que pueden justificar una pensión superior a los mínimos establecidos otorga a los jueces un margen considerable de apreciación al momento de ponderar el estado de necesidad frente a la capacidad económica de la persona demandada. Bajo esta premisa, se debe tener en cuenta que la discrecionalidad es una herramienta valiosa para flexibilizar el derecho y adecuar la resolución a realidades complejas, sobre todo cuando existen gastos médicos derivados de enfermedades crónicas o degenerativas amparadas por el artículo 38 de la Constitución (2, art. 38). ahora bien, cuando este margen de valoración carece de criterios suficientemente delimitados, puede afectar la certeza jurídica. Por esta razón, resulta necesaria la presencia de parámetros técnicos uniformes que orienten la valoración de los gastos de salud, vivienda, alimentación, dependencia, cuidados permanentes y capacidad económica de las personas obligadas. La ausencia de tales criterios puede producir decisiones divergentes frente a circunstancias materialmente comparables, con posibles consecuencias sobre la igualdad procesal y la previsibilidad de las decisiones judiciales.

A pesar de que el marco normativo parece robusto y completo en la teoría, la práctica en los juzgados ecuatorianos refleja dificultades relacionadas con la aplicación y ejecución de estos derechos. El Sistema Único de Pensiones Alimenticias (SUPA) también gestiona las pensiones a favor de personas adultas mayores mediante mecanismos de registro, recaudación, acreditación y control de pagos. En este régimen, las diferencias funcionales relevantes se concentran en las condiciones de acceso, acompañamiento institucional y respuesta judicial frente al incumplimiento, de acuerdo con las particulares condiciones de vulnerabilidad de las personas beneficiarias (11). La LOPAM establece en sus artículos 27 y 31 que el monto debe determinarse sobre la base de la tabla emitida por la autoridad nacional competente; por tanto, la tabla no debe ser caracterizada como un instrumento meramente orientativo. Su función consiste en establecer parámetros y valores mínimos para la fijación de la pensión, mientras la valoración judicial permanece necesaria para considerar las necesidades reales de la persona adulta mayor, la capacidad económica de las personas alimentantes y las particularidades acreditadas dentro de cada proceso.

En cuanto al procedimiento sumario previsto por el Código Orgánico General de Procesos (COGEP), el artículo 332, numeral 3, dispone que se tramitan por esta vía la pretensión relacionada con la determinación de la prestación de alimentos y los asuntos previstos en la ley

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

de la materia y sus incidentes. En la aplicación del procedimiento, deben considerarse las condiciones particulares que puedan limitar el acceso de las personas adultas mayores a la administración de justicia. Aguilar Ordoñez y Salazar Orozco (1) señalan que la protección de este grupo requiere una respuesta institucional adecuada a su condición de atención prioritaria y al régimen especial previsto para la protección de sus derechos. En el ámbito alimentario, esta cuestión adquiere particular importancia cuando concurren dependencia económica, discapacidad, ausencia de apoyo o problemas de acceso a los mecanismos administrativos y judiciales disponibles. Por ello, la regulación procesal debe interpretarse en concordancia con la protección reforzada que reconoce el sistema jurídico ecuatoriano.

De igual modo, el inciso final del artículo 349 del Código Civil dispone expresamente que «*En lo no previsto en esta Ley, se estará a lo dispuesto en el Código de la Niñez y Adolescencia y en otras leyes especiales*» (10, art. 349). Esta remisión normativa debe interpretarse conjuntamente con la regulación especial de la LOPAM, de acuerdo con la materia concreta que no se encuentre prevista en el Código Civil.

Valoración judicial, prueba y ejecución de las pensiones

Uno de los problemas más importantes que presenta la obligación de alimentos de los hijos a sus padres adultos mayores es la distancia que existe entre el reconocimiento legal del derecho y su aplicación en el proceso judicial. El Ministerio de Desarrollo Humano, mediante Acuerdo Ministerial Nro. MDH-DM-2026-0008-A, suscrito el 18 de febrero de 2026, expidió para el Ecuador la Tabla de Pensiones Alimenticias Mínimas para las Personas Adultas Mayores del año 2026. Este instrumento reemplazó y derogó expresamente el Acuerdo Ministerial Nro. MIES-MIES-2025-0004-A, que regulaba la tabla correspondiente al año 2025 (18). En su alcance jurídico, esta tabla establece porcentajes mínimos de acuerdo con el ingreso del alimentante, el número de personas adultas mayores beneficiarias y los correspondientes valores adicionales por grado de discapacidad. La estructura está compuesta por seis niveles de ingresos en Salarios Básicos Unificados (SBU). Para una persona adulta mayor, los porcentajes son progresivos desde el primer nivel con el 20,33 % hasta el sexto nivel con el 36,99 %; si existen dos personas adultas mayores, los porcentajes varían entre el 30,34 % y el 43,86 %, según el nivel de ingresos del alimentante. sobre la base del segundo nivel también se consideran valores adicionales por rehabilitación y ayudas técnicas asociadas a discapacidad: los porcentajes para discapacidad moderada oscilan entre 4,50 % y 22,49 % del SBU, para discapacidad grave entre 5,17 % y 25,81 % y para discapacidad muy grave entre 6,56 % y 32,73 %. En el primer nivel estos valores adicionales corresponden al 0 % (18, arts. 1–5).

La aplicación de la tabla parte del ingreso del alimentante, del número total de personas adultas mayores con derecho a percibir alimentos y, de ser el caso, del grado de discapacidad acreditado. Cada obligado queda situado de manera independiente en el nivel que corresponda a sus ingresos, mientras que el cálculo toma en cuenta a todas las personas adultas mayores con derecho a percibir alimentos para determinar el valor mínimo aplicable. La tabla debe utilizarse

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

obligatoriamente para la fijación provisional y cualquier acuerdo alcanzado entre las partes debe respetar como mínimo el valor establecido en el primer nivel. Por consiguiente, su naturaleza jurídica corresponde a la de un parámetro mínimo obligatorio para la determinación de la prestación. La valoración judicial mantiene un ámbito propio para examinar las necesidades reales de la persona adulta mayor, la capacidad económica de quienes deban prestar alimentos y las circunstancias acreditadas que justifiquen una cuantía mayor (18, arts. 6–8).

La centralidad de la tabla en el marco del problema radica en que articula la estandarización de los mínimos económicos con la valoración individual que requiere cada proceso. Los porcentajes ofrecen un punto de partida objetivo, pero las condiciones de salud, vivienda, alimentación, dependencia y cuidado permanente requieren una apreciación particular basada en la prueba disponible. Aquí se sitúa la discusión jurídica: la aplicación uniforme de los mínimos debe articularse con una motivación judicial suficiente cuando las circunstancias específicas justifiquen una prestación superior. Además, el Acuerdo establece el reajuste automático de las pensiones que estén por debajo de los mínimos correspondientes y la indexación anual de acuerdo con el porcentaje de inflación, elementos dirigidos a preservar el valor económico de la prestación frente a las variaciones anuales (18, arts. 9–10).

En este tipo de procesos, puede ser necesaria la discrecionalidad judicial, pues cada caso presenta condiciones personales, familiares y económicas diferentes. La fijación de una pensión a una persona adulta mayor que conserva autonomía requiere de un examen distinta a la correspondiente a quien presenta discapacidad, enfermedades crónicas o dependencia permanente. En este ámbito, la discrecionalidad representa el margen legalmente reconocido al juez para valorar las singularidades acreditadas durante el proceso. La decisión es arbitraria cuando se aparta de los parámetros normativos, carece de respaldo probatorio o cuando la motivación es insuficiente. Por ello, la motivación judicial debe indicar cómo se valoró el estado de necesidad del alimentario, la capacidad económica del alimentante, sus cargas familiares y las circunstancias que dan lugar a cuantías superiores al mínimo. Esta justificación permite controlar jurídicamente la decisión y preservar la certeza jurídica, aunque entre dos casos se den diferencias materiales que lleven a pensiones diferentes.

En este punto, resulta imperativo delimitar el margen de discrecionalidad conferido al operador de justicia. La facultad de ponderar las condiciones de vulnerabilidad no autoriza la emisión de fallos subjetivos o carentes de sustento empírico; por el contrario, exige una motivación reforzada que evite la arbitrariedad, vinculando de manera directa el caudal probatorio aportado con las verdaderas necesidades existenciales del adulto mayor (13).

Una importante dificultad procesal radica en la carga de la prueba. De conformidad con el artículo 169 del Código Orgánico General de Procesos, como regla general, la parte actora debe acreditar los hechos afirmados en la demanda que hubieren sido controvertidos por la parte demandada. Al aplicar esta regla a la reclamación de alimentos, la persona adulta mayor debe acreditar el vínculo que sustenta la obligación, su estado de necesidad y las circunstancias particulares que

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

alega sobre salud, dependencia, gastos o falta de recursos. En materia de familia, ese mismo artículo 169 impone a la persona demandada la carga de probar sus ingresos cuando tiene la calidad de obligada a prestar alimentos. La parte demandada también deberá demostrar los hechos afirmativos que introduzca en su contestación, entre ellos las cargas familiares o circunstancias económicas que invoque como fundamento de su defensa (3, art. 169).

La Sentencia No. 889-20-JP/21 de la Corte Constitucional del Ecuador resolvió una controversia suscitada en un juicio coactivo promovido contra una mujer adulta mayor con discapacidad, en estado de pobreza y que únicamente percibía ingresos provenientes de una pensión de montepío. Su relevancia para el presente análisis radica en los criterios constitucionales que desarrolla respecto de la atención prioritaria y especializada de las personas adultas mayores en situaciones de vulnerabilidad. En dicha resolución, la Corte analizó el caso de una mujer adulta mayor, con discapacidad, en situación de pobreza y que dependía de una pensión de montepío para cubrir necesidades relacionadas con la subsistencia. El tribunal constitucional sostuvo que la atención especializada requiere tener en cuenta las circunstancias particulares de las personas pertenecientes a grupos prioritarios y adaptar, en su caso, los procedimientos administrativos y judiciales a sus necesidades (13, pp. 45–53). Su alcance para esta materia está limitado a los estándares constitucionales sobre atención prioritaria, protección jurisdiccional efectiva, protección de los recursos destinados a la subsistencia y consideración de las condiciones particulares de vulnerabilidad. La fijación, modificación y cuantificación de las pensiones alimenticias quedaron fuera del objeto resuelto en esta sentencia.

Esta distribución probatoria se complementa con el artículo 29 de la LOPAM, que atribuye al juzgador la facultad de determinar los medios dirigidos a establecer la capacidad económica del demandado. Al respecto, la Corte Nacional de Justicia, mediante el Oficio No. 996-2022-P-CNJ, emitido como criterio no vinculante, indicó que el juez puede solicitar información al Servicio de Rentas Internas, al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, a entidades bancarias y a otras instituciones que cuenten con datos pertinentes sobre la situación económica del obligado (15). A estas facultades se añade el artículo 168 del COGEP, que excepcionalmente permite la prueba para mejor resolver cuando resulte necesaria para aclarar hechos controvertidos y exige que el juzgador deje constancia expresa de las razones de su decisión. Esta facultad mantiene su naturaleza extraordinaria y permite aclarar aspectos relevantes del proceso mediante una actuación judicial motivada, sobre todo cuando las circunstancias de vulnerabilidad dificultan el acceso a determinada información probatoria (3, art. 168).

En el horizonte temporal de los últimos cinco años (2021–2026), el análisis jurisprudencial y de criterios institucionales en materia de alimentos y protección a personas adultas mayores se articula con la Sentencia No. 889-20-JP/21 de la Corte Constitucional del Ecuador y con el Oficio No. 996-2022-P-CNJ de la Corte Nacional de Justicia, en tanto delimitan la atención prioritaria y especializada, la protección de los recursos de subsistencia y las facultades judiciales para verificar la capacidad económica y el cumplimiento de la obligación. En su dimensión histórica de antecedente en el régimen civil de alimentos, la Sentencia No. 007-12-SCN-CC ya vinculaba la

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

fijación de la prestación con las necesidades del beneficiario, los recursos del obligado y sus cargas familiares, criterio que hoy se lee bajo los estándares constitucionales y legales vigentes del periodo 2021–2026.

La aplicación de estos criterios a reclamaciones formuladas por progenitores puede observarse en el proceso No. 01204-2016-05850, conocido en apelación por la Sala de la Familia, Mujer, Niñez y Adolescencia y Adolescentes Infractores de la Corte Provincial de Justicia del Azuay. Según el análisis del expediente realizado por Vélez Serrano (22), en primera instancia se impusieron pensiones mensuales diferenciadas a cinco hijos a favor de su madre, Zoila Victoria Quezada: cuatro de ellos debían pagar cuarenta dólares mensuales y una de las hijas sesenta dólares. Conocida la impugnación, la Sala estudió la necesidad de la madre, los ingresos acreditados por los obligados y sus respectivas cargas familiares. Por último, desechó el recurso de apelación y mantuvo la obligación alimentaria desde la presentación de la demanda. Este antecedente permite observar que la revisión judicial de la cuantía exigió contrastar las necesidades de la beneficiaria con la capacidad económica individual de quienes debían prestar alimentos (22). El proceso es anterior a la LOPAM de 2019 y a la tabla vigente de 2026, por lo que su utilidad se circunscribe a mostrar la práctica judicial previa sobre la fijación y revisión de alimentos a favor de una progenitora, mientras que la determinación actual debe regirse por el régimen especial vigente.

La ejecución de la pensión es otro de los aspectos determinantes de la eficacia jurídica y procesal del régimen. La protección material que produce la fijación judicial se materializa cuando el valor establecido llega oportunamente a la persona beneficiaria. El SUPA facilita el registro, recaudación, acreditación, cálculo de intereses y liquidación de las obligaciones; en caso de incumplimiento, la respuesta también requiere las actuaciones judiciales que correspondan de acuerdo con la normativa aplicable. La Corte Nacional de Justicia, en su criterio no vinculante sobre alimentos para personas adultas mayores, señaló, además, que cuando la capacidad económica de los obligados resulte insuficiente para cubrir la totalidad de la pensión, el juzgador podrá disponer el pago en cuotas hasta completar el valor que corresponda a la persona adulta mayor, de acuerdo con el orden previsto en el artículo 28 de la LOPAM (15). La dimensión temporal adquiere especial relevancia, porque los retrasos en el cumplimiento pueden incidir en gastos inmediatos relacionados con medicamentos, alimentación, vivienda o cuidado cotidiano.

Bajo este enfoque, La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (8) ha señalado que el envejecimiento en América Latina exige un esfuerzo de consolidación de los sistemas de protección y de garantía del ejercicio efectivo de los derechos de las personas mayores. En el caso ecuatoriano, el análisis revela que la efectividad de la obligación alimentaria se construye sobre la base de varios componentes relacionados: la aplicación de los mínimos establecidos en la tabla, la valoración judicial motivada de las circunstancias particulares, una distribución probatoria acorde con las reglas procesales y el funcionamiento de los mecanismos de seguimiento y ejecución existentes. Dentro de esos límites jurídicos, la discrecionalidad judicial conserva una

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

función legítima, mientras la motivación permite controlar su ejercicio y vincular la decisión con la prueba producida en cada proceso.

## RESULTADOS

El análisis sistemático de las fuentes normativas, jurisprudenciales, institucionales, doctrinales y de derecho comparado examinadas en este estudio (2021–2026) permite identificar cuatro grupos de hallazgos propios sobre la efectividad jurídica y procesal de la obligación alimentaria de los hijos hacia sus padres adultos mayores en Ecuador:

Primer hallazgo (estructura normativa vigente y tránsito hacia la tabla 2026): El ordenamiento ecuatoriano reconoce de manera expresa la obligación alimentaria filial y la tutela reforzada de las personas adultas mayores mediante la Constitución de la República del Ecuador, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores (artículos 27, 28, 29, 31 y 82), el Código Civil (artículos 349, 351, 352, 357 y 358) y el trámite sumario del Código Orgánico General de Procesos (artículo 332, numeral 3), junto con reglas probatorias y de oficio (artículos 168 y 169). A ello se suma la emisión de la Tabla de Pensiones Alimenticias Mínimas para las Personas Adultas Mayores del año 2026 (Acuerdo Ministerial Nro. MDH-DM-2026-0008-A), que sustituyó al Acuerdo Nro. MIES-MIES-2025-0004-A, fijando seis niveles de ingresos en Salarios Básicos Unificados, porcentajes progresivos para uno (20,33 % a 36,99 %) y dos adultos mayores (30,34 % a 43,86 %), recargos adicionales por discapacidad moderada, grave y muy grave a partir del segundo nivel (0 % en el primer nivel), obligatoriedad en fijaciones provisionales y acuerdos, reajuste a mínimos y actualización anual por inflación. La brecha constatada no reside en la ausencia de norma o de piso mínimo, sino en la falta de parámetros técnicos uniformes para cuantificar necesidades agravadas por encima del mínimo y en la ausencia de un mecanismo formal de derivación institucional tras una mediación sin acuerdo.

Segundo hallazgo (valoración judicial, discrecionalidad y carga probatoria): En las fuentes analizadas —incluyendo la Sentencia No. 889-20-JP/21 de la Corte Constitucional, el Oficio No. 996-2022-P-CNJ de la Corte Nacional de Justicia, los criterios sobre alimentos congruos y el antecedente del proceso No. 01204-2016-05850— se constata que la aplicación de los porcentajes mínimos convive con una valoración individualizada de la necesidad del adulto mayor, la capacidad económica y cargas del obligado, y la prueba. Mientras el artículo 169 del COGEP distribuye la carga probatoria sobre los hechos afirmados y los ingresos del obligado, y el artículo 29 de la LOPAM y el artículo 168 del COGEP habilitan actuaciones para determinar capacidad económica o disponer prueba para mejor resolver, el estudio evidencia que la asimetría documental y de salud de las personas adultas mayores exige una motivación reforzada que distinga con claridad la discrecionalidad legítima de la arbitrariedad.

Tercer hallazgo (funcionamiento operativo del SUPA y resolución sobre su eficacia): El examen institucional del Sistema Único de Pensiones Alimenticias (SUPA) demuestra que el sistema cumple de manera efectiva funciones operativas de registro de la obligación, recaudación,

acreditación de pagos, cálculo de intereses por mora, emisión de liquidaciones y consulta de movimientos, además de contemplar —según el criterio no vinculante de la Corte Nacional de Justicia— el pago en cuotas cuando la capacidad económica de los obligados es insuficiente. Sin embargo, el hallazgo queda resuelto en sentido crítico: el SUPA resuelve el control contable y de registro de la pensión, pero no resuelve por sí solo las limitaciones de acceso digital o presencial, el acompañamiento institucional continuo ni la celeridad de la respuesta judicial ante el incumplimiento reiterado en personas adultas mayores vulnerables.

Cuarto hallazgo (contraste institucional con el modelo colombiano): El contraste con el esquema colombiano de reclamación alimentaria para personas adultas mayores, articulado a través de la intervención conciliatoria y cuota provisional en Comisaría de Familia con remisión a la Defensoría de Familia del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar para promover la demanda cuando no hay acuerdo, evidencia que el sistema ecuatoriano carece de una articulación reglada equivalente entre la conclusión sin acuerdo de una mediación gratuita y la activación prioritaria del patrocinio público para la demanda judicial.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos permiten dialogar críticamente con tres ejes centrales del debate jurídico contemporáneo: el acceso a la justicia en la vejez, la doctrina de la motivación y el control de la discrecionalidad judicial, y el derecho comparado en materia de articulación institucional.

En primer lugar, desde la perspectiva del acceso a la justicia en la vejez y la protección jurisdiccional efectiva, la doctrina y los organismos internacionales coinciden en que el envejecimiento poblacional y la vulnerabilidad asociada a la edad avanzada, la enfermedad crónica, la discapacidad o la dependencia económica imponen deberes de tutela reforzada. Autores y referentes como Sangoluisa, Aguilar Ordoñez y Salazar Orozco, y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe convergen en señalar que los derechos de las personas mayores pierden eficacia material cuando el diseño procedimental o institucional traslada cargas desproporcionadas a quienes tienen menor capacidad de gestión o mayores barreras de acceso. En el régimen ecuatoriano, aunque el artículo 28 de la LOPAM contempla la acción popular y el inicio oficioso, y la mediación gratuita ofrece una vía inicial, la ausencia de una ruta obligatoria y coordinada cuando la mediación fracasa debilita la continuidad de la tutela judicial efectiva. A diferencia de posturas que consideran suficiente la existencia de un procedimiento sumario formal, el análisis respalda que la protección reforzada exige mecanismos de acompañamiento y continuidad que impidan que el adulto mayor asuma en solitario el tránsito de la vía alternativa a la contenciosa.

En segundo lugar, en diálogo con la doctrina de la motivación y el control de la discrecionalidad judicial, el estudio confirma la tensión clásica entre flexibilidad para atender el caso concreto y certeza jurídica. Coincidiendo con los planteamientos doctrinales sobre la motivación de las decisiones judiciales y con la jurisprudencia constitucional analizada, la discrecionalidad judicial

no es sinónimo de libre arbitrio: su legitimidad depende de que el juzgador exprese de forma clara, verificable y suficiente las razones normativas, fácticas y probatorias que sustentan tanto la aplicación de la tabla mínima como la fijación de montos superiores o la valoración de la prueba. Cuando la norma o los criterios técnicos no precisan parámetros mínimos para ponderar gastos de salud, cuidados permanentes o capacidad económica real, la motivación insuficiente o meramente formularia compromete la igualdad en la aplicación de la ley y dificulta el control de las resoluciones. Por ello, este trabajo sostiene que la estandarización de mínimos mediante la tabla de 2026 debe complementarse con criterios técnicos de valoración y con el uso diligente de las facultades probatorias y de verificación de capacidad económica ya previstas en el ordenamiento.

En tercer lugar, desde el derecho comparado, el contraste con el modelo colombiano muestra tanto el potencial como los límites de la trasplantación institucional. El mecanismo colombiano en el que la falta de conciliación activa la intervención de la Defensoría de Familia para demandar aporta un criterio funcional valioso: la continuidad institucional entre la fase previa y la reclamación judicial. Sin embargo, respaldando una postura prudente en derecho comparado, copiar en bloque figuras administrativas como la fijación provisional administrativa sin reformar competencias, límites y garantías del ordenamiento ecuatoriano generaría inseguridad competencial. De ahí que la solución más consistente con el diseño institucional del Ecuador consista en articular las entidades ya existentes centros de mediación y Defensoría Pública mediante una reforma específica al artículo 82 de la LOPAM y un protocolo interinstitucional, en lugar de importar acríticamente instituciones de otro sistema.

Propuestas institucionales y procesales para mejorar la protección

Los hallazgos identificados respecto de la valoración judicial, la carga probatoria y el seguimiento y ejecución de la obligación alimentaria permiten formular medidas de mejora orientadas a fortalecer la protección jurisdiccional efectiva de las personas adultas mayores. En el Ecuador, una tabla con pensiones alimentarias mínimas para las personas adultas mayores supone una mejora, ya que permite disponer de una base técnica para fijar dicha pensión en función de los ingresos de la persona alimentante y las condiciones de la persona alimentaria. sobre la base de las dificultades advertidas en su aplicación, es relevante fortalecer su articulación con criterios procesales que orienten la valoración individual y favorezcan una aplicación jurídicamente previsible en los juzgados de familia (18).

También resulta necesario fortalecer las condiciones de utilización del SUPA por parte de las personas adultas mayores. El sistema ya permite registrar pagos, acreditar valores, calcular intereses por mora, obtener liquidaciones y consultar los movimientos de la pensión (11). La mejora debe concentrarse en el acceso al sistema, el acompañamiento institucional y la respuesta judicial frente al incumplimiento, de manera que las condiciones particulares de vulnerabilidad de la persona beneficiaria reciban una atención acorde con su protección reforzada.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

Una primera consideración de mejora consiste en reforzar el aspecto técnico de la tabla de alimentos para personas adultas mayores. Cada situación puede presentar requerimientos distintos, como enfermedades crónicas, discapacidad, necesidades de vivienda o cuidados permanentes. El juzgador debería contar con parámetros técnicos mínimos para valorar los gastos de salud, alimentación, vivienda, cuidado diario y la capacidad económica de cada persona obligada. Estos parámetros permitirían delimitar el margen de apreciación judicial y proporcionar criterios verificables para la motivación, conservando la valoración individual requerida por las circunstancias de cada caso.

Desde el punto de vista del derecho comparado, Colombia representa un referente sumamente pertinente para Ecuador, puesto que ambos ordenamientos comparten el mandato constitucional de protección de las personas adultas mayores, aunque difieren en la articulación institucional prevista para reclamar alimentos. En el modelo colombiano, la primera intervención de la Comisaría de Familia consiste en llevar a cabo la conciliación de la cuota alimentaria, y cuando no se logra la conciliación, debe fijar una cuota provisional y remitir el expediente a la Defensoría de Familia. sobre la base de esta remisión, el defensor de familia del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) está facultado para presentar la demanda de alimentos ante el juez de familia en favor de la persona adulta mayor que lo requiera (16). Este mecanismo persigue como objetivo mantener una continuidad institucional entre la tentativa de solución consensuada y la activación de la vía judicial, de modo que el fracaso de la conciliación active una respuesta institucional posterior para promover la reclamación.

Otra de las importantes mejoras tiene que ver con la carga de la prueba. La acreditación del estado de necesidad en los procesos de alimentos para adultos mayores requiere condiciones de acceso que permitan a la persona reclamante obtener los elementos necesarios para sustentar su pretensión. La mejora debe apuntar a facilitar el acceso a información médica, económica e institucional y a aplicar las facultades probatorias ya previstas en el ordenamiento jurídico. La distribución establecida en el artículo 169 del COGEP debe conservarse, mientras la prueba para mejor resolver prevista en el artículo 168 mantiene su naturaleza extraordinaria y requiere motivación judicial (3, arts. 168–169). A esto se suma la facultad prevista en el artículo 29 de la LOPAM para “determinar los procedimientos sustantivos que prueben la capacidad económica del demandado o la demandada” (4, art. 29).

Lo que distingue al régimen ecuatoriano es la forma como se articulan sus mecanismos de protección institucional. La LOPAM, en su artículo 28, reconoce la acción popular, por lo que cualquier persona que conozca de una situación que amerite alimentos puede ponerla en conocimiento del juez competente, quien debe iniciar de oficio la acción pertinente (4, art. 28). A ello se suman las competencias de asesoría y patrocinio de la Defensoría Pública y la posibilidad de acudir a mediación para fijar alimentos a favor de las personas adultas mayores (4, art. 82; 6). En contraste con el modelo colombiano, el régimen ecuatoriano se caracteriza por una organización diferente, pues el fracaso de la conciliación en Colombia da lugar a que la Comisaría

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

de Familia remita el expediente a la Defensoría de Familia, cuyo defensor puede presentar posteriormente la demanda ante el juez competente.

De este contraste surge la propuesta jurídica concreta de reformar el artículo 82 de la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores, que regula actualmente las atribuciones de la Defensoría Pública en materia de asesoría, patrocinio, celeridad procesal y métodos alternativos de solución de conflictos. La reforma añadiría un literal adicional para regular el procedimiento de derivación institucional cuando una mediación sobre alimentos a favor de una persona adulta mayor concluya sin acuerdo y concurran condiciones de vulnerabilidad. En este caso, el centro de mediación derivaría de manera prioritaria a la persona adulta mayor hacia la Defensoría Pública, institución que asumiría la asesoría y el patrocinio necesarios para promover la reclamación de alimentos ante la autoridad competente (4, art. 82; 15).

Como propuesta de Lege Ferenda, se plantea incorporar al artículo 82 de la LOPAM un literal d) con el siguiente contenido: “d) Recibir de manera prioritaria las derivaciones provenientes de los centros de mediación cuando un procedimiento de alimentos a favor de una persona adulta mayor concluya sin acuerdo y la persona se encuentre en situación de vulnerabilidad, y garantizar la asesoría y el patrocinio necesarios para promover la acción de alimentos ante la autoridad competente”. Esta atribución se articularía con la acción popular reconocida en el artículo 28 de la LOPAM y con las competencias de asesoría y patrocinio que ya ejerce la Defensoría Pública (4, arts. 28, 82). Esta atribución tendría como objetivo asegurar la continuidad procesal entre la etapa de mediación y la acción judicial, disminuir las barreras de acceso a la justicia y proporcionar acompañamiento jurídico inmediato a la persona adulta mayor que necesite la prestación alimentaria.

Esta reforma requeriría, para su implementación, un protocolo interinstitucional de derivación entre el Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial y la Defensoría Pública, que regule el procedimiento, los supuestos de activación y la información mínima que debe acompañar la remisión. Con este instrumento se podría ejecutar la obligación legal propuesta mediante reglas de coordinación institucional previamente definidas, sin alterar las competencias jurisdiccionales previstas en el ordenamiento vigente.

La propuesta se apoya en las instituciones ya existentes en el marco del sistema ecuatoriano y refuerza la coordinación entre ellas. La experiencia colombiana tiene una función comparativa para justificar la continuidad institucional luego de una conciliación concluida sin acuerdo, mientras que la adaptación ecuatoriana se apoyaría en las competencias ya reconocidas a la Defensoría Pública y en la acción popular prevista por la LOPAM. Para que una autoridad administrativa ecuatoriana pueda fijar provisionalmente la pensión, con una atribución similar a la de la Comisaría de Familia colombiana, se requeriría una reforma adicional que determine expresamente su competencia, procedimiento y límites (4, art. 82; 16).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

La CEPAL (8) ha señalado que el envejecimiento de la población en América Latina exige el fortalecimiento de los sistemas de protección y la garantía del ejercicio efectivo de los derechos de las personas mayores. En el caso ecuatoriano, esta postura respalda una articulación institucional capaz de relacionar la fijación de la prestación, el acceso al patrocinio jurídico y su ejecución posterior. La reforma planteada al artículo 82 de la LOPAM tendría como objeto concreto la continuidad procesal posterior a una mediación concluida sin acuerdo, mientras que los criterios técnicos de valoración, las reglas probatorias y el funcionamiento del SUPA actuarían como elementos complementarios del sistema vigente.

Por consiguiente, en el marco del debate doctrinal sobre el acceso a la justicia en la vejez, la doctrina de la motivación y el derecho comparado, la protección jurisdiccional efectiva en materia alimentaria requiere ser reforzada mediante tres líneas de acción: fortalecer la aplicación de la tabla técnica mediante criterios mínimos y uniformes orientados a la valoración judicial de las circunstancias particulares; fortalecer las condiciones de acceso, acompañamiento institucional y respuesta judicial ante el incumplimiento dentro de los mecanismos de seguimiento y cobro existentes mediante el SUPA; y aplicar las reglas de distribución y valoración probatoria de acuerdo con el COGEP y la protección reforzada de las personas adultas mayores. Dentro de estas medidas, la reforma del artículo 82 de la LOPAM constituye la principal propuesta de articulación institucional, puesto que regula la derivación prioritaria y el patrocinio posterior a una mediación sin acuerdo a partir de las instituciones propias del sistema ecuatoriano, evitando la importación acrítica de figuras administrativas ajenas a sus competencias (4, art. 82). Con ello se delimita el margen de apreciación judicial mediante motivación verificable, se reducen las barreras procesales de las personas adultas mayores y se asegura la exigibilidad oportuna de la obligación alimentaria para garantizar condiciones materiales compatibles con una vejez digna, protegida y libre de desamparo económico.

## CONCLUSIONES

En respuesta al primer objetivo específico, se concluye que el régimen normativo e institucional ecuatoriano reconoce expresamente la obligación alimentaria filial y la tutela reforzada de las personas adultas mayores mediante la Constitución de la República del Ecuador, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores, el Código Civil, el Código Orgánico General de Procesos, la Tabla de Pensiones Alimenticias Mínimas de 2026 y la gestión operativa del Sistema Único de Pensiones Alimenticias; no obstante, la existencia de este marco normativo e institucional no evita por sí sola las dificultades prácticas de acceso, acompañamiento y protección efectiva cuando existen condiciones de vulnerabilidad o dependencia.

En respuesta al segundo objetivo específico, se concluye que la determinación judicial de la pensión exige articular la aplicación obligatoria de los porcentajes mínimos de la tabla vigente con un examen individualizado, motivado y proporcionado del estado de necesidad del adulto mayor, la capacidad económica y cargas del obligado, y la carga y valoración de la prueba,

ejerciendo las facultades de verificación de capacidad económica y prueba para mejor resolver bajo una motivación reforzada que prevenga la discrecionalidad arbitraria.

En respuesta al tercer objetivo específico, se concluye que las principales dificultades de implementación concreta se concentran en el seguimiento, la ejecución oportuna de las pensiones y la falta de continuidad institucional cuando una mediación sobre alimentos concluye sin acuerdo; frente a ello, el contraste con el modelo colombiano respalda la necesidad de establecer en Ecuador un mecanismo reglado de derivación prioritaria desde los centros de mediación hacia la Defensoría Pública, respaldado por un protocolo interinstitucional, sin trasplantar acríticamente figuras ajenas a las competencias del ordenamiento nacional.

Aporte científico de la investigación

El aporte científico de la investigación radica en la sistematización jurídica del régimen ecuatoriano de alimentos a favor de las personas adultas mayores, mediante la articulación entre la Constitución, la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores, el Código Civil, el Código Orgánico General de Procesos, la Tabla de Pensiones Alimenticias Mínimas y los mecanismos institucionales gestionados mediante el SUPA. Esta integración permite comprender la obligación alimentaria como un régimen jurídico constituido por normas sustantivas, reglas procesales y mecanismos de seguimiento y ejecución que deben operar de forma coordinada.

Dada así, la investigación presenta una propuesta jurídica de reforma al artículo 82 de la LOPAM para incorporar un mecanismo de derivación institucional posterior a una mediación concluida sin acuerdo cuando la persona adulta mayor se encuentre en situación de vulnerabilidad. La propuesta se completa con un protocolo interinstitucional entre el Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial y la Defensoría Pública, a fin de regular el procedimiento, los supuestos de activación y la información necesaria para la remisión. Así, el aporte va más allá de la formulación de recomendaciones generales y plantea una alternativa normativa e institucional susceptible de aplicación en el marco del ordenamiento ecuatoriano.

Seguidamente, el examen posibilita diferenciar las dificultades normativas, interpretativas y de implementación concreta que inciden en la efectividad jurídica y procesal de esta obligación. Con base en esta distinción, se determinan los criterios relacionados con la valoración del estado de necesidad, la capacidad económica del alimentante, la motivación judicial, la distribución de la carga de la prueba y las condiciones que pueden justificar una pensión superior a los montos mínimos establecidos. El aporte se extiende a la distinción conceptual entre discrecionalidad judicial y arbitrariedad, para que la valoración individual se vincule con parámetros normativos, respaldo probatorio y motivación suficiente.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 196-216
DOI:
https://doi.org/10.56519/ha777d08

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Ordoñez ML, Salazar Orozco RH. La protección del adulto mayor a través del procedimiento administrativo de protección de derechos. Rev Cient Multidiscip G-Nerando. 2024;5(2):364–87. doi: 10.60100/rcmg.v5i2.278.
2. Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial N.º 449. Quito: Asamblea Nacional; 20 oct 2008. Disponible en: https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/constitucion-republica-inc-sent-cc.pdf
3. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico General de Procesos. Registro Oficial Suplemento N.º 506. Quito: Asamblea Nacional; 22 may 2015. Disponible en: http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/4069
4. Asamblea Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores. Registro Oficial Suplemento N.º 484. Quito: Asamblea Nacional; 9 may 2019. Disponible en: https://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro_ley_personas_adultas_mayores.pdf
5. Atienza M. Curso de argumentación jurídica. Madrid: Editorial Trotta; 2013.
6. Centro Nacional de Mediación de la Función Judicial. Adultos mayores pueden acceder a pensiones alimenticias mediante mediación de forma gratuita [Internet]. Quito: Consejo de la Judicatura; 18 mar 2026. Disponible en: https://mediacion.funcionjudicial.gob.ec/adultos-mayores-pueden-acceder-a-pensiones-alimenticias-mediante-mediacion-de-forma-gratuita/
7. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Boletín Envejecimiento y Desarrollo N.º 22 [Internet]. Santiago: CEPAL; 2024. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/81459
8. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Envejecimiento en América Latina y el Caribe: inclusión y derechos de las personas mayores [Internet]. Santiago: CEPAL; 2022. (LC/CRE.5/3). Disponible en: https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48567
9. Congreso de la República de Colombia. Ley 1850 de 2017, por medio de la cual se establecen medidas de protección al adulto mayor en Colombia, se modifican las Leyes 1251 de 2008, 1315 de 2009 y 599 de 2000, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial N.º 50.299. Bogotá: Imprenta Nacional; 19 jul 2017.
10. Congreso Nacional del Ecuador. Código Civil. Codificación N.º 2005-010. Registro Oficial Suplemento N.º 46. Quito: Congreso Nacional; 24 jun 2005. Disponible en: http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/3410
11. Consejo de la Judicatura del Ecuador. Pensiones alimenticias para las personas adultas mayores [Internet]. Quito: Consejo de la Judicatura; [citado 28 ago 2026]. Disponible en: https://www.funcionjudicial.gob.ec/supa/pensiones-alimenticias-adultos-mayores/
12. Corte Constitucional del Ecuador. Sentencia N.º 1158-17-EP/21 (Caso Garantía de la motivación) [Internet]. Quito: Corte Constitucional del Ecuador; 20 oct 2021. Disponible en: https://www.corteconstitucional.gob.ec/sentencia-1158-17-ep-21/

13. Corte Constitucional del Ecuador. Sentencia N.º 889-20-JP/21 (Caso N.º 889-20-JP) [Internet]. Quito: Corte Constitucional del Ecuador; 10 mar 2021. Disponible en: https://www.corteconstitucional.gob.ec/sentencia-889-20-jp-21/
14. Corte Constitucional para el Período de Transición del Ecuador. Sentencia N.º 007-12-SCN-CC (Caso N.º 0010-11-CN). Registro Oficial Suplemento N.º 641. Quito: Corte Constitucional; 15 feb 2012.
15. Corte Nacional de Justicia del Ecuador. Acción de alimentos a favor de las personas adultas mayores, tabla y procedimientos. Oficio N.º 996-2022-P-CNJ [criterio no vinculante en Internet]. Quito: Corte Nacional de Justicia; 5 jul 2022. Disponible en: https://www.cortenacional.gob.ec/resources/consultas_absueltas/No_Penales/Familia/174.pdf
16. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Demanda de alimentos del adulto mayor [Internet]. Bogotá: ICBF; 19 may 2025. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/demanda-de-alimentos-del-adulto-mayor
17. Larrea Holguín J. Manual elemental de derecho civil del Ecuador: Derecho de familia. Vol. 2. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones; 2008.
18. Ministerio de Desarrollo Humano del Ecuador. Acuerdo Ministerial Nro. MDH-DM-2026-0008-A: Tabla de Pensiones Alimenticias Mínimas para las Personas Adultas Mayores, para el año 2026. Quito: Ministerio de Desarrollo Humano; 18 feb 2026.
19. Organización de los Estados Americanos (OEA). Convención Interamericana sobre la Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores [Internet]. Washington, D.C.: OEA; 2015 [ratificada por Ecuador mediante Registro Oficial Suplemento N.º 19, 20 jun 2019]. Disponible en: https://www.oas.org/es/sla/ddi/tratados_multilaterales_interamericanos_A-70_derechos_humanos_personas_mayores.asp
20. Sangoluisa Morales CD. El derecho de alimentos [trabajo de fin de máster en Internet]. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá; 2020. Disponible en: http://hdl.handle.net/10017/46528
21. Taruffo M. La motivación de la sentencia civil. Madrid: Editorial Trotta; 2011.
22. Vélez Serrano WA. Análisis de la fijación de pensiones alimenticias para adultos mayores. Importancia de aplicar la tabla del Ministerio de Inclusión Económica y Social [trabajo de titulación en Internet]. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca; 2023. Disponible en: https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/16616

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

# MICRO LEARNING INTELIGENTE Y RECUPERACIÓN ACTIVA PARA FORTALECER ATENCIÓN SOSTENIDA Y RETENCIÓN DEL APRENDIZAJE EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA SUPERIOR Y BACHILLERATO

# SMART MICRO-LEARNING AND ACTIVE REVIEW TO STRENGTHEN SUSTAINED ATTENTION AND LEARNING RETENTION IN UPPER ELEMENTARY, MIDDLE, AND HIGH SCHOOLS

María Natividad Bayas Camino[1], Rosa Eugenia Fernández Escobar[2], María Fernanda Núñez Bayas[3], Luis Fernando Chico Andrade[4]

{Natyta1965@hotmail.com[1], chochita_fernandez@yahoo.es[2], crisgatita87@yahoo.es[3], luischicoandrade@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 18/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN**: **El micro learning inteligente y la recuperación activa se constituyen en estrategias didácticas conducentes a beneficiar la atención sostenida y la retención del aprendizaje en las instituciones de Educación Básica Superior y Bachillerato, mediadas por la gestión pedagógica de micro contenidos, la práctica de recuperación de información y el uso sistémico pedagógico de recursos digitales e inteligencia artificial; el objetivo general de la investigación fue analizar las percepciones de los docentes sobre las dificultades de atención sostenida y retención del aprendizaje, así como su disposición para implementar estas estrategias en el proceso docente educativo; la metodología se planteó desde un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con alcance descriptivo y diseño no experimental de corte transversal; participaron 27 docentes de Educación Básica Superior y Bachillerato mediante la estructuración de un cuestionario de 10 ítems diseñados con escala de Likert de cinco niveles, cuyos datos se organizaron a través de frecuencias absolutas y relativas porcentuales, construidos con datos observables muestran tendencias hacia la implementación de estas estrategias, donde el 88,89% reconoció la disposición para destinar el micro learning inteligente y la recuperación activa, en tanto que el 85,19 % consideró necesario incorporar micro contenidos y preguntas de recuperación; de igual forma, el 81,48 % señaló conflictos percibidos para sostener la atención, donde reconoció la**

[1]Magisterio Ecuatoriano Independiente, https://orcid.org/0009-0001-5284-2205
[2]Magisterio Ecuatoriano Independiente, https://orcid.org/0009-0001-9280-2929
[3]Magisterio Ecuatoriano Independiente, https://orcid.org/0000-0002-8232-7167
[4]Magisterio Ecuatoriano Independiente, https://orcid.org/0009-0004-7296-2193

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

**utilidad de las preguntas periódicas para robustecer la retención; se concluye que la articulación de micro contenidos sistematizados, recuperación activa y práctica distribuida personifica una opción pedagógica oportuna para su evaluación en Educación Básica Superior y Bachillerato.**

***Palabras clave: Micro learning inteligente, recuperación activa; atención sostenida; retención del aprendizaje***

**ABSTRACT: Intelligent Microlearning and Active Retrieval are teaching strategies designed to enhance sustained attention and learning retention in upper secondary basic education and high school institutions, supported by the pedagogical management of micro-content, information retrieval practice, and the systematic pedagogical use of digital resources and artificial intelligence. The general objective of this research was to analyze teachers' perceptions of the difficulties associated with sustained attention and learning retention, as well as their willingness to implement these strategies in the teaching-learning process. The methodology followed a quantitative, applied approach, with a descriptive scope and a non-experimental, cross-sectional design. A total of 27 Basic Education teachers participated in the study by completing a 10-item questionnaire designed using a five-point Likert scale. The data were organized according to absolute frequencies and relative percentages. The findings, based on observable data, revealed trends favoring the implementation of these strategies, with 88.89% of teachers expressing their willingness to incorporate intelligent microlearning and active retrieval into their teaching practices, while 85.19% considered it necessary to introduce micro-content and retrieval questions. Similarly, 81.48% identified perceived difficulties in sustaining students' attention and acknowledged the usefulness of periodic questions in strengthening learning retention. It is concluded that the integration of structured micro-content, active retrieval, and distributed practice represents a timely pedagogical approach that warrants further evaluation in upper secondary basic education and high school settings.**

***Keywords: Intelligent micro learning; active retrieval; sustained attention; learning retention***

## INTRODUCCIÓN

La atención sostenida y la retención del aprendizaje se establecen en procesos cognitivos fundamentales para con el desarrollo de las competencias académicas en Educación Básica Superior y Bachillerato, debido a que permiten mantener la concentración a lo largo de las actividades escolares, participar del procesamiento de la información y recuperación de conocimientos previos para emplearlos en aquello que el alumno aprende de manera sistémica en diferentes ecosistemas educativos; bajo esta premisa se reconoce la importancia de la gestión de los sistemas atencionales Vargas-Jiménez (1), en tanto, se destaca la función de la memoria de trabajo en el mantenimiento y procesamiento temporal de la información Marín-Picado (2); estas contribuciones consienten distinguir que el aprendizaje escolar exige de manera necesaria de la intervención de actividades pedagógicas enfocadas a asistir la concentración, la administración

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

cognoscitiva y la edificación secuenciada de conocimientos; de manera que, los conflictos para conservar la atención, perpetuar contenidos analizados y trasladar conocimientos a nuevas responsabilidades formativas evidencian la búsqueda permanente de estrategias didácticas sustentadas en la psicología cognitiva y en la investigación educativa.

El micro aprendizajes se establecen en una elección metodológica apoyada en la administración y gestión de los contenidos en unidades temporales, específicas y vinculadas con objetivos educativos; Alcalá, (3) contribuye a la conceptualización del micro aprendizaje como una singularidad de aprendizaje mediada a través de unidades minúsculas, en tanto que Halanocca, (4) estudian sus patrimonios en hábitats de aprendizaje digital y abierto; su aplicación en Educación Básica Superior y Bachillerato puede viabilizar la distribución de la información en esferas didácticas adaptables, escoltadas de actividades prácticas, preguntas y retroalimentación; sin embargo, la brevedad de los contenidos no garantiza por sí misma un aprendizaje perpetuo, por ello resulta importante diseñar experiencias que considere los conocimientos previos, el peso cognitivo y las características del desarrollo académico; bajo esta tesis, Chileno, (5) plantea que el desarrollo de la instrucción debe reflexionar las restricciones de la memoria de trabajo para evadir demandas cognitivas innecesarias, en tanto que para Gómez, (6) es primordial el aprendizaje multimedia y transmedia a través de la mediación de principios encaminados a organizar de modo adecuado palabras, imágenes y otros recursos que viabilicen favorecer la comprensión.

La recuperación significativa complementa del micro learning a través de actividades que solicita al estudiante evocar información de manera previa y analizada, es decir, responder preguntas sin consultar ningún tipo de material auto instruccional, explicar conceptos con sus propias palabras, pero sobre todo aprender a resolver ejercicios vinculados con los contenidos curriculares; Bravo Quezada, (7) aportó elementos experimentales para entender la retención y el olvido, en tanto que Suin, (8) demostraron que recuperar información a través de la mediación de pruebas puede favorecer su retención a largo plazo; de igual forma para Aguilar, (9) la práctica de recuperación y la práctica distribuida entre las técnicas de aprendizaje ofrecen una mayor utilidad cognitiva, en tanto para Freire, (10), a través de una revisión cuantitativa de investigaciones, respaldaron la necesidad de redistribuir las micro sesiones de aprendizaje en el tramado del tiempo; estos aportes sostienen la incorporación de preguntas breves, ejercicios de vocación y evaluaciones diferidas como programaciones para estudiar la conservación de los conocimientos alcanzados en Educación Básica Superior y Bachillerato.

En Ecuador y Latinoamérica, las múltiples investigaciones evidencia en el micro learning como una estrategia pedagógica contribuye a la retención de conocimientos, así como al procesamiento de información; sin embargo, aún persiste una brecha investigativa con respecto a a su vínculo con la atención sostenida y la recuperación activa a través de múltiples evaluaciones diferidas en educación General básica; bajo esta reflexión objetiva, el estudio aporta evidenciar cuantitativa sobre la incorporación de micro sesiones, preguntas de vocación y evaluaciones diferidas como

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

estrategias didácticas que contribuyan al robustecimiento de la permanencia atención al y la retención de aprendizajes en los contextos educativos.

Bajo esta perspectiva, el concepto de micro learning inteligente se concibe en este estudio como una propuesta didáctica que gestiona micro contenidos según los objetivos curriculares, las necesidades educativas y las evidencias del desempeño estudiantil; esta designación representa una adherencia metódica que deberá precisarse y evaluarse; los recursos digitales y las herramientas de inteligencia artificial pueden aportar a la elaboración de preguntas, ejemplos diferenciados y retroalimentación oportuna, siempre bajo la orientación del docente y con atención a la protección de datos, la sensibilidad y la pertinencia curricular; así la propuesta vinculada a la organización de contenidos breves con la recuperación activa y la evaluación del aprendizaje con el propósito de favorecer experiencias educativas perceptibles, interactivas y atemperadas a las necesidades de los estudiantes en Educación Básica Superior y Bachillerato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con alcance descriptivo y el diseño no experimental de corte transversal, orientado a identificar las dificultades de atención sostenida y retención del aprendizaje evidentes en los docentes, así como su predisposición para implementar el micro learning inteligente y la recuperación activa en las instituciones de Educación General Básica; el presente estudio se desarrolló durante los meses de julio a agosto del año lectivo 2026 en la Unidad Educativa Ángel Polibio Chávez, que se halla ubicada en la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar; donde la población estuvo conformada por 129 docentes de Educación General Básica Superior y Bachillerato, de ello se seleccionaron 27 participantes con mayor recorrido en este ejercicio docente que consistió en diseñar un listado completo de los docentes que cumplían con criterios de inclusión, mediante un código individual a cada integrante y permitió considerar la selección con la finalidad de viabilizar su participación; de manera tal que la muestra estuvo integrada por docentes con experiencia profesional y pertenecientes a las diferentes áreas de enseñanza, con formación en Educación Básica y cursos en tecnología de información y comunicación, tecnología de aprendizaje y conocimiento.

La recolección de información se realizó a través de un cuestionario estructurado de 10 ítems, distribuidos en dos dimensiones: dificultades de atención, memoria y aprendizaje percibidas por los docentes, correspondientes a los ítems 1 al 6; y aceptación y disposición para implementar estrategias de micro learning inteligente y recuperación activa, correspondiente a los ítems 7 al 10; el instrumento aplicado mediante la escala de Likert con (5) categorías, desde totalmente de acuerdo (5) hasta totalmente en desacuerdo (1), para explorar aspectos vinculados con la concentración, distracción, olvido de contenidos, recuperación de conocimientos previos, aplicación de aprendizajes, actividades expositivas, utilización de micro contenidos, recursos digitales, inteligencia artificial y preguntas periódicas de recuperación; debido a que los ítems 6,

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

7 y 9 incorporaron planteamientos que podrían involucrar más de un aspecto de valoración, se consideró esta característica como una limitación en la interpretación individual de las respuestas.

La validez de contenidos del instrumento se estableció a través del juicio de dos expertos, seleccionados por su formación académica y experiencia en las áreas de metodología de la investigación, psicometría, pedagogía y tecnologías educativas; su valoración contempló diversos criterios de claridad, pertinencia, coherencia y relevancia, a través de una escala ordinal de cuatro puntos (1 = no cumple; 2 = cumple parcialmente; 3 = cumple satisfactoriamente; 4 = cumple plenamente) y el índice de validez: coeficiente V de Aiken, con criterio de aceptación mayor a 0.80 para establecer los ajustes correspondientes, a continuación se efectuó una prueba piloto con 10 docentes de la misma institución, que llevan un tiempo de trabajo entre uno y cinco años, con el propósito de examinar la comprensión de los enunciados, la secuencia de las preguntas y el tiempo requerido para responder; la consistencia interna se determinó mediante el coeficiente alfa de cromos, cuyo resultado fue ($\alpha$ = 0,89), que fue considerado acorde con los criterios de confiabilidad del instrumento.

La aplicación definitiva del cuestionario se efectuó durante los meses julio y agosto del año 2026, bajo la modalidad virtual, mediante Google Forms electrónico, las respuestas se organizaron en una matriz de datos que se procesó mediante el software Excel; el análisis estadístico descriptivo contempló frecuencias absolutas *(fa),* y relativas porcentuales *(fr)*, calculadas a través de la fórmula *fr (%) = (fa/N) x 100,* donde *fa* representa el número de respuestas en cada categoría y *N* responde al total de participantes, de manera adicional, se calcularon la media aritmética y la desviación estándar para cada ítems y dimensión, con la finalidad de identificar las tendencias centrales y la dispersión de la respuestas; los resultados organizaron en tablas individuales una matriz horizontal comparativa, que facilitó la interpretación de las percepciones docentes sobre las dificultades cognitivas el aceptación de las estrategias didácticas investigadas.

En el componente ético, la investigación conto con la autorización del consejo directivo de la unidad educativa, en oficio (APCH, 00679-R-S); los participantes recibieron información sobre los objetivos, procedimientos y finalidad académica del estudio, y expresaron su consentimiento informado previo a la intervención en el cuestionario; de esta manera se garantizó la participación voluntaria, la confidencialidad de la respuestas así como el tratamiento de la información exclusiva con fines académicos y científicos, conforme a los principios éticos aplicados a la investigación educativa.

## RESULTADOS

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Tabla 1. Resultados del cuestionario sobre micro learning inteligente y recuperación activa***

| Escala Likert | P1 fa | P1 fr (%) | P2 fa | P2 fr (%) | P3 fa | P3 fr (%) | P4 fa | P4 fr (%) | P5 fa | P5 fr (%) | P6 fa | P6 fr (%) | P7 fa | P7 fr (%) | P8 fa | P8 fr (%) | P9 fa | P9 fr (%) | P10 fa | P10 fr (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo (5) | 12 | 44,44 | 9 | 33,33 | 10 | 37,04 | 8 | 29,63 | 7 | 25,93 | 8 | 29,63 | 13 | 48,15 | 15 | 55,56 | 9 | 33,33 | 12 | 44,44 |
| De acuerdo (4) | 10 | 37,04 | 11 | 40,74 | 10 | 37,04 | 12 | 44,44 | 11 | 40,74 | 10 | 37,04 | 10 | 37,04 | 9 | 33,33 | 11 | 40,74 | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) | 3 | 11,11 | 4 | 14,81 | 4 | 14,81 | 4 | 14,81 | 5 | 18,52 | 5 | 18,52 | 3 | 11,11 | 2 | 7,41 | 4 | 14,81 | 3 | 11,11 |
| En desacuerdo (2) | 2 | 7,41 | 3 | 11,11 | 2 | 7,41 | 2 | 7,41 | 3 | 11,11 | 3 | 11,11 | 1 | 3,70 | 1 | 3,70 | 2 | 7,41 | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo (1) | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 3,70 | 1 | 3,70 | 1 | 3,70 | 1 | 3,70 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 3,70 | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 | 27 | 100,00 |

***Nota:*** La tabla muestra la distribución de las frecuencias absolutas (*fa*) y relativas (*fr*), de ellas 27 respuestas de docentes en Educación Básica Superior y Bachillerato a los diez ítems del cuestionario, a través de una escala de Likert de cinco niveles, desde totalmente de acuerdo, hasta totalmente en desacuerdo; donde los porcentajes se derivaron en base del total de participantes y permitieron identificar las tendencias de percepción del docente con respecto a las problemas de atención y retención del aprendizaje, así como la pertinencia y disposición para implementar el micro learning inteligente y la recuperación activa, luego de ello, se organizó cada una de las preguntas de manera independiente, donde se hace énfasis en cada pregunta transformadas en títulos.

***Tabla 2. Dificultades para mantener la atención durante las actividades escolares***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 12 | 44,44 |
| De acuerdo | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 3 | 11,11 |
| En desacuerdo | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 |

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Nota*:** los datos obtenidos muestran a 22 docentes que representan el (81,48 %) que están de acuerdo o totalmente de acuerdo con que los estudiantes muestran dificultades para mantener la atención durante las actividades escolares; tres docentes que representa el (11,11%) mantiene una posición imparcial y 2 (7,41%) discrepan; estos resultados sugieren que la atención sostenida se constituye en una dificultad percibida por la mayoría de los profesores, situación que justifica explorar actividades breves, sistematizadas y participativas para favorecer la concentración en este ecosistema áulico.

***Tabla 3. Distracción ante estímulos externos y dificultad para retomar las tareas.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 9 | 33,33 |
| De acuerdo | 11 | 40,74 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 | 14,81 |
| En desacuerdo | 3 | 11,11 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los resultados muestran a 20 docentes que representan el (74,07%) que reconocen dificultades vinculadas con la distracción y la recuperación del ritmo de trabajo; 4 representan el (14,81%) y mantienen una posición imparcial en tanto, 3 representan el (11,11%) que están en desacuerdo; se evidencia una tendencia que permite plantear la necesidad de organizar actividades con instrucciones claras, objetivos específicos y tiempos definidos acompañados de preguntas que ayuden a recuperar el tejido de la tarea pedagógica después de una interrupción.

***Tabla 4. Olvido de los contenidos estudiados en clases anteriores.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 10 | 37,04 |
| De acuerdo | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 | 14,81 |
| En desacuerdo | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los resultados observados en estos 20 docentes que representan el (74,07%) perciben que los estudiantes olvidan con rapidez los contenidos de manera previa estudiados; 4 que representan el (14,81%) manifiestan una posición imparcial y 3 que representan el (11,11%) generan disconformidades; este resultado plantea la necesidad de fortalecer los conocimientos a través de preguntas de recuperación, repasos espaciados y actividades de aplicación, con la finalidad de fortalecer la consolidación y la disponibilidad posterior de la información aprendida.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Tabla 5. Dificultades para recordar y explicar los conocimientos adquiridos.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 8 | 29,63 |
| De acuerdo | 12 | 44,44 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 | 14,81 |
| En desacuerdo | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los resultados obtenidos muestran a 20 docentes que representan el (74,07%) están de acuerdo o totalmente de acuerdo con que los estudiantes presentan dificultades para recordar y explicar con sus propias palabras los conocimientos adquiridos; 4 que representan el (14,81%) se mantiene neutral y 3 que representan el (11,11%) expresan desacuerdo; esta tendencia sugiere la conveniencia de incorporar actividades que exijan la recuperación de información sin consultar de manera inmediata los materiales, elaborar explicaciones intrapersonales y correlacionar los conocimientos nuevos con los aprendizajes anteriores.

***Tabla 6. Dificultades para comprender y aplicar los conocimientos escolares.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 7 | 25,93 |
| De acuerdo | 11 | 40,74 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 5 | 18,52 |
| En desacuerdo | 3 | 11,11 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** a partir de los datos obtenidos, 18 docentes que representan el (66,67%) considera que aún existen dificultades para comprender y aplicar los conocimientos en actividades y problemas escolares; 5 que representan el (18,52%) aún mantienen una posición neutral y 4 que representan el (14,81%) manifiestan desacuerdo; estos resultados permite codificar una posible necesidad de fortalecer la transferencia del aprendizaje a través de la aplicación de ejercicios breves, resolución de situaciones contextualizadas y explicaciones que relacione los conceptos con experiencias cercanas a los estudiantes.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Tabla 7. Actividades extensas y predominantemente es positivas como dificultad para el aprendizaje.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 8 | 29,63 |
| De acuerdo | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 5 | 18,52 |
| En desacuerdo | 3 | 11,11 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los datos recogidos de 18 docentes que representan el (66,67%) reconoce que las actividades extensas y de manera predominante expositivas dificultan la intervención educativa y la concentración de los estudiantes; 5 que representan (18,52%) mantienen una postura imparcial y 4 que representan el (14,81%) se mantienen a aun en desacuerdo; a partir de esta perspectiva, la distribución propende a revisar la organización y la planificación de las clases e incorporar espacios con explicaciones temporales, así como fortalecer la participación activa, la aplicación práctica y una permanente retroalimentación, sin asumir que toda actividad prolongada resulte perjudicial para el aprendizaje.

***Tabla 8. Necesidad de incorporar micro contenidos, actividades breves y preguntas de recuperación***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 13 | 48,15 |
| De acuerdo | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 3 | 11,11 |
| En desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los resultados reconocen a 23 docentes que representan el (85,19%) y consideran importante incorporar a los micro contenidos, actividades breves y preguntas de recuperación para mejorar los procesos de enseñanza_aprendizaje; 3 que representan el (11,11%) mantienen una posición imparcial y 1 que representa el (3,70%) manifiesta estar en desacuerdo; esta tendencia caracteriza una valoración favorable hacia la innovación didáctica y es apoyada por la pertinencia ante el diseño de un proceso de mediación pedagógica y de intervención educativa que articule contenidos breves, recuperación activa y retroalimentación, cuya efectividad deberá comprobarse a través de su aplicación sistémica.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Tabla 9. Disposición docente para aplicar micro learning inteligente y recuperación activa***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 15 | 55,56 |
| De acuerdo | 9 | 33,33 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 2 | 7,41 |
| En desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los siguientes datos reflejan que 24 docentes quienes representan el (88,89%) manifiestan una disposición favorable para aplicar el micro learning inteligente, así como la recuperación activa; 2 que representan el (7,41%) mantienen una posición imparcial y 1 que representa el (3,70%) expresa desacuerdo; esta distribución reconoce una posible aceptación de la propuesta por parte del profesorado, aspecto que podrían viabilizar su implementación institucional, empero, debe disponerse de la mediación de orientaciones metódicas, recursos didácticos y material auto instruccional pertinente, así como mecanismos de seguimiento a los resultados que se van haciendo evidentes.

***Tabla 10. Recursos digitales e inteligencia artificial para diseñar micro contenidos atemperados.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 9 | 33,33 |
| De acuerdo | 11 | 40,74 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 4 | 14,81 |
| En desacuerdo | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 | 3,70 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los resultados muestran que 20 docentes, quienes representan el (74,07%) reconoce que los resultados digitales y las herramientas de inteligencia artificial, con orientación pedagógica, pueden contribuir al diseño de micro contenidos adaptados; 4 que representan el (14,81%) mantienen una posición imparcial, en tanto que 3 que representan el (11,11%) expresan estar en desacuerdo; esta tendencia muestra una percepción favorable hacia el uso educativo de la tecnología, cuya incorporación requiere de manera necesaria considerar la pertinencia curricular, la protección de datos, la accesibilidad y la supervisión docente para evitar que las herramientas digitales se conviertan en un fin en sí mismas.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

***Tabla 11. Preguntas breves y evaluación diferida para comprobar la retención del aprendizaje.***

| *Ítems* | *fa* | *fr (%)* |
|---|---|---|
| Totalmente de acuerdo | 12 | 44,44 |
| De acuerdo | 10 | 37,04 |
| Ni de acuerdo ni en desacuerdo | 3 | 11,11 |
| En desacuerdo | 2 | 7,41 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Total | 27 | 100,00 |

***Nota*:** los datos evidencian que 22 docentes que representan el (81,48%) valoran de manera favorable el aplicación periódica de preguntas breves, ejercicios de recuperación y evaluaciones diferidas para identificar cuando son competentes para recordar a los estudiantes después de varios días; 3 que representan el (11,11%) mantienen una posición imparcial y 2 que representan el (7,41%) están en desacuerdo; esta tendencia respalda la incorporación de evaluaciones posteriores a la enseñanza inicial, debido a que permite observar la permanencia del conocimiento y orientar esfuerzos oportunos; además, ofrecen un indicador objetivo de retención frente a una prueba aplicada de manera inmediata después de la clase.

## DISCUSIÓN

El análisis de resultados del artículo micro learning inteligente y recuperación activa para fortalecer la atención sostenida y la retención del aprendizaje en las instituciones Educación Básica Superior y Bachillerato articula las previsiones observables en el cuestionario aplicado en torno a los fundamentos de la psicología cognitiva, las ciencias de aprendizaje, la didáctica y las tecnología de aprendizaje y conocimiento, para ello, se evidencia en ponderaciones documentadas en las diez preguntas como una esfera dotadora de estudio.

En correspondencia con la atención sostenida, el ítem uno que representa la máxima representación ponderal a las respuestas favorables en relación con la afirmación de que los estudiantes muestran conflictos para sostener la atención en el transcurso pedagógico y actividades didácticas; este resultado guarda correspondencia conceptual con los aportes de Holguin-Merchan, Holguín (11), quienes reconocen que la atención a través de sistemas neuronales diferenciados intervienen en la orientación, vigilancia y control atenciónal, mientras que para Cobos Villamagua, (12), ahondan en las dinámicas de control de la atención y sus discrepancias en el proceso de aprendizaje; a partir de esta representación, la gestión de actividades transitorias, estructuradas y con objetivos predefinidos podría viabilizar la focalización de los estudiantes, aun cuando la eficiencia de dicha estrategia deberá atemperarse a través de observaciones pedagógicas directas y mediciones educativas.

Los resultados coinciden con los hallazgos de Holguín-Merchán quien destaca la intervención de sistemas neuronales diferenciados entorno la orientación, vigilancia y control de la atención, así como Cobos-Villamagua, cuyos estudios evidencian dificultades de los mecanismos de control atenciónal durante el aprendizaje; estas coincidencia respaldan la necesidad de implementar actividades didácticas que sean rápidas, estructuradas y con objetivos predefinidos para de esa manera favorecer la atención sostenida, cuya efectividad deberá atemperarse a través de observaciones inmediaciones pedagógicas.

En relación a la distracción ante estímulos externos, el ítem dos registra un valor porcentual elevado de respuestas de acuerdo y totalmente de acuerdo, que insinúa, acorde con las secuelas alcanzadas, una percepción docente de conflictos para conservar el foco atenciónal y retomar los trabajos escolares; esta tendencia puede descifrarse a la luz del teórico Cobos-Villamagua, S. L. (13), cuyo paradigma de memoria de trabajo admite comprender las restricciones para sostener y manejar información durante una determinada actividad, y de Medina, (14), quien sustenta que la memoria de trabajo depende de una habilidad atenciónal condicionada; por tanto, la segmentación pedagógica de contenidos espaciosos, escoltada de instrucciones claras y pausas para restaurar la información, se constituye en una opción didáctica moderada que debe atemperarse a la edad, contexto formativo y necesidades cognitivas de los estudiantes.

Aquí los resultados coinciden con Cobos-Villamagua quienes relación a la memoria de trabajo con el control atenciónal; sus aportes respaldan la segmentación de contenidos, sobre todo de instrucciones claras con la finalidad de reducir las distracciones durante la apropiación de significado y sentido intelectivo.

En correspondencia al olvido de contenidos estudiados en clases previas, en el ítem tres manifiesta un porcentaje elevado de respuestas favorables, en tanto que el ítem cuatro presenta la misma ponderación con respecto a las dificultades para recordar y presentar conocimientos a partir de su propia interpretatividad; estas tendencias evidentes pueden relacionarse con Javela-Castillo, (15), cuyos estudios sobre la memoria y el olvido evidencian que la retención diversa con el transcurso del tiempo, y con Zugarramurdi, (16), quien diferenció sistemas y procesos de memoria, donde recalca la importancia que tienen las disposiciones de recuperación; en tanto, la revisión espaciada de los contenidos y el recobro activo a través de interrogaciones, esclarecimientos vertiginosos y ejercicios sin la necesidad de forjar una aclaración inmediata de los materiales auto instruccionales podría favorecer y robustecer la accesibilidad de los conocimientos aprendidos.

Los resultados coinciden con Javela-Castillo y Zugarramurdi quienes explican los procesos de retención de recuperación de la memoria; su soporte respalda la revisión espaciada y la recuperación activa con la finalidad de fortalecer el recuerdo de los aprendizajes.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

En tanto, el predominio de respuestas propicias también puede entenderse desde la teoría de la carga cognitiva del Sobarzo-Ruiz, (17), según la cual los requerimientos de procesamiento deben atemperarse a los recursos restringidos de la memoria de trabajo; de esta manera, presentar la información en micro contenidos sistémicos, con ejemplos de actividades de confusión gradual, podría reducir las demandas innecesarias y beneficiar la comprensión; adicional a ello teóricos como Barrera, (18) a través de la teoría cognitiva del aprendizaje transmedia, sustentan que la elección y administración de palabras e imágenes favorecen al procesamiento de la información cuando los materiales auto instruccionales se delinean de modo consistente con los objetivos educativos por ello, el micro learning inteligente debería prevalecer la pertinencia didáctica de los contenidos, en lugar de restringirse a comprimir su permanencia o implementar complementos digitales de modo indiscriminado.

Los resultados concuerdan con Sobarzo-Ruiz y Barrear, quienes resaltan la importancia de administrar la carga cognitiva y amalgamar palabras e imágenes; sus resultados aportan el uso de micro contenidos pertinentes para robustecer la comprensión y el aprendizaje.

En el ítem seis, un porcentaje alto de las respuestas observadas evidencia que las acciones pedagógicas prolongadas y de manera predominante expositivas limita la mediación didáctica y discernimiento; este descubrimiento temporal incita a examinar la gestión estacional y metódica de las prácticas educativas, sin concluir que toda explicación docente dilatada es inadecuada; García-Ochoa, (19) conceptúa que el micro learning como una administración de unidades vertiginosas de aprendizaje que pueden integrarse en micro secuelas didácticas prolongadas, en tanto que Cacay, (20) analiza su utilidad en hábitats de aprendizaje; estas contribuciones respaldan la indagación de micro contenidos como componentes de una programación organizada, siempre que se conserve la prolongación curricular, profundidad conceptual y la adhesión con los objetivos de aprendizaje previstos.

Los efectos concuerdan con los estudios presentados por García-Ochoa y Cacay, quienes recalcan la utilidad del micro learning a través de la mediación de unidades rápidas y organizadas para fortalecer la mediación didáctica, sin descuidar la cognición conceptual y los objetivos aprendizaje.

En correspondencia con la recuperación activa, el ítem siete pondera un porcentaje significativo de respuestas positivas ante la necesidad de implementar micro cápsulas cognoscitivas de interrogaciones de recuperación, en tanto que el ítem ocho presenta una ponderación mayor de disposición docente para aplicar estas estrategias; al interior de los resultados, constituyen las tendencias activas del interrogatorio exploratorio; estos datos insinúan una posible aprobación de técnicas didácticas que promueven la intervención cognitiva de los estudiantes; sin embargo, la disposición declarada por los docentes no equivale a la implementación eficiente ni señala resultados de aprendizaje; en torno a la investigación de Freire, F. J. G., Soria, R. M., Chiluiza, Á. L. C., Chugchilan, J. D. R. V., & Tite, M. R. C. (21) se mostró que recobrar información mediada por

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

pruebas puede asistir la conservación a largo plazo, en tanto para Sánchez, (22) menciona que si es posible identificar la pragmática de recobro, así como la práctica distribuida entre las técnicas de aprendizaje con respaldo empírico-analítico notable; por tanto, se plantea incluir interrogaciones breves, exámenes de bajo riesgo y actividades pedagógicas explícitas, sin consultar de modo inmediato los materiales didácticos y pedagógicos entregados, con retroalimentación posterior para reparar fallas y consolidar conocimientos intelectivos.

Sus estudios coinciden con Freire y Sánchez, quienes acentúan la preocupación activa y la práctica redistribuirá para vigorizar la retención a largo plazo; sus hallazgos respaldan el uso de preguntas breves y evoluciones de bajo riesgo con retroalimentación posterior.

En torno a la recuperación activa alcanza mayor potencial cuando se amalgama con la repartición estacional de las actividades formativas, en lugar de concentrar todos las verificaciones en una única sesión académica, en este ámbito Brenes, (23) y otros esquematizaron certezas sobre los beneficios de la práctica organizada por la evocación verbal, aquello defiende la inclusión de exploraciones luego de pausas planificadas; por su parte Cujilan Cruz, (24) desarrollaron el concepto de conflictos codiciados para revelar que algunas circunstancias de aprendizaje que demandan esfuerzo pueden beneficiar una conservación extensa, de esta manera, las preguntas de recuperación pueden emplearse al finiquitar una micro lección y retomarse de modo posterior, que permitirá acrecentar de modo progresivo la complejidad y ajuste a los intervalos y peculiaridades de los contenidos y de los estudiantes.

Aquí, en las derivaciones concuerdan con Brenes y Cujilan-Cruz, quienes acentúan los beneficios de la práctica distribuida y la recuperación a través de bríos cognitivos; sus contribuciones respaldan la aplicación habitual de preguntas para robustecer la retención del aprendizaje.

En el ítem nueve, una ponderación importante de la contestaciones reconoce que los materiales digitales y las herramientas de inteligencia artificial, manejados con orientación pedagógica, puede favorecer al diseño de micro contenidos atemperados a las necesidades del aprendizaje; esta percepción es pertinente para reconocer la utilidad educativa de tecnologías capaces de gestionar información comprensible, promover respuestas y brindar retroalimentación; no obstante, la tecnología de información y comunicación debe someterse a ciertos criterios pedagógicos, reconocimiento docente, accesibilidad y protección de datos, pues la reproducción mecanizada de materiales no responde a su regularidad ni su pertinencia curricular; desde la perspectiva del Martín Medina, (25), los recursos multimedia y transmedia deben delinearse conforme a principios cognitivos; en tanto, estas herramientas de inteligencia artificial pueden emplearse como apoyo para producir adaptaciones transitorias de contenidos, fabricar preguntas de distinta complejidad y plantear ejercicios de adiestramiento diferenciados, siempre bajo el monitoreo profesional y confirmación de la respuestas generadas.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

Los resultados de sus estudios coinciden con Martín-Medina, quienes destacan la importancia de diseñar recursos de material auto instruccional a través de la multimedia acorde a principios cognitivos; sus aportes respaldan la utilización pedagógica de herramientas de inteligencia artificial que permiten atemperar contenidos y fortalecer el aprendizaje bajo el peritaje docente.

El ítem diez evidencia un porcentaje de respuestas providenciales a la aplicación habitual de preguntas transitorias, ejemplos de recuperación y valoraciones diferidas; esta tendencia simulada vigoriza la necesidad de distinguir entre acordarse de modo rápido luego de una explicación y suspender la información después de un determinado intervalo; donde Mosquera, (26) suministran antecedentes experimentales para analizar el olvido, en tanto que Flores-Hinostroza, (27) contribuyó a revelar los procesos de memoria y recuperación; en relación con estos planteamientos, se recomienda distribuir las interrogatorios en diferentes instantes, inspeccionar las contradicciones y utilizar las faltas para situar nuevas oportunidades de aprendizaje; de esta manera, la estimación diferida puede adjudicarse una función formativa, dado que permite registrar contenidos afianzados, conflictos perseverantes y necesidades de refuerzo, en lugar de restringirse a calificar la reproducción inmediata de información útil.

En este caso, los resultados concuerdan con Mosquera y Flores-Hinostroza, quienes abordan los procesos del vídeo recuperación de la memoria; sus aportes respaldar las evaluaciones diferidas que permiten identificar aprendizajes consolidados y necesidades de refuerzo.

En cuanto a la interpretación de estas tendencias es posible considerar las condiciones en las que se desarrolla la atención durante las actividades escolares; es satisfactoria la restricción de la atención dividida y los conflictos para procesar de modo sincrónico algunos trabajos autónomos que solicitan intervención cognitiva, ello permite sugerir que la implementación de recursos digitales debe soslayar estímulos irrelevantes, así como cambios permanentes; en cuanto a la práctica distribuida y sus discrepancias para el aprendizaje, aporta elementos formativos y disciplinarios para gestionar el estudio por separado de modo temporal; por su parte Sarango-Chillo, (28) recalcan la correlación entre pensamiento, memoria y conocimientos previos, ello ampara la necesidad de delinear micro contenidos que enlacen con aquello que el estudiante conoce; desde una representación adaptable Intriago-Alarcón, (29) plantea orientaciones para sujetar el conocimiento sobre el cerebro con las prácticas formativas; sus propuestas pueden integrar la deliberación pedagógica aunque deban disentir con certeza empírica específica y evadir comentarios abreviados de desarrollo cerebral.

## CONCLUSIÓN

En relación con el objeto de estudio, se concluye que el micro learning inteligente y la recuperación activa establece una propuesta pedagógica que es pertinente para atender las dificultades de atención sostenida y retención del aprendizaje en Educación Básica Superior y Bachillerato; los resultados del cuestionario aplicado 27 docentes permitieron identificar las

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 217-233
DOI:
https://doi.org/10.56519/6vx3d450

dificultades percibidas en estos procesos cognitivos, así como una disposición favorable para incorporar micro contenidos, interrogaciones de recuperación, recursos digitales e inteligencia artificial en la práctica pedagógica; estos descubrimientos cimenta la pertinencia educativa, por tanto, es necesario desarrollar estudios de intervención con mediciones iniciales y posteriores, incluido un post test diferido, que permitan establecer sus efectos en la atención sostenida y la retención de los aprendizajes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vargas-Jiménez FE, RAEY, HA. Estrategia metodológica para potenciar la atención y retención de información en estudiantes de educación básica en áreas rurales. Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa. 2025;4(3):235-243.
2. Marín-Picado B, GFLC, RVOA. Actividad eléctrica cerebral de los mecanismos de mantenimiento de la información en la memoria de trabajo: una revisión sistemática. Revista Costarricense de Psicología. 2025;44(1).
3. Alcalá MD, NAE. Microlearning en el entorno educativo. IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH. 2023;14:e1763.
4. Halanocca GL. El valor del microlearning: construyendo el aprendizaje una lección a la vez. Spirat. Revista Académica de Docencia y Gestión Universitaria. 2024;2(2):87-89.
5. Chileno SCR, SEGT, TJPG, STAA. Optimización del aprendizaje en el aula: estrategias para manejar la carga cognitiva en estudiantes del siglo XXI. Reincisol. 2026;5(9):1502.
6. Gómez RC. Relación entre la capacidad de la memoria de trabajo y el rendimiento en tareas de aprendizaje escolar. Análisis y Modificación de Conducta. 2025;52(189):16-50.
7. Bravo Quezada JH. Microlearning como estrategia de apoyo al modelo de aprendizaje de las instituciones educativas de enseñanza media [tesis de maestría]. 2025.
8. Suin KSQ, RYNP, VMGZ, MJMC. La influencia del microaprendizaje digital en la mejora de retención de contenidos en alumnos de cuarto de EGB, de la Unidad Educativa Jacinto Collahuazo, 2026. Ciencia y Educación. 2026;7(2.1):86-101.
9. Aguilar JAS, CSGS, MMVG, QJ, YCAR. Microlearning, atención sostenida y memoria de trabajo en estudiantes: revisión sistemática neuroeducativa. Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries, and Society. 2026;4(1):1-16.
10. Freire FJG, SRM, CÁLC, CJDRV, TMRC. Microaprendizaje y necesidades educativas específicas: estrategias inclusivas para personalizar el aprendizaje. Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries, and Society. 2026;4(1):1-28.
11. Holguin Merchan YG. Inclusión educativa para estudiantes con dificultades de atención en Educación General Básica. 2023.
12. Cobos Villamagua SL. Estrategias psicopedagógicas para mejorar la atención en estudiantes con bajo rendimiento académico. 2025.
13. Cobos Villamagua SL. Estrategias psicopedagógicas para mejorar la atención en estudiantes con bajo rendimiento académico. 2025.

14. Medina APL. Impacto de la concentración en la eficacia de las actividades físicas en niños de 8 a 9 años. Revista Internacional de Actividad Física. 2026;4(2):22-36.
15. Javela Castillo RD. Integración inadecuada de estudiantes con dificultades de aprendizaje en aulas regulares. 2024.
16. Zugarramurdi C, AMS. La alfabetización y sus dificultades. Ediciones V. & Valle Lisboa. 2023.
17. Sobarzo-Ruiz R. La construcción del aprendizaje: teoría de la carga cognitiva y aprendizaje significativo. Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research). 2023.
18. Barrera MDM. Aportes de la ciencia cognitiva a la comprensión de la cognición. Entretextos. 2024;18(34):316-324.
19. García Ochoa V. Experiencias de niños y niñas sobre las pedagogías tradicionales y su efecto en el rendimiento académico y la motivación. 2026.
20. Cacay MHV, AROC, JCDRY. Secuencias didácticas como estrategias de organización y planificación de experiencias de aprendizaje en los procesos educativos. Revista Social Fronteriza. 2023;3(5):124-143.
21. Freire FJG, SRM, CÁLC, CJDRV, TMRC. Microaprendizaje y necesidades educativas específicas: estrategias inclusivas para personalizar el aprendizaje. Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries, and Society. 2026;4(1):1-28.
22. Sánchez JJA, SJFT, FFIR, ACEV, CADM. Microaprendizajes para mejorar la comprensión de conceptos fundamentales de física y matemática aplicada. Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries, and Society. 2026;4(1):1-29.
23. Brenes O, BVJA. La memorización en los procesos educativos: mecanismos y estrategias de almacenamiento y recuperación de información. Revista Costarricense de Psicología. 2025;44(1).
24. Cujilan Cruz EG. Influencia de la pedagogía activa en la calidad de la recuperación pedagógica. 2025.
25. Martín Medina M. Un viaje hacia la innovación educativa desde la motivación docente con la inteligencia artificial. 2025.
26. Mosquera BPC, BYVI, MDER, AMEL, SREM, BJPU. Un cerebro que aprende. 2026.
27. Flores Hinostroza EM, BAPI. Educación infantil en la era digital: aplicaciones interactivas para el desarrollo cognitivo, comunicativo y socioemocional. 2026.
28. Sarango-Chillo BE. El rol de las emociones en la atención sostenida durante actividades escolares en niños. Space Scientific Journal of Multidisciplinary. 2024;2(2):14-26.
29. Intriago-Alarcón GS, RZAD. Estrategias didácticas para la atención en escolares con necesidades educativas especiales durante el Covid-19. Un estudio de revisión en Ecuador. Tesla Revista Científica. 2022;2(2):e92.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

# RECONSTRUCCIÓN MANDIBULAR MEDIANTE BIOMATERIALES E IMPRESIÓN 3D: INNOVACIÓN QUIRÚRGICA Y LOS RESULTADOS CLÍNICOS

# MANDIBULAR RECONSTRUCTION USING BIOMATERIALS AND 3D PRINTING: SURGICAL INNOVATION AND CLINICAL OUTCOMES

Adrián Sebastián Realpe Flores[1], Carlos Elián Coque Bastidas[2], Jorge Eduardo Cueva Reategui[3], Pablo Esteban Chica Jácome[4]

{od.adrianrealpe@gmail.com[1], od.adrianrealpe@gmail.com[2], od.adrianrealpe@gmail.com[3], pecj232002@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 01//10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La reconstrucción de defectos mandibulares en pacientes con tumores, traumatismos o infecciones es un reto. Aunque el colgajo libre de peroné sigue siendo el estándar en ausencia de comorbilidades relevantes, tiene sus inconvenientes (morbilidad en el sitio donante y dificultades para ajustarlos a formas complejas). Por ello se ha popularizado el uso de técnicas complementarias como la planificación virtual y la manufactura aditiva. También son importantes los biomateriales. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión narrativa de la literatura publicada entre 2021 y 2026 sobre la utilización de biomateriales e impresión 3D en reconstrucciones mandibulares. Se realizaron búsquedas selectivas en PubMed/MEDLINE y PubMed central. También se buscaron en páginas de editores. Se comprobó que los autores y títulos eran los mismos en todas las bases de datos. También se comprueba que los DOI coinciden. Se analizan de manera descriptiva 8 trabajos primarios y 4 revisiones. No se siguió un protocolo sistemático. Tampoco hay metaanálisis. Los estudios clínicos (predominantemente de tipo retrospectivo y de tamaño pequeño/mediano) muestran que las guías de corte y placas pre-diseñadas permiten una reconstrucción precisa. Los implantes personalizados de titanio tienen buenos resultados estéticos y funcionales aunque en un porcentaje relevante se produce exposición de la placa. Los implantes de PEEK (impreso 3D) reducen el tiempo quirúrgico aunque en algunos pacientes se ha tenido que retirar por infección. Los andamios biocerámicos y poliméricos están mayormente en fase preclínica. En definitiva, los sistemas de impresión 3D permiten aumentar la precisión y personalización. Sin**

[1]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-3862-7427, 0996961407
[2]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-5110-7381, 0988313393
[3]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-2177-0009, 0983981079
[4]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-0727-1607, 0980225489

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

**embargo, la evidencia es heterogénea y de bajo nivel. Es necesario realizar estudios comparativos prospectivos con seguimiento prolongado.**

***Palabras clave: reconstrucción mandibular; impresión tridimensional; biomateriales; implantes personalizados; planificación quirúrgica virtual; resultados clínicos***

**ABSTRACT: The reconstruction of mandibular defects in patients with tumors, trauma, or infections is a challenge. Although the free fibula flap remains the standard in the absence of relevant comorbidities, it has its drawbacks (donor-site morbidity and difficulties in adapting it to complex shapes). For this reason, the use of complementary techniques such as virtual planning and additive manufacturing has become more widespread. Biomaterials are also important. The aim of this work is to provide a narrative review of the literature published between 2021 and 2026 on the use of biomaterials and 3D printing in mandibular reconstructions. Selective searches were carried out in PubMed/MEDLINE and PubMed Central. Publisher websites were also searched. It was verified that the authors and titles were the same across all databases. It was also confirmed that the DOIs matched. Eight primary studies and four reviews were analyzed descriptively. No systematic protocol was followed. Nor was there a meta-analysis. Clinical studies (predominantly retrospective and small/medium-sized) show that cutting guides and pre-designed plates allow accurate reconstruction. Customized titanium implants have good aesthetic and functional outcomes, although plate exposure occurs in a significant percentage. PEEK implants (3D printed) reduce surgical time, although in some patients they have had to be removed due to infection. Bioceramic and polymeric scaffolds are mostly in the preclinical phase. In short, 3D printing systems make it possible to increase precision and personalization. However, the evidence is heterogeneous and of low quality. Prospective comparative studies with long-term follow-up are needed.**

***Keywords: mandibular reconstruction; three-dimensional printing; biomaterials; patient-specific implants; virtual surgical planning; clinical outcomes***

## INTRODUCCIÓN

La mandíbula es el único hueso móvil del complejo craneofacial. Además de su función respiratoria y masticatoria, tiene una función en la articulación del habla y en la estética facial (1,2). La alteración de su continuidad (por tumores, traumatismos, infecciones o malformaciones congénitas) causa problemas funcionales y estéticos y repercusiones psicológicas (1,2). Las causas más frecuentes de reconstrucción son traumatismos y resecciones oncológicas (2).

Las posibilidades de reconstrucción son placas de reconstrucción, injerto óseo no vascularizado y colgajo libre vascularizado (2). El uso de placas de titanio es fácil de aplicar; sin embargo, hay inconvenientes (exposición de placa, retracción de tejidos blandos e inflamación crónica) (2). En un trabajo de revisión sistemática que analizaba diferentes opciones de reconstrucción en cáncer

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

de cabeza y cuello (basado en 93 artículos), se concluía que en pacientes sin comorbilidades significativas el colgajo óseo microvascular es la mejor opción (3). También existen metaanálisis que han analizado las complicaciones entre reconstrucción con placa-colgajo de tejido blando y reconstrucción ósea (4), así como la supervivencia de los diferentes colgajos óseos vascularizados (5). El colgajo libre de peroné (que es el de uso mayoritario) tiene inconvenientes (morbilidad en el sitio donante y poca flexibilidad para adaptarse a contornos mandibulares complejos) (1).

Desde la deformidad "Andy Gump" nos hemos ido hacia un concepto de "jaw-in-a-day" (6). Los avances en la planificación virtual de estas intervenciones (VSP, por sus siglas en inglés) permiten a partir de imágenes tomográficas computarizadas realizar simulaciones de resección y colocación de los segmentos óseos. De este modo se obtienen modelos anatómicos y también guías de osteotomía y placas preflexionadas (7) (8). En un trabajo de tipo serie retrospectivo realizado en nuestro centro terciario (la mayor serie que evalúa la exactitud de la combinación entre VSP, guías en 3D impresas y placa preflexionada) se demuestra que es un método confiable y preciso (nivel de evidencia 4) (7). También se han evaluado el rendimiento clínico de guías quirúrgicas producidas mediante manufactura aditiva en cirugía mandibular (9).

Por otro lado, los sistemas de manufactura aditiva (impresión 3D) permiten extender este paradigma. Además de modelos y guías, también se pueden producir implantes personalizados en distintos tipos de materiales (titanio Ti-6Al-4V ELI y polímeros, como la polieteretercetona (PEEK)), además de andamios (biocerámicos o poliméricos) (2,10). Desde un punto de vista biomecánico, el titanio tiene un módulo elástico bastante mayor que el hueso cortical (aproximadamente 110 frente a 18 GPa), lo que mejora el apantallamiento de tensiones. Por el contrario, el PEEK tiene un módulo elástico similar al hueso (3-4 GPa) (1). En una revisión estructurada de 77 trabajos publicados entre 2020 y 2025 se concluye que la técnica más utilizada para implantes de titanio y plantillas quirúrgicas es la fusión de lecho de polvo. En cuanto a implantes de PEEK en reconstrucciones mandibulares hay todavía poca información (2). Por otra parte, en una revisión de alcance (32 artículos) los materiales más empleados en implantes mandibulares mediante manufactura aditiva son la policaprolactona (31%) y las aleaciones de titanio (22%) (10). Asimismo, se ha realizado una revisión cuantitativa de estudios in vivo sobre regeneración de defectos críticos en mandíbula mediante andamios compuestos impresos en 3D (11). También existen revisiones narrativas más recientes que abordan aspectos concretos (por ejemplo, en patología de ameloblastoma), en las que se aborda también la planificación virtual e implantes personalizados e incluso uso de inteligencia artificial (12).

Sin embargo, la literatura está dispersa. Se encuentran numerosos trabajos con reporte de casos individuales. También hay trabajos que tratan de manera individual sobre algún tipo de material o técnica específica. Los trabajos de comparación en entornos clínicos son escasos (2). Es necesario hacer una síntesis global de la evidencia clínica sobre implantes de titanio personalizados y PEEK. Además, hay que comparar con el estado de la cuestión preclínico en

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

andamios biocerámicos y poliméricos. De esta forma el clínico podrá conocer qué innovaciones están respaldadas por resultados en pacientes y cuáles no.

Con este fin, se realizó una revisión de la literatura para sintetizar la evidencia disponible (2021-2026) sobre la utilización de biomateriales y técnicas de impresión 3D en reconstrucción mandibular. Se describe el tipo de tecnología y materiales utilizados, resultados obtenidos y complicaciones encontradas. Además se señalan las lagunas de conocimiento que deben ser abordadas en el futuro

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Diseño.* Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada de la literatura científica. Se realizó una síntesis descriptiva de la evidencia sobre reconstrucción mandibular con biomateriales e impresión 3D. En este caso no se trata de una revisión sistemática (no hay registro de protocolo previo), tampoco se ha hecho un recuento de todos los registros identificados. Por ello no se presenta un diagrama de flujo PRISMA. Por tanto, no se muestran datos de identificación, cribado y elegibilidad de registros.

*Pregunta guía.* ¿Cuáles son las tecnologías de impresión 3D y los biomateriales utilizados en reconstrucciones mandibulares entre 2021 y 2026? ¿Cuáles son los resultados clínicos, complicaciones y limitaciones reportadas*?*

*Fuentes y estrategia de búsqueda.* En noviembre de 2026 se hicieron búsquedas específicas con un motor de búsqueda web. Estas llevaban a PubMed/MEDLINE (PubMed), PubMed Central y páginas de los editores (Frontiers, MDPI, Wiley, Elsevier, Springer, etc.). Los términos de búsqueda están en inglés. Se usaron operadores booleanos. Se buscó (mandibular reconstruction OR mandibular defect) AND (3D print OR additive manufacturing OR patient-specific implant OR virtual surgical planning) AND (titanium OR PEEK OR scaffold OR biomaterial) AND (outcome OR complication). También se buscaron aspectos particulares (implantes de PEEK, placas específicas de paciente, andamios de ingeniería tisular, precisión de la planificación virtual).

*Criterios de inclusión.* a) Periodo: 2021-2026. b) Tipo de publicación: artículo revisado por pares (idioma inglés). c) Contenido: reconstrucción mandibular con modelos, guías, placas, implantes o andamios obtenidos por manufactura aditiva o con biomateriales. d) Resultados: debe haber algún desenlace clínico (supervivencia o persistencia del implante, complicaciones, exactitud, duración quirúrgica, función o satisfacción) o en el caso de estudios preclínicos traslacionales algún desenlace de formación ósea. e) Estudios primarios y revisiones sistemáticas (estructuradas).

*Criterios de exclusión.* Resúmenes de congresos, cartas y editoriales. Descripción de un único caso. Estudios sin relación con mandíbula o sin objetivo reconstructivo. Estudios puramente in vitro. Publicaciones previas al año 2021 (no fueron utilizadas como evidencia).

*Verificación de las fuentes.* Se ha cruzado información de autores, título y revista y año de publicación y DOI con el registro de PubMed o PubMed Central o la página web del editor. No se ha incluido ninguna fuente que no pueda ser verificada. Los números de referencia corresponden al orden de aparición en el texto (estilo Vancouver).

*Extracción y síntesis de datos.* Para cada estudio se extrajeron los siguientes datos: tipo de estudio, tamaño de muestra, intervención/material utilizado, grupo de comparación, periodo de seguimiento y desenlaces estudiados (supervivencia del implante, exposición de la placa, infección, extracción, tiempo quirúrgico, precisión, función y satisfacción). Debido a la heterogeneidad de tipos de estudio, materiales y desenlaces evaluados en los diferentes estudios, la síntesis de datos ha sido descriptiva. No se han realizado metaanálisis. Los datos numéricos están expresados según los autores originales.

*Valoración de la calidad.* No se ha utilizado ninguna herramienta formal de valoración de riesgo de sesgo. Se ha registrado el tipo de estudio. Los resultados deben ser interpretados con prudencia teniendo en cuenta la diferencia entre asociación y causalidad. La mayoría de los estudios clínicos son de tipo retrospectivo y con bajo tamaño muestral.

*Corpus analizado.* El corpus principal está compuesto por 12 publicaciones (ocho estudios primarios (1,7,13-18) y cuatro revisiones (2,3,10,11)). El resto de las referencias han sido utilizadas como contexto bibliográfico.

*Consideraciones éticas.* No ha sido necesario obtener el consentimiento informado ni el visto bueno de un comité de ética al tratarse de un análisis de datos publicados.

## RESULTADOS

Descripción del corpus. El corpus central está compuesto por 12 publicaciones (entre 2021 y 2025) (2,3,10,11). De ellas, 8 son estudios primarios (7 clínicos –un estudio de elementos finitos- y un caso clínico), y uno preclínico traslacional (primate). Los otros 4 son revisiones de la literatura. Los estudios clínicos son retrospectivos o series de casos. Los tamaños de muestra oscilan desde 6 pacientes (17) hasta 221 pacientes (con placas específicas de paciente) (14). Ninguno se presenta como ensayo clínico aleatorizado. En la tabla 1 se recogen las características y principales hallazgos de los estudios primarios.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

*Tabla 1. Características y principales hallazgos de los estudios primarios del corpus (2021–2025).*

| Estudio | Diseño y muestra | Intervención o material | Hallazgos principales |
|---|---|---|---|
| Annino et al., 2022 (7) | Serie retrospectiva, centro terciario; reconstrucciones óseas 2015–2020 | VSP, guías de osteotomía impresas en 3D y placa preflexionada | Evaluó la exactitud y los factores que la influyen; respaldada como herramienta fiable y precisa (nivel de evidencia 4) |
| Knitschke et al., 2022 (13) | Retrospectivo monocéntrico; n = 89 | Placas manuales frente a implantes específicos de paciente (titanio, fusión láser) con colgajo de peroné | Análisis de unión ósea y complicaciones de la placa; la exposición y el tipo de placa figuran en el análisis multivariante |
| Yang et al., 2024 (14) | Revisión retrospectiva 2010–2022; n = 221 | Placas específicas de paciente CAD/CAM con colgajo de peroné | Retiro de placa en 11 % (n = 25), 17,4 meses en promedio; exposición externa 10,8 %; sin fracturas de placa |
| Xue et al., 2024 (15) | Elementos finitos y caso clínico | Placas de titanio impresas en 3D frente a placas comerciales (defecto lateral) | Apantallamiento de tensiones no evidente; resultado quirúrgico satisfactorio en el caso presentado |
| Haroun et al., 2023 (16) | Serie; n = 36 (2015–2017) | Prótesis de titanio poroso 3D (CAD-CAM) en pacientes no candidatos a peroné | Altas tasas de exposición y de retiro del implante, sobre todo con afectación de la sínfisis |
| Li et al., 2022 (17) | Serie de casos monocéntrica; n = 6 | Implante de PEEK impreso en 3D | 5 de 6 sin complicaciones y satisfechos; 1 retiro por exposición a los 10 meses |
| Feng et al., 2025 (1) | Retrospectivo comparativo; n = 16 (8 y 8) | PEEK impreso en 3D frente a colgajo de peroné | Tiempo operatorio 322,5 frente a 545 min (p = 0,007); 2 infecciones con retiro en PEEK; sin implantes dentales en PEEK |
| Cao et al., 2021 (18) | Preclínico traslacional en primate | Andamios impresos de PLGA/TCP y TCP, con o sin BMP; hueso prefabricado | Formación ósea regular con TCP-BMP; regeneración y vascularización valoradas por imagen e histología |

VSP: planificación quirúrgica virtual; CAD/CAM: diseño y manufactura asistidos por computadora; PEEK: polieteretercetona; PLGA: ácido poli(láctico-co-glicólico); TCP: fosfato tricálcico; BMP: proteína morfogenética ósea. Fuente: elaboración propia a partir de las referencias citadas.

*Planificación virtual, modelos anatómicos y guías de corte.* El sistema de planificación virtual asociado a guías de osteotomía (impreso 3D) y placa preflexionada es el que mayor grado de integración en la práctica ha sido reportado. En la serie retrospectiva de Annino et al. (reconstrucciones óseas entre 2015-2020 en un centro terciario), se analiza la exactitud de este método (superposición de modelos 3D en tomografías postoperatorias). Se identifican aspectos que influyen en su exactitud. Es considerado como un método confiable y preciso (nivel de evidencia 4). (7) En la revisión estructurada de Turek et al., se menciona que los modelos y guías producidos con manufactura aditiva han mejorado el rendimiento de los injertos autógenos

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

(peroné o cresta ilíaca) asociados a placa de titanio. Los modelos impresos permiten preflexionar la placa previamente a la cirugía. Este tipo de tecnología permite reducir el tiempo de procedimiento. Además, mejora el ajuste. Los resultados estéticos son satisfactorios. Para guías y plantillas las tecnologías más apropiadas son extrusión de material y fotopolimerización en cuba debido a sus limitaciones mecánicas (2). En otros estudios de este periodo se describen guías impresas en ácido poliláctico (análisis de exactitud en reconstrucción con colgajo de peroné) (19). También hay un estudio comparativo entre navegación digital y tecnología de modelos 3D (20). Así también se compara el uso convencional versus impresión 3D en reconstrucción mandibular (21). Entre las limitaciones están el costo de estos métodos. La disponibilidad de equipos y personal capacitado. El tiempo de elaboración (que puede retrasar procedimientos urgentes). Errores en procesamiento de datos o en la conversión al formato STL (2).

*Implantes y placas de titanio personalizados.* Los implantes de titanio producidos por fusión de lecho de polvo son la opción en la que más publicaciones se han encontrado (2). En la revisión de Turek et al. se encontraron implantes de titanio producidos por fusión selectiva por láser o también llamado sinterización directa de metal. Estos implantes presentaban una tasa de integración superior a 90%. Además, tenían pocas complicaciones a corto y mediano plazo y los pacientes estaban muy satisfechos. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los estudios no fue posible hacer un metaanálisis (2). En la serie de Yang et al. se utilizaron placas personalizadas por computador para reconstrucciones con colgajo de peroné. En el 11% de los casos (n=25) fue necesario retirar la placa. El tiempo medio de retiro fue de 17,4 meses. Las causas fueron exposición (76%) y destornillado de los tornillos (24%). En el 10,8% de los pacientes hubo exposición de la placa. No hubo fractura de placa. Las variables que se asociaron a mayor complicación de placa fueron radioterapia postoperatoria (OR=2,27; IC95% 1,07-4,82) e infección del sitio quirúrgico (OR=9,22; IC95% 4,11-21,88) (14). En un estudio retrospectivo monocéntrico en el que se compararon placas manualmente moldeadas frente a implantes de titanio personalizados mediante fusión láser en reconstrucciones con peroné (89 pacientes). Se hizo un análisis multivariante en el que la exposición de placa y el tipo de placa fueron variables relevantes para la unión ósea. Se plantea la importancia del estímulo mecánico funcional para la osificación (13).

*Los implantes de titanio sin colgajo vascularizado tienen un perfil diferente.* Haroun et al. publicaron su experiencia con 36 pacientes intervenidos entre 2015 y 2017. Se utilizaron prótesis de titanio poroso personalizadas. Las indicaciones fueron contraindicación médica de colgajo de peroné (n=13), fracaso de reconstrucción previa (n=7) y rechazo por parte del paciente (n=16). El tipo de lesión fue tumoral primaria (n=9) y osteorradionecrosis (n=19). También hubo casos de reconstrucción secundaria (n=8). Los autores destacan que este enfoque se ha asociado con elevadas tasas de exposición y retiro de implante sobre todo en caso de afectación de la sínfisis (16). Desde un punto de vista biomecánico, Xue et al. han analizado placas de titanio impresas en 3D con diferentes diseños frente a placas comerciales en un defecto lateral utilizando el método de los elementos finitos. No observaron un efecto claro de apantallamiento de tensiones. También mostraron un caso clínico en el que el resultado quirúrgico fue satisfactorio (15).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

*Implantes de polieteretercetona (PEEK).* Los estudios de evidencia clínica con PEEK impresos en 3D son menos. Li et al. describen sus experiencias con 6 pacientes que habían sufrido defectos mandibulares segmentarios y habían sido reconstruidos con implantes de PEEK personalizados. En 5 de ellos no hubo complicaciones, y estaban satisfechos con el aspecto y funcionamiento. En 1 de ellos el implante tuvo que ser retirado por exposición tras 10 meses. En este estudio es importante destacar la estricta selección de casos e importancia de los tejidos blandos (17). Feng et al. hacen un estudio retrospectivo de 8 pacientes tratados con PEEK frente a otros 8 con colgajo libre de peroné (periodo de estudio 2019-2023). Analizan variables como tiempo quirúrgico (menor en PEEK 322,5 ± 158,6 vs 545 ± 119,1 min. p=0,007), pérdida de sangre, drenaje postquirúrgico y disminución de índice de masa corporal (no hay diferencias significativas). Del lado del PEEK en 6 pacientes se consiguió una reconstrucción precisa de la mandíbula y buen funcionamiento oclusal. En 2 pacientes se produjo una infección secundaria y hubo que retirar el implante y realizar un rescate con colgajo de peroné. En otro caso hubo que hacer un desbridamiento por hemorragia. Por otro lado en el grupo de peroné en 1 paciente hubo que retirar la placa por infección. En 2 pacientes se colocaron implantes dentales en seguimiento (en ninguno del grupo PEEK). Los grupos no eran equivalentes en edad (56,3 ± 12,6 años en PEEK frente a 40,8 ± 21,2 en peroné) (1). Coincide con Turek et al. en que son escasos los trabajos de investigación sobre PEEK en reconstrucción mandibular (2).

*Andamios y biomateriales regenerativos.* El análisis de alcance de Winarso et al. aborda 32 artículos después de 2 941 registros en Scopus. Los materiales más utilizados son policaprolactona (31%), aleaciones de titanio (22%) y fosfatos de calcio (13%). Aunque la policaprolactona no puede soportar las cargas aplicadas en estado puro, se plantea su asociación a biocerámicas. En el caso del titanio se destaca su disparejo módulo elástico respecto al hueso lo que lleva a un apantallamiento de tensiones (10). Por otro lado, Dalfino et al. realizan una revisión de la última década de investigación en defectos mandibulares de tamaño crítico utilizando andamios poliméricos o compuestos (manufactura aditiva). Se ha motivado por los problemas que presenta el colgajo de peroné como referencia clínica (11). En un estudio preclínico (primate) Cao et al. han desarrollado andamios impresos de PLGA/fosfato tricálcico y fosfato tricálcico con y sin proteína morfogenética ósea recombinante. Han observado una correcta formación ósea con los andamios de fosfato tricálcico + proteína morfogenética ósea. También han valorado (por imágenes y PET/TC 18F-FDG) los efectos sobre regeneración y vascularización. Es un enfoque prometedor para trasladar a clínica (18). Turek et al. destacan que la mayoría de los trabajos relacionados con andamios mandibulares están basados en modelos animales. Por otro lado, no han encontrado aplicación directa a clínica de andamios cerámicos (inyectando aglutinante) en los últimos 5 años (2).

*Resumen de complicaciones y nivel de evidencia.* Las principales complicaciones que han llevado a retirar el implante en los estudios clínicos son la exposición de la placa y la infección (1,14,16,17). Los porcentajes de complicaciones varían según el tipo de población. Así, en poblaciones con placas específicas y colgajo de peroné se ha encontrado un 10,8% de exposición externa (14). Además, en

ausencia de colgajo vascularizado se describe un alto porcentaje de complicaciones (16). Otros factores asociados han sido la radioterapia postquirúrgica, complicaciones de tipo infeccioso (infección del sitio quirúrgico) y compromiso de la sínfisis (14,16). La mayoría de los estudios tienen un enfoque retrospectivo. Los tamaños muestrales son pequeños o medianos. Los comparadores y desenlaces no están siempre bien reportados. Por ello no es posible hacer una síntesis cuantitativa.

## DISCUSIÓN

Se pone de manifiesto que la impresión 3D se utiliza principalmente en la planificación y creación de guías y placas (y también implantes) apoyándose en sus ventajas de precisión y personalización. Sin embargo, los estudios disponibles son diversos y en su mayoría de tipo retrospectivo y con tamaño reducido. Además, coincide con la revisión estructurada de Turek et al. en que la manufactura aditiva ofrece ventajas en reconstrucciones personalizadas y permite reducir el tiempo del procedimiento. También comparte la importancia de una correcta elección de tecnología y material, especialmente cuando se utilizan en entornos de soporte de carga (2).

El colgajo óseo microvascular sigue siendo el estándar de referencia en pacientes sin comorbilidades significativas (3). Por ello, las innovaciones objeto de análisis en este trabajo pueden considerarse como un complemento (mejora en la ejecución del colgajo mediante uso de guías y placas) o bien como alternativas en pacientes seleccionados. En el caso del titanio personalizado existen buenos resultados en integración y satisfacción (2); sin embargo, existe evidencia de exposición de la placa en cohortes amplias (14) y altas tasas de exposición y retiro de implantes porosos en pacientes sin colgajo vascularizado (16). Esto no es solamente un problema de implante puesto que hay diferencias entre las poblaciones (incluyendo pacientes con contraindicación médica, fracaso de reconstrucciones anteriores, osteorradionecrosis y afectación de la sínfisis) (16). Además, la radioterapia postoperatoria e infección del sitio quirúrgico están asociadas a un mayor número de complicaciones de la placa (14). No obstante, estas son asociaciones observacionales que no implican causalidad.

La ventaja teórica de este tipo de implante es el parecido entre su módulo elástico y el hueso (1). Existe un único estudio de comparación donde se objetiva la reducción de tiempo quirúrgico y la ausencia de morbilidad en el sitio donante (1). Sin embargo, los trabajos tienen un tamaño pequeño, seguimientos cortos y los grupos de comparación no eran equivalentes en edad. La principal causa de fracaso es infección y requieren de rescate con colgajo de peroné (1). En estos estudios los implantes de PEEK no están diseñados para recibir implantes dentales (lo que compromete la función masticatoria a largo plazo) siendo entonces más apropiado utilizar colgajo de peroné en aquellos casos de pacientes jóvenes con intención de rehabilitación dental (1). En un metaanálisis se analiza la supervivencia de implantes dentales tras trasplante vascularizado de peroné (22). Deberá tenerse en cuenta el pronóstico oncológico y el estado de los tejidos blandos y el plan de rehabilitación oral.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Los andamios biocerámicos y poliméricos son los más prometedores en cuanto a abordaje regenerativo. Sin embargo, están en fase experimental, con evidencia básicamente animal (2, 10, 11, 18). Además, tienen problemas de resistencia mecánica y de vascularización en cuanto a su traslación. En la literatura también se sugieren funcionalizaciones antibacterianas y bioactivas (sobre todo en el PEEK) para disminuir riesgos de infección y mejorar osteointegración (1). Existen además dificultades de tipo regulatorio y de costos. También hay limitaciones en cuanto a disponibilidad de equipos y personal capacitado. Además, sería necesario contar con protocolos estandarizados (2).

Existen algunas limitaciones en este trabajo. En primer lugar, esta es una revisión narrativa. No se ha seguido un protocolo previo. Por ello, tampoco hay un diagrama PRISMA. Además, la búsqueda ha sido dirigida pero no exhaustiva. Puede haber estudios relevantes que no se hayan incluido. También hemos limitado los trabajos a los que están escritos en inglés y en los años 2021-2026. No se ha utilizado una herramienta formal de riesgo de sesgo. Existe también un riesgo de sesgo de publicación (tienden a publicarse más los resultados positivos). Además, puede haber superposición de las poblaciones de algunos estudios. Desde el punto de vista de la investigación, sería importante realizar estudios prospectivos y comparativos (preferentemente multicéntricos), con desenlaces estandarizados (unión ósea, exposición e infección, función masticatoria y fonética, calidad de vida y costos). También es importante el seguimiento largo. Desde el punto de vista de la práctica, nuestros hallazgos apoyan la necesidad de personalizar el tipo de reconstrucción por parte de un equipo multidisciplinario.

## CONCLUSIONES

Por otro lado, el uso de planificación virtual (con guías de osteotomía y/o placas preflexionadas o personalizados impresos en 3D) es la aplicación más madura en reconstrucción mandibular; asociando precisión en la reconstrucción y reducción de tiempo quirúrgico. Es particularmente útil para complementar al colgajo libre de peroné (que sigue siendo referencia en pacientes sin comorbilidades significativas). Los beneficios de esta técnica están respaldados por evidencia (en su mayoría estudios retrospectivos de bajo nivel), que requiere ser corroborada con estudios comparativos. En cualquier caso, el uso de planificación virtual es particularmente útil para complementar al colgajo libre de peroné.

Por otro lado, existen alternativas de implantes personalizados (titanio y PEEK) en pacientes seleccionados (sobre todo aquellos donde está contraindicado o ha fallado el colgajo libre de peroné). Los principales problemas de retiro son exposición de la placa e infección. El tipo de material debe ser individualizado (teniendo en cuenta estado de los tejidos blandos, radioterapia, compromiso de la sínfisis y planes de rehabilitación dental). Hasta el momento no hay relaciones causales.

Por otro lado, también existe una línea de investigación de andamios biocerámicos y poliméricos (con factores bioactivos). Aunque están básicamente en fase preclínica, se requieren estudios prospectivos multicéntricos (con estandarización de desenlaces y seguimiento prolongado) y estudios de costo. Las decisiones terapéuticas deben estar basadas en la evaluación multidisciplinaria de cada caso y en la transparencia de las incertidumbres con el paciente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feng D, Zhang Y, Guo H, Zheng C, Zhang Y, Zhang W, et al. 3D-printed PEEK versus conventional free fibula flap for jaw reconstruction: a comparative clinical study. Front Oncol. 2025;15:1656914. doi:10.3389/fonc.2025.1656914
2. Turek P, Zaborniak M, Grzywacz-Danielewicz K, Bałuszyński M, Lewandowski B, Kluczyński J, et al. A review of the most commonly used additive manufacturing techniques for improving mandibular resection and reconstruction procedures. Appl Sci. 2025;15(17):9228. doi:10.3390/app15179228
3. Molteni G, Gazzini L, Sacchetto A, Nocini R, Comini LV, Arietti V, et al. Mandibular reconstruction in head and neck cancer: which is the gold standard? Eur Arch Otorhinolaryngol. 2023;280(9):3953-65. doi:10.1007/s00405-023-08050-5
4. Bauer E, Mazul A, Zenga J, Graboyes EM, Jackson R, Puram SV, et al. Complications after soft tissue with plate vs bony mandibular reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Otolaryngol Head Neck Surg. 2021;164(3):501-11. doi:10.1177/0194599820949223
5. Mashrah MA, Aldhohrah T, Abdelrehem A, Sakran KA, Ahmad H, Mahran H, et al. Survival of vascularized osseous flaps in mandibular reconstruction: a network meta-analysis. PLoS One. 2021;16:e0257457. doi:10.1371/journal.pone.0257457
6. Lilly GL, Petrisor D, Wax MK. Mandibular rehabilitation: from the Andy Gump deformity to jaw-in-a-day. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2021;6:708-20. doi:10.1002/lio2.595
7. Annino DJ Jr, Sethi RK, Hansen EE, Horne S, et al. Virtual planning and 3D-printed guides for mandibular reconstruction: factors impacting accuracy. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2022;7:1798-807. doi:10.1002/lio2.830
8. Probst FA, Liokatis P, Mast G, Ehrenfeld M. Virtual planning for mandible resection and reconstruction. Innov Surg Sci. 2023;8:137-48. doi:10.1515/iss-2021-0045
9. Oldhoff MGE, Mirzaali MJ, Tümer N, Zhou J, Zadpoor AA. Comparison in clinical performance of surgical guides for mandibular surgery and temporomandibular joint implants fabricated by additive manufacturing techniques. J Mech Behav Biomed Mater. 2021;119:104512. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104512
10. Winarso R, Ismail R, Anggoro PW, Jamari J, Bayuseno AP. A scoping review of the additive manufacturing of mandibular implants. Front Mech Eng. 2023;9:1079887. doi:10.3389/fmech.2023.1079887
11. Dalfino S, Savadori P, Piazzoni M, Connelly ST, Giannì AB, Del Fabbro M, et al. Regeneration of critical-sized mandibular defects using 3D-printed composite scaffolds: a quantitative

evaluation of new bone formation in in vivo studies. Adv Healthc Mater. 2023;12(21):2300128. doi:10.1002/adhm.202300128

12. Hasim BJ, Chuan HK, Halim S. Advancing mandibular reconstruction for ameloblastoma: a literature review on the role of virtual surgical planning and custom 3D implants. J Penelit Pendidik IPA. 2025;11(12):165-71. doi:10.29303/jppipa.v11i12.11069
13. Knitschke M, Sonnabend S, Roller FC, Pons-Kühnemann J, et al. Osseous union after mandible reconstruction with fibula free flap using manually bent plates vs. patient-specific implants: a retrospective analysis of 89 patients. Curr Oncol. 2022;29(5):3375-92. doi:10.3390/curroncol29050274
14. Yang S, Morton Z, Sautter M, Young G, Petrisor D, Chandra SR, et al. Long-term plate complications in patient-specific plates utilizing computer-aided design. Laryngoscope. 2024 Jul 19. doi:10.1002/lary.31640
15. Xue R, Lai Q, Xing H, Zhong C, Zhao Y, Zhu K, et al. Finite element analysis and clinical application of 3D-printed Ti alloy implant for the reconstruction of mandibular defects. BMC Oral Health. 2024;24:95. doi:10.1186/s12903-024-03857-y
16. Haroun F, Benmoussa N, Bidault F, Lassau N, Moya-Plana A, Leymarie N, et al. Outcomes of mandibular reconstruction using three-dimensional custom-made porous titanium prostheses. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2023;124(1):101281. doi:10.1016/j.jormas.2022.09.002
17. Li Y, Li Z, Tian L, Li D, Lu B, Shi C, et al. Clinical application of 3D-printed PEEK implants for repairing mandibular defects. J Craniomaxillofac Surg. 2022;50(8):621-6. doi:10.1016/j.jcms.2022.06.002
18. Cao SS, Li SY, Geng YM, Kapat K, Liu SB, Perera FH, et al. Prefabricated 3D-printed tissue-engineered bone for mandibular reconstruction: a preclinical translational study in primate. ACS Biomater Sci Eng. 2021;7:5727-38. doi:10.1021/acsbiomaterials.1c00509
19. Wu P, Hu L, Li H, Feng L, Liu Y, Zhang S, et al. Clinical application and accuracy analysis of 3D printing guide plate based on polylactic acid in mandible reconstruction with fibula flap. Ann Transl Med. 2021;9:460. doi:10.21037/atm-20-6781
20. Ni Y, Zhang X, Meng Z, Li Z, Li S, Xu ZF. Digital navigation and 3D model technology in mandibular reconstruction with fibular free flap: a comparative study. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2021;122:e59-64. doi:10.1016/j.jormas.2020.11.002
21. Truscott A, Zamani R, Akrami M. Comparing the use of conventional and three-dimensional printing (3DP) in mandibular reconstruction. Biomed Eng Online. 2022;21:18. doi:10.1186/s12938-022-00989-6
22. Liu YB, Wu D, Wang JY, Lun XH, Dai W. Meta-analysis of the survival rate and postoperative infection rate of primary and secondary implants after vascularized fibula transplantation for reconstruction of jaw defects. Int J Implant Dent. 2023;9:51. doi:10.1186/s40729-023-00514-x

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

# RESTITUCIÓN ECONÓMICA EN LA ATENCIÓN DE QUEJAS DE CONSUMO DEL MINISTERIO DE PRODUCCIÓN, COMERCIO EXTERIOR E INVERSIONES, ECUADOR, 2025: ANÁLISIS DESCRIPTIVO

# ECONOMIC REDRESS IN CONSUMER COMPLAINT HANDLING AT ECUADOR'S MINISTRY OF PRODUCTION, FOREIGN TRADE AND INVESTMENT, 2025: A DESCRIPTIVE ANALYSIS

{María José Chávez Villacrés[1], Christian Daniel Johnson Plascencio[2]}

{mchavezv9@unemi.edu.ec[1], cjohnsonp@unemi.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 14/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La defensa del consumidor suele analizarse como una política de protección de derechos, y es limitada la evidencia disponible en Ecuador sobre el valor económico que los consumidores recuperan mediante la atención administrativa de sus quejas. Este artículo tuvo como objetivo describir los resultados del servicio de atención de quejas y conciliación del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones (MPCEI) en 2025, en términos del número de quejas, su resultado, el monto restituido y su distribución por categoría, sector y provincia. El estudio fue cuantitativo y descriptivo, y utilizó los registros administrativos de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado de enero a diciembre de 2025, con una revisión bibliográfica de la legislación regional y ecuatoriana como marco de referencia. Se analizaron 1.012 expedientes con información suficiente: el 48,0% (486 quejas) concluyó con un acuerdo favorable al consumidor, el 49,8% con imposibilidad de acuerdo y el 2,2% con un resultado no determinado. Las restituciones registradas sumaron USD 313.259,45 y se concentraron en publicidad engañosa y mal servicio (64,24% del monto), en los sectores automotriz, turismo y comercial, y en la provincia de Pichincha (81% del monto). Como los registros no desagregan la modalidad de compensación, el monto se interpreta como valor económico de las restituciones y no como liquidez monetaria. Se concluye que el servicio registró restituciones relevantes para los consumidores atendidos y que su efecto sobre el consumo o la liquidez de los hogares, planteado desde el enfoque poskeynesiano, queda como línea de investigación futura.**

[1]Estudiante de la maestría en Economía con mención en Inteligencia Artificial Aplicada, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Ecuador, https://orcid.org/0009-0000-0039-1601; 0995272118

[2]Tutor de la maestría en Economía con mención en Inteligencia Artificial, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-8221-0808; 099 887 1886

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

***Palabras clave: Defensa del consumidor; mediación; restitución económica; microeconomía; política pública; Ecuador***

**ABSTRACT: Consumer protection is usually analyzed as a rights-protection policy, and the available evidence in Ecuador on the economic value that consumers recover through the administrative handling of their complaints is limited. This article aimed to describe the results of the complaint-handling and conciliation service run by the Ministry of Production, Foreign Trade and Investment (MPCEI) in 2025, in terms of the number of complaints, their outcome, the amount of economic redress and its distribution by category, sector and province. The study was quantitative and descriptive and used the administrative records of the MPCEI's Directorate of Market Control and Surveillance from January to December 2025, with a review of regional and Ecuadorian legislation as a frame of reference. A total of 1,012 case files with sufficient information were analyzed: 48.0% (486 complaints) ended in an agreement favorable to the consumer, 49.8% in no possible agreement and 2.2% in an undetermined outcome. Recorded redress totaled USD 313,259.45 and was concentrated in misleading advertising and poor service (64.24% of the amount), in the automotive, tourism and commerce sectors, and in Pichincha province (81% of the amount). Because the records do not break down the form of compensation, the amount is interpreted as the economic value of redress and not as monetary liquidity. It is concluded that the service recorded relevant redress for the consumers it served and that its effect on household consumption or liquidity, framed from a post-Keynesian perspective, remains a line for future research.**

***Keywords: Consumer protection; mediation; economic redress; microeconomics; public policy; Ecuador***

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la defensa del consumidor se regula mediante la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor (1), y uno de los servicios públicos que la hacen efectiva es la atención de quejas y la mediación entre consumidores y proveedores. Durante 2025, ese servicio estuvo a cargo del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones (MPCEI), por medio de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado. Mediante el Decreto Ejecutivo n.º 425, publicado el 24 de junio de 2026, el MPCEI y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca se fusionaron por absorción al Ministerio de Economía y Finanzas, que posteriormente adoptó la denominación de Ministerio de Desarrollo Económico y Productivo (2); este artículo utiliza la denominación vigente en 2025, año al que corresponde la información analizada. El servicio opera en un escenario de desaceleración económica: según el Banco Central del Ecuador, el crecimiento interanual del PIB muestra una tendencia decreciente desde 2021 y registró una variación negativa en 2024 (3), y el índice de confianza del consumidor se ubicó en 36,68 puntos en junio de 2025, 0,48 puntos menos que en el mismo mes del año anterior (4).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

La literatura ha tratado la defensa del consumidor, sobre todo, como una política regulatoria orientada a proteger derechos y a corregir desequilibrios entre proveedores y consumidores. Los estudios de la región examinan los alcances y límites de su aplicación, las normas especializadas y el diseño institucional (5-9), su papel para corregir fallas de mercado y asimetrías de información (10) y su contribución a un acceso más equitativo a bienes y servicios de calidad (11). Desde la teoría económica, Akerlof (12) mostró que, cuando el vendedor conoce la calidad de un bien y el comprador no, los bienes de peor calidad tienden a desplazar a los mejores, y las Directrices de las Naciones Unidas para la Protección del Consumidor (13) recomiendan procedimientos de queja justos, transparentes, rápidos y de bajo costo, entre ellos los de carácter administrativo (párr. 37).

Como marco de referencia se adopta la economía poskeynesiana, para la cual la producción y el empleo dependen de la demanda efectiva, el dinero no es neutral y su oferta es endógena, pues responde al crédito que otorgan los bancos y no a una decisión exógena de la autoridad monetaria (14-16). En este enfoque, la distribución del ingreso y el acceso a recursos líquidos condicionan el consumo de los hogares (17,18), y el endeudamiento puede volver frágil la posición financiera de hogares y empresas (19).

En torno a la economía heterodoxa poskeynesiana, se recupera como supuesto analítico el hecho de que es la demanda efectiva más allá de la oferta productiva, aquella que propulsa la economía (20). Citando a Keynes (1943, p. 34, citado en Rísquez (20)), Rísquez define la demanda efectiva de la siguiente manera: “aquel valor de la demanda global que es exactamente igual a la oferta global, y que por lo tanto da lugar al nivel efectivo de empleo de la economía” (20, p. 313).

En una economía dolarizada como la ecuatoriana, el Banco Central no emite moneda propia ni define las tasas de interés como lo haría en un país con moneda propia (21), lo que acota los instrumentos de liquidez de la política monetaria convencional. A ello se suma la discusión sobre la trampa de la liquidez, un concepto de origen keynesiano que describe la situación en que las tasas de interés ya están cerca de su límite inferior y la política monetaria pierde capacidad de estimular la economía (21,22). En ese contexto, resulta pertinente examinar mecanismos microeconómicos que no dependan de la emisión monetaria ni de las tasas de interés (21).

La restitución económica que se obtiene mediante una queja es un mecanismo distinto de la política monetaria y de la transferencia fiscal: no crea dinero ni modifica las tasas de interés, devuelve al consumidor un valor que ya estaba en circulación, se cubre con recursos del proveedor y no con recursos públicos, y se tramita por vía administrativa, sin litigio judicial, en línea con lo que recomiendan la UNCTAD (13) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (23) para los procedimientos de queja. Desde la microeconomía del consumidor (24,25), una restitución de este tipo repone, al menos en parte, un recurso que condicionaba la restricción presupuestaria del hogar; no constituye, sin embargo, un ingreso nuevo ni una

expansión de la liquidez agregada. Estas relaciones son conceptuales: este estudio no mide su efecto sobre el consumo ni sobre la liquidez de los hogares.

A pesar de este interés teórico, el valor económico que los consumidores recuperan por esta vía no ha sido cuantificado con registros administrativos. Los estudios ecuatorianos disponibles abordan sobre todo el marco normativo y los derechos reconocidos (6,26,27) o la eficacia jurídica del proceso de queja ante la Defensoría del Pueblo (28), y los estudios de la región examinan el alcance de la norma (29,30), su armonización (31-33) y los mecanismos de arbitraje y mediación (34-36). En la revisión bibliográfica realizada para este artículo no se identificó un estudio que describa cuántas quejas concluyen con acuerdo, qué monto se restituye y cómo se distribuye ese monto en el servicio del MPCEI. Ese es el problema de investigación: se conoce el marco legal de la política, pero no el valor económico que el servicio de atención de quejas restituyó efectivamente a los consumidores en un año determinado, lo que limita la evaluación de la política y la discusión sobre su alcance económico. La pregunta que orienta el estudio es, por tanto, qué valor económico restituyó el servicio a los consumidores en 2025 y cómo se distribuyó.

El objetivo general de este artículo es describir los resultados del servicio de atención de quejas y conciliación que dirigió el MPCEI, por medio de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, durante 2025, en términos del valor económico restituido a los consumidores. Los objetivos específicos son: (1) determinar el número de quejas analizadas y la proporción que concluyó con un acuerdo favorable al consumidor; (2) cuantificar el monto restituido y su distribución por categoría de queja, sector económico y provincia; y (3) discutir, desde el enfoque poskeynesiano y la microeconomía del consumidor, el alcance conceptual de ese valor restituido, sin contrastar su efecto sobre el consumo ni sobre la liquidez de los hogares, que se plantea como línea de investigación futura. El estudio aporta una descripción cuantitativa de un servicio público de reclamación que puede servir de base para evaluar y mejorar su gestión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enfoca en la implementación de la política de defensa del consumidor por parte del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones en 2025, misma que se ejecutó a través de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado. Esta es la denominación vigente durante el período investigado; el cambio institucional posterior se explicó en la introducción. En el marco de los servicios que presta esta unidad como parte de dicha política pública, se atienden quejas ciudadanas y se llevan adelante procesos de mediación de conflictos tomando como base lo estipulado en la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor (1), publicada en el Registro Oficial Suplemento 116 del 10 de julio de 2000 y reformada con posterioridad.

Partiendo de la exposición del caso específico que se constituye como el objeto empírico de este estudio, es importante destacar que, a diferencia de otras investigaciones centradas en los

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

alcances y las limitaciones en cuanto a la aplicación de la norma señalada (29,30), este artículo profundiza en una intervención concreta que dirige la institución, específicamente aquella vinculada a la atención de las quejas ciudadanas y los procesos de mediación en tanto a través de ellos se logra la restitución de bienes y servicios desde los proveedores hacia los consumidores.

Si bien la revisión bibliográfica que incluye este artículo permite identificar la relevancia de la política de defensa del consumidor en la región (31,32), así como la importancia de las normas y las políticas aplicadas en esa línea, abarcando nuevas realidades, como el comercio digital y las cláusulas abusivas (27), el foco de este estudio no se centra en dicho enfoque, por lo que los datos a ser empleados no abordan exactamente dichos ámbitos.

En el marco de lo señalado, este estudio se asienta en un enfoque cuantitativo y presenta un alcance descriptivo. La orientación cuantitativa se basa en los datos del servicio de atención de quejas ciudadanas y conciliaciones que prestó el MPCEI a través de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado. Se eligió este servicio porque, mediante esa intervención, la unidad registra valores a favor de los consumidores, que se cuantifican en la base institucional que maneja la propia Dirección. Los datos son, por tanto, secundarios y corresponden al año 2025. El alcance descriptivo permitió caracterizar la gestión de quejas y mediaciones y dimensionar el valor económico de las restituciones registradas a favor de los consumidores.

Por otra parte, en lo referido a la población y a la unidad de análisis, el estudio trabajó con los registros administrativos de quejas gestionadas por la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado del MPCEI entre enero y diciembre de 2025. La unidad de análisis es la queja registrada, a la que corresponde un expediente en la base institucional: cada uno de los 1.012 registros analizados representa una queja y no una persona, por lo que el número de personas que reclamaron podría ser menor si una misma persona presentó más de una queja. No se aplicó muestreo; se trabajó con la totalidad de los registros con información suficiente una vez depurada la base. Por ello, los resultados describen esa base de registros administrativos y no constituyen un censo de las quejas ingresadas en 2025: se desconoce cuántos registros se excluyeron, de modo que no pueden extrapolarse a otras poblaciones.

En cuanto a la cobertura y a la fuente, la base corresponde exclusivamente a las quejas ingresadas y tramitadas por la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado del MPCEI, con corte al período enero–diciembre de 2025. No abarca, por tanto, las quejas atendidas por otras instancias del Estado ni por organizaciones de la sociedad civil, y no debe leerse como un registro de toda la gestión de defensa del consumidor del país. Para fines de reproducibilidad, se trabajó directamente con la base de datos proporcionada por dicha Dirección, obtenida en junio de 2026; un investigador externo podría solicitarlos a la institución mediante los mecanismos de acceso a la información pública y verificar las cifras aquí presentadas a partir de ese corte. El período de referencia de la información es enero–diciembre de 2025.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

En la depuración se eliminaron los registros que contaban únicamente con el número de trámite y carecían de otra información, y no se identificaron registros duplicados. No se dispone del número exacto de registros excluidos, por lo que el denominador de la tasa de resolución favorable son los 1.012 expedientes analizados y no necesariamente el total de quejas ingresadas durante 2025; esto se reconoce como una limitación metodológica. Posteriormente, se verificó que las sumas de quejas por categoría (Gráfico 1), por sector (Tabla 3), por resultado (Tabla 2) y por provincia (Figura 1) coincidieran con el total de 1.012 registros, y que las sumas de montos por categoría (Tabla 1), por sector (Tabla 3) y por provincia (Figura 1) coincidieran con el total de USD 313.259,45. En la verificación por provincia se identificó que 9 expedientes no consignan la provincia, por lo que se presentan en una fila separada de la Figura 1 y no registran monto recuperado. Asimismo, no fue posible verificar la clasificación específica de determinados expedientes, por lo que los resultados se presentan conforme a la información institucional disponible. Las variables consideradas fueron las siguientes:

- Número de quejas presentadas: variable cuantitativa que dimensiona la demanda de servicios orientada desde las personas consumidoras a dicho ministerio.
- Clasificación de la queja: variable cualitativa que agrupa las quejas según el presunto tipo de vulneración en que incurrió el proveedor, conforme a las nueve categorías del registro institucional: mal servicio (deficiencias en la prestación del servicio); garantía / vicio oculto (bienes con defectos o sin respuesta a la garantía); publicidad engañosa (información o promesas publicitarias que no corresponden al bien o servicio); incumplimiento de contrato (inobservancia de lo pactado); acoso de cobranza (gestiones de cobro que hostigan al consumidor); derecho a la devolución (solicitudes de devolución del pago o del bien); derechos del consumidor (reclamos por derechos reconocidos al consumidor que no encajan en otra categoría); prácticas prohibidas (conductas que la ley prohíbe al proveedor); y otros (quejas que no corresponden a las anteriores).
- Sector económico: variable cualitativa que ubica la queja según el sector de la economía al que pertenece la actividad reclamada (Tabla 3).
- Provincia: variable cualitativa que identifica la provincia asociada al registro de la queja (Figura 1); 9 expedientes carecen de este dato.
- Monto recuperado: variable cuantitativa que representa el valor económico total registrado por la institución como resultado de los procedimientos de atención de quejas y conciliación favorables a los consumidores durante 2025. Este indicador comprende las restituciones económicas reportadas, sin que la información disponible permita determinar qué proporción corresponde a devoluciones monetarias, reposiciones de bienes, notas de crédito u otras modalidades de compensación. En consecuencia, el monto analizado representa el valor económico de las restituciones, sin equipararlo necesariamente con recursos monetarios de libre disposición para los consumidores.
- Resultado de la queja: variable cualitativa que distingue si la queja concluyó con un acuerdo a favor del consumidor, con una imposibilidad de acuerdo o con un resultado administrativo

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

no determinado en la información disponible, y que permitió calcular la tasa de resolución favorable. Los resultados se agruparon en estas tres categorías conforme a lo consignado en el registro institucional. Los 22 expedientes de la última categoría son quejas registradas cuyo cierre no consta en la información disponible; se mantuvieron en el denominador sin asignarles un estado, porque excluirlos equivaldría a suponer que no ingresaron al servicio y porque este criterio conservador evita sobrestimar la tasa de resolución favorable. Como verificación de sensibilidad, si se excluyeran, la tasa sería de 49,1% (486 / 990).

Los montos recuperados se toman tal como constan en el registro institucional. Al no disponerse de un desglose por modalidad de compensación, no es posible establecer qué parte del monto corresponde a dinero entregado al consumidor y qué parte a reposiciones de productos, notas de crédito u otras formas de compensación. Esta es una limitación del estudio que condiciona cualquier lectura del indicador como liquidez de los hogares.

La recolección de datos se llevó a cabo a partir de la base de datos proporcionada directamente por la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, con la que se trabajó sin intermediarios, lo que hizo factible el análisis sistemático de los datos y una representación gráfica de los hallazgos. Se utilizó un análisis estadístico descriptivo que permitió resumir y presentar los datos, incluyendo la creación de tablas de frecuencia y gráficos de barras para visualizar la distribución de las quejas y de los montos económicos. Los porcentajes se calcularon dividiendo el número de registros de cada categoría, sector, provincia o resultado para el total de 1.012 quejas; los montos se sumaron por categoría, sector y provincia, y su participación se obtuvo respecto del total de USD 313.259,45. La tasa de resolución favorable se definió como el cociente entre los casos resueltos a favor del consumidor y el total de casos (casos favorables / total de casos), y el valor promedio por caso favorable, como el monto total dividido para el número de casos favorables.

Cabe precisar el alcance de esta metodología. El diseño descriptivo permite establecer cuál fue el valor económico de las restituciones registradas a favor de los consumidores, cuántas quejas se registraron, cómo se distribuyeron y qué categorías tuvieron mayor recuperación. En cambio, no permite demostrar directamente que ese valor haya sido consumido nuevamente, que haya aumentado la demanda, que haya producido un efecto multiplicador o que haya dinamizado la economía. Por esta razón, el estudio identifica y cuantifica el valor restituido mediante un mecanismo con potencial de aliviar restricciones económicas de los consumidores, y las referencias a su efecto sobre el consumo se plantean como inferencias derivadas del marco teórico adoptado y no como resultados observados.

Por esta razón, el análisis se limitó a distribuciones de las quejas y de los montos, y no se calcularon indicadores cruzados, como la tasa de acuerdo por categoría, sector o mes. Dos razones sustentan esta decisión: el objetivo del estudio es describir el valor restituido y no explicar qué factores se asocian con el acuerdo, y varias categorías y sectores reúnen muy pocos casos

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

(por ejemplo, una queja de prácticas prohibidas y cinco del sector otros), lo que volvería inestables las tasas calculadas por celda. Estos cruces quedan como línea de trabajo futura cuando se disponga de registros con mayor desagregación.

## RESULTADOS

El análisis de los registros del servicio de atención de quejas del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones en 2025 permite identificar tendencias en el número de quejas, en sus resultados y en los montos restituidos. Aunque cada queja constituye en apariencia un conflicto individual, en conjunto los registros muestran restituciones económicas a favor de los consumidores, sin que permitan establecer su modalidad ni el uso posterior de esos recursos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Los registros administrativos analizados reportan restituciones económicas a favor de los consumidores por un total de USD 313.259,45 durante 2025. La información disponible no permite identificar las modalidades de compensación que componen ese monto; por ello, la cifra expresa el valor económico total de las restituciones registradas y no debe leerse solo como devoluciones de dinero ni como un aumento de la liquidez de los hogares. Se trata de una reasignación de recursos que los consumidores ya habían pagado a los proveedores, y no de una expansión de la liquidez agregada de la economía.

Los datos obtenidos reflejan que a lo largo del 2025 los consumidores han presentado un total de 1.012 quejas, que, como se muestra en el Figura 1, se concentraron en las categorías de "mal servicio" y "publicidad engañosa". Sumadas, ambas figuras representan el 68,6% del total de quejas receptadas en aquel año. Estos datos sugieren que los principales puntos de fricción entre proveedores y consumidores ocurren en torno a la calidad y el cumplimiento de las promesas de los productos y servicios.

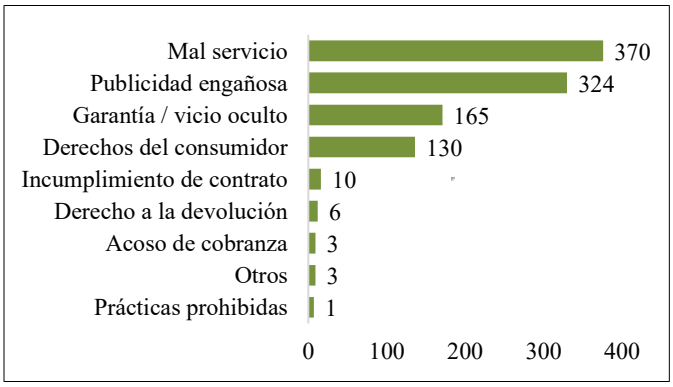


***Figura 1. Número de quejas por categoría.***

***Fuente:*** *Elaboración propia con base en registros administrativos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, 2025.*

El análisis detallado de la base de datos de la Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, que registra los casos resueltos a favor del consumidor, revela un panorama relevante para comprender el alcance microeconómico de la política. En este sentido, la Tabla 1 muestra la distribución de las quejas por categoría y el monto recuperado para los consumidores.

***Tabla 1. Distribución de quejas por categoría y monto recuperado a favor del consumidor durante el año 2025.***

| Categoría de queja | Monto recuperado | | Porcentaje |
|---|---|---|---|
| Publicidad engañosa | $ | 120.629,10 | 38,51% |
| Mal servicio | $ | 80.591,12 | 25,73% |
| Garantía / vicio oculto | $ | 66.989,43 | 21,38% |
| Derechos del consumidor | $ | 34.240,54 | 10,93% |
| Derecho a la devolución | $ | 8.809,26 | 2,81% |
| Incumplimiento de contrato | $ | 1.500,00 | 0,48% |
| Otros | $ | 500,00 | 0,16% |
| Acoso de cobranza | $ | - | 0,00% |
| Prácticas prohibidas | $ | - | 0,00% |
| **Total** | **$** | **313.259,45** | **100%** |

***Fuente:*** *Elaboración propia con base en registros administrativos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, 2025.*

Como se observa en la Tabla 1, el servicio de atención de quejas y las audiencias de intermediación registraron restituciones económicas por $313.259,45 a favor de los consumidores en 2025. Un hallazgo particularmente relevante para esta investigación es la disparidad entre la frecuencia de las quejas y el monto recuperado. Aunque "Mal servicio" fue la categoría con el mayor número de quejas (370 casos), la "Publicidad engañosa" generó el mayor monto recuperado. De hecho, la "Publicidad engañosa", con 324 quejas, representó el 38.51% del monto total recuperado ($120.629,10), muy por encima de la categoría más frecuente.

Respecto a los resultados de las quejas, se observó que, del total de quejas presentadas, un 48,0% llegó a un acuerdo a favor del consumidor. Para cuantificar este resultado se calculó la tasa de resolución favorable, que resulta de dividir los casos favorables para el consumidor entre el total de casos (Tabla 2).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

*Tabla 2. Tasa de resolución favorable de las quejas receptadas durante el año 2025.*

| Resultado de la queja | Número de casos | Porcentaje |
|---|---|---|
| Acuerdo favorable | 486 | 48,0% |
| Imposibilidad de acuerdo | 504 | 49,8% |
| Resultado administrativo no determinado | 22 | 2,2% |
| **Total** | **1.012** | **100%** |

***Fuente:*** *Elaboración propia con base en registros administrativos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, 2025.*

Como se observa en la Tabla 2, de los 1.012 expedientes analizados, 486 (48,0%) concluyeron con acuerdos favorables, 504 (49,8%) registraron imposibilidad de acuerdo y 22 (2,2%) presentan resultados administrativos no determinados debido a la falta de información específica. La tasa de resolución favorable es, por tanto, de 48,0% (486 / 1.012); si se excluyeran los 22 expedientes no determinados, sería de 49,1% (486 / 990). Al dividir el monto total recuperado ($313.259,45) para los 486 casos favorables, el valor promedio restituido por caso es de $644,57. Por otra parte, las categorías de queja "Acoso de cobranza" y "Prácticas prohibidas" no registraron monto recuperado durante 2025 (Tabla 1).

Adicionalmente, como se puede observar en la Figura 2, el análisis por provincia muestra una concentración significativa de las quejas registradas en Pichincha, que reúne el 77% de las quejas y el 81% del monto total recuperado; 9 quejas (0,9%) no consignan provincia y no registran monto. Esta distribución corresponde a las quejas registradas y no debe interpretarse como la distribución geográfica de las vulneraciones a los derechos de los consumidores.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

| Provincia | Número de quejas | Porcentaje de quejas | | Monto recuperado | Porcentaje de monto |
|---|---|---|---|---|---|
| Pichincha | 775 | 76,58% | $ | 255.068,47 | 81% |
| Guayas | 119 | 11,76% | $ | 14.634,70 | 5% |
| Imbabura | 13 | 1,28% | $ | 12.952,13 | 4% |
| Tungurahua | 10 | 0,99% | $ | 12.057,35 | 4% |
| Loja | 9 | 0,89% | $ | 3.925,99 | 1% |
| Azuay | 24 | 2,37% | $ | 3.709,97 | 1% |
| Chimborazo | 9 | 0,89% | $ | 3.573,60 | 1% |
| Napo | 6 | 0,59% | $ | 1.912,26 | 1% |
| Morona Santiago | 1 | 0,10% | $ | 1.726,32 | 1% |
| Manabí | 7 | 0,69% | $ | 1.505,79 | 0% |
| Los Ríos | 5 | 0,49% | $ | 1.255,50 | 0% |
| Santo Domingo de los Tsáchilas | 8 | 0,79% | $ | 731,79 | 0% |
| Cotopaxi | 7 | 0,69% | $ | 183,76 | 0% |
| El Oro | 10 | 0,99% | $ | 21,82 | 0% |
| Sin provincia registrada | 9 | 0,89% | $ | 0,00 | 0% |
| **Total general** | **1012** | **100%** | **$** | **313.259,45** | **100%** |

***Figura 2. Quejas receptadas y montos recuperados por provincias.***

***Fuente:*** *Elaboración propia con base en registros administrativos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, 2025.*

Por otro lado, el análisis de la distribución de quejas y montos recuperados por sector económico (ver Tabla 3) revela que el sector automotriz y el de turismo son los que concentran el mayor monto recuperado, a pesar de no ser los sectores con mayor número de quejas. El sector comercial, si bien tiene la mayor cantidad de quejas (523), presenta un monto recuperado menor en comparación. Esto sugiere que las quejas en el sector comercial, aunque frecuentes, suelen ser de menor cuantía. Por otro lado, los sectores de transporte y servicios básicos domiciliarios registran un monto recuperado mínimo.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

*Tabla 3. Número de quejas y monto recuperado por sector de la economía.*

| Sector | Número de quejas | Monto recuperado |
|---|---|---|
| Automotriz | 119 | $ 86.239,50 |
| Turismo | 53 | $ 84.461,14 |
| Comercial | 523 | $ 78.849,07 |
| Vivienda y construcción | 18 | $ 15.725,70 |
| Telecomunicaciones | 129 | $ 15.449,35 |
| Financiero | 37 | $ 14.375,32 |
| Educación | 19 | $ 5.524,13 |
| Servicios | 42 | $ 3.871,79 |
| Salud | 28 | $ 3.296,58 |
| Encomienda | 8 | $ 2.408,88 |
| Otros | 5 | $ 1.813,00 |
| Seguros | 6 | $ 744,97 |
| Transporte | 11 | $ 486,04 |
| Servicios Básicos Domiciliarios | 14 | $ 13,98 |
| **Total general** | **1012** | **$ 313.259,45** |

***Fuente:*** *Elaboración propia con base en registros administrativos del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, Dirección de Control y Vigilancia de Mercado, 2025.*

Finalmente, el aspecto más relevante para este estudio fue el valor económico de las restituciones registradas. Como se puede ver en la Tabla 1, el monto fue de $313.259,45 a favor de los consumidores, interpretado conforme a lo expuesto en la metodología. Este monto se concentró principalmente en quejas de "publicidad engañosa" y "mal servicio", que juntas suman el 64,24% del total (Tabla 1). El monto recuperado en estas dos categorías fue notablemente superior al de cada una de las demás.

# DISCUSIÓN

## Hallazgos principales

Los resultados muestran que, durante 2025, el servicio de atención de quejas y conciliación registró 1.012 quejas y restituciones económicas por $313.259,45 a favor de los consumidores, con una tasa de resolución favorable de 48,0%. El monto recuperado se concentró en las categorías de publicidad engañosa, mal servicio y garantía / vicio oculto, en la provincia de Pichincha y en los sectores automotriz, turismo y comercial. Estos hallazgos describen restituciones económicas registradas a favor de los consumidores; no describen la modalidad de

compensación ni el uso que los consumidores dieron a esos recursos, aspectos que los datos no permiten observar.

**Comparación con la literatura**

La defensa del consumidor ocupa un lugar central en la agenda pública global, al reconocer al consumidor como un actor relevante de la economía (33). En Ecuador ha ganado relevancia con la evolución de su marco normativo, aunque persisten desafíos, en particular la necesidad de actualizar la ley frente a las vulneraciones que surgen en los espacios virtuales, el comercio electrónico y otras relaciones comerciales (6,26).

Si bien, de manera fundamental, la política pública orientada a la defensa del consumidor busca corregir las asimetrías de información y poder de negociación que existen entre proveedores y consumidores, fomentando un mercado más equitativo y transparente, desde la perspectiva económica, esta política regulatoria podría influir en el comportamiento del consumidor. Al sentirse protegidos y con canales efectivos para la resolución de conflictos, los consumidores podrían aumentar su confianza y propensión a consumir, lo que podría repercutir en los ingresos de las microempresas (37).

A pesar de ello, la falta de análisis empírico que conecte directamente la gestión de esta política pública a cargo del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones con el flujo económico micro, ha limitado la posibilidad de entrever el potencial de esta relación. Es por ello que este estudio busca dimensionar el monto restituido a los consumidores mediante la implementación de esta política, a partir de los montos recuperados por los mecanismos de mediación del ministerio, y discutir su potencial para aliviar restricciones económicas de los hogares.

Respecto de la experiencia ecuatoriana, los estudios previos disponibles se centran en el marco jurídico y el procedimiento, no en el valor restituido. La Ley Orgánica de Defensa del Consumidor asigna a la Defensoría del Pueblo la facultad de conocer y pronunciarse sobre los reclamos y las quejas de los consumidores (1), y Tumbaco y García (28) sostienen que su proceso sumario concluye en un informe motivado sin fuerza coercitiva, de modo que el proveedor no siempre está obligado a cumplir y el consumidor puede no obtener una compensación efectiva. Esa observación es compatible con el 49,8% de quejas que en 2025 cerraron con imposibilidad de acuerdo en el MPCEI, aunque los registros analizados no permiten verificarla, pues no incluyen el motivo de cierre. Por su parte, la Superintendencia de Control del Poder de Mercado interviene en competencia económica y prácticas desleales y, en la revisión realizada, no se identificaron registros suyos de quejas de consumo con resultados comparables, por lo que no fue posible contrastar la tasa de resolución favorable con otra entidad ecuatoriana. Esta falta de datos comparables confirma el interés de contar con registros que cuantifiquen lo restituido a los consumidores.

Estudios como el de Morales Acosta (34) en Perú ya habían destacado el arbitraje de consumo como un mecanismo eficaz para superar las asimetrías y generar confianza, y los hallazgos de este artículo se suman a esta línea al mostrar, para la mediación en el contexto ecuatoriano, la magnitud económica de lo restituido a los consumidores, aunque sin medir su efecto sobre la confianza.

En otros países de la región existen experiencias comparables, aunque con registros y diseños distintos. En Brasil, la plataforma Consumidor.gov.br, de resolución en línea de reclamos de consumo, informó que en 2022 se finalizaron 1.293.096 reclamaciones y que las empresas solucionaron el 77% de ellas, con un tiempo medio de respuesta de siete días (38). Con datos de la propia plataforma, Bochenek y Elesbon (36) reportan índices de solución de entre 78% y 81% anual, pero advierten que la cifra puede estar sobrestimada porque los casos en que el consumidor no evalúa el resultado se cuentan automáticamente como resueltos, y que el crecimiento de la plataforma no ha reducido de forma clara la litigiosidad de consumo. La comparación con el 48,0% de resolución favorable observado en Ecuador debe hacerse con cautela, pues los registros no miden lo mismo: en el caso brasileño se trata de la respuesta de la empresa dentro de una plataforma digital, y en el ecuatoriano, de acuerdos alcanzados en una instancia administrativa de conciliación. Lo que sí resulta compatible es que, en ambos casos, la solución depende de la disposición del proveedor a responder o a acordar.

En Chile, Morales Ortiz y Walker Silva (35) analizan los procedimientos de mediación individual y colectiva del Servicio Nacional del Consumidor y concluyen que, tras la reforma legal, no constituyen mediaciones en sentido estricto, sino un esfuerzo del legislador por fijar pautas regulatorias para este tipo de mecanismos de resolución alternativa de conflictos. Se trata de un estudio normativo que no reporta tasas de resolución, por lo que no permite contrastar los porcentajes de este artículo; sin embargo, muestra que la naturaleza jurídica y el alcance de estos procedimientos son un asunto abierto en la región, relevante para interpretar los resultados de conciliaciones administrativas como las aquí analizadas.

**Explicación de los hallazgos**

Los resultados indican que la acción del MPCEI en 2025 no se limitó a tramitar quejas: el valor restituido se concentró en categorías como publicidad engañosa y mal servicio. El monto total registrado de $313.259,45 es el resultado de los acuerdos favorables y representa el valor económico de las restituciones a los consumidores en 2025; la información disponible no permite determinar qué parte corresponde a dinero. Siguiendo los postulados de la microeconomía de los consumidores, que engloba elementos vinculados al comportamiento de las personas consumidoras, una restitución de este tipo repone, en parte, un recurso que el hogar ya había destinado a una transacción y que, de otro modo, podría no haber recuperado.

Desde la perspectiva económica, los mecanismos de defensa del consumidor permiten recuperar recursos, monetarios o patrimoniales, que se habían comprometido en relaciones de consumo.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

Si la restitución es una devolución de dinero, mejora la disponibilidad inmediata de recursos del consumidor y podría favorecer su capacidad de gasto; si adopta la forma de una reposición de productos o de una nota de crédito, el beneficio se expresa sobre todo en la recuperación de valor patrimonial o de capacidad de adquisición. Por ello, el efecto económico depende de la modalidad y no equivale automáticamente a un aumento de la liquidez monetaria.

Esta restitución económica podría, a la vez, fortalecer la confianza de las personas consumidoras e incentivarlas a participar de manera más activa y segura en transacciones futuras, pues la acción del Estado garantiza un canal de atención de quejas en el caso de que sus relaciones comerciales envuelvan alguna controversia que puede ser resuelta en vía administrativa. Además, categorías de queja como "Acoso de cobranza" y "Prácticas prohibidas" no suelen tener una compensación monetaria, por lo que su resultado se mediría más bien en la corrección de la conducta del proveedor, lo que también podría contribuir a un mercado más justo.

Sin perjuicio de lo señalado, el análisis muestra una limitación importante del proceso analizado: del total de quejas, un 49,8% (504 casos) se cerró con una imposibilidad de acuerdo, a lo que se suma un 2,2% (22 casos) con un resultado administrativo no determinado en la información disponible. Una posible explicación de este porcentaje es la naturaleza no vinculante de la etapa de mediación dentro del Ministerio de Producción, Comercio Exterior e Inversiones, que permitiría a los proveedores optar por no acatar los acuerdos propuestos; sin embargo, el estudio no dispone de los motivos de cierre de cada caso, por lo que esta explicación no ha sido contrastada y debe tomarse como una hipótesis. Otras causas, como el tipo de reclamo, la disposición de las partes o la documentación presentada, tampoco pueden descartarse con la información disponible. Si la explicación se confirmara, la falta de un marco sancionatorio o de poder vinculante de la entidad podría reducir el alcance y la protección de la política pública, dejando a un número importante de consumidores sin una resolución satisfactoria.

En cuanto a la distribución provincial, el 77% de las quejas registradas y el 81% del monto recuperado correspondieron a Pichincha. Esta concentración describe dónde se registraron las quejas y no debe interpretarse como la distribución geográfica de las vulneraciones a los derechos de los consumidores. La baja participación de otras provincias, muchas de las cuales no registraron quejas, podría deberse a varios factores, entre ellos una menor difusión de los mecanismos de defensa del consumidor, la cobertura institucional del ministerio fuera de la capital, la accesibilidad de los canales de queja y las diferencias en el registro de los casos entre provincias; los datos disponibles no permiten determinar cuál de estas explicaciones predomina.

**Implicaciones**

El monto restituido es reducido si se lo compara con el tamaño de la economía, por lo que este análisis no le atribuye efectos macroeconómicos; su interés reside en el potencial de políticas como esta. Aunque en apariencia se enfocan en aspectos regulatorios y de restitución de los

derechos de las personas consumidoras, podrían operar además como mecanismos de restitución económica con potencial de aliviar restricciones económicas de los hogares.

Desde el modelo teórico adoptado, los recursos restituidos podrían volver al consumo mediante nuevas compras, lo que estimularía la demanda de bienes y servicios y el ciclo productivo de las micro y pequeñas empresas. Los datos no registran ese comportamiento: se trata de una predicción teórica y no de un hallazgo empírico, y su contraste exigiría información sobre el destino de los recursos restituidos.

Asimismo, la relación entre estos resultados y el contexto macroeconómico ecuatoriano requiere cautela. En un escenario de desaceleración y de menor confianza del consumidor, la devolución de valor económico mediante el sistema de defensa del consumidor podría significar un alivio puntual para los hogares, en especial cuando la restitución es monetaria, algo que los datos no permiten comprobar. Sería un mecanismo complementario y de escala reducida, que podría ampliarse si se fortalece la gestión pública de reclamaciones.

Esta lectura no contradice que, siguiendo a Duarte (22,39), la principal política pública con capacidad de incidencia en la economía nacional, tanto en los niveles macro como micro, sea la política fiscal. Al respecto, este autor lo aborda en los siguientes términos:

> Por este motivo, la política fiscal del gobierno es mucho más efectiva para impulsar el crecimiento económico. La política monetaria representa un instrumento importante pero la política fiscal es la que verdaderamente puede tener un impacto importante en el ciclo económico, ya que enfrenta menores limitaciones (21, p. 138).

Posteriormente, el autor postula lo siguiente:

> La respuesta tiene que venir por parte de la política fiscal, la parte olvidada de la política monetaria. El gasto público es el único capaz de sostener una recuperación definitiva aprovechando la alta capacidad de endeudamiento con la que cuenta. Ello permitirá estimular la producción y el empleo (21, p. 153).

A falta de una clara política fiscal anticíclica, mecanismos de restitución económica como el estudiado podrían aportar, de manera conceptual, al alivio de las restricciones económicas de los hogares desde el nivel micro, sin pasar por intermediarios financieros.

La concentración de las quejas registradas en Pichincha sugiere la conveniencia de difundir los canales de queja y mediación en todo el país, sin que ello implique que las vulneraciones se concentren en esa provincia. Una mayor difusión podría aumentar el número de casos atendidos y el valor restituido. El fortalecimiento de la implementación de la política pública involucra, en este sentido, un fortalecimiento de la presencia institucional del ministerio a nivel nacional para cubrir la demanda de mediación por quejas interpuestas referenciadas en la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

La información por sector es útil para enfocar las estrategias de socialización de la política pública, ya que permite identificar los sectores donde la mediación registra mayores valores restituidos y da cuenta de los principales sectores en los que se concentran las quejas de las personas consumidoras.

Los resultados describen un servicio que, además de resolver conflictos individuales, registra restituciones económicas a favor de los consumidores. Desde el marco teórico adoptado, ese mecanismo podría contribuir a aliviar restricciones económicas de los hogares en un contexto de limitaciones estructurales de la economía, y su efecto podría reforzarse con la confianza que genera reducir la incertidumbre de los consumidores en el mercado. Se trata de proposiciones teóricas que los datos de este estudio no contrastan; cualquier efecto multiplicador desde el nivel micro, o su reflejo en el nivel macro, queda como línea de investigación futura.

**Alcance y límites de los hallazgos**

Con base en lo anterior, conviene separar tres niveles. Lo que los resultados confirman, porque se observa directamente en los registros administrativos, es que en 2025 se registraron 1.012 quejas, que el 48,0% concluyó con un acuerdo a favor del consumidor y que el valor económico de las restituciones registradas asciende a USD 313.259,45, con concentración en determinadas categorías, sectores y en la provincia de Pichincha; la composición de ese monto por modalidad de compensación se desconoce. Lo que resulta compatible con otras investigaciones, aunque no se contrastó aquí, es que los mecanismos extrajudiciales de reclamación resuelven una parte importante, pero no la totalidad, de las quejas y que sus resultados dependen de su diseño institucional y de la respuesta del proveedor (35,36,38). Lo que permanece como línea de investigación futura es si la restitución alivia restricciones de liquidez de los hogares, se reincorpora al consumo, fortalece la confianza del consumidor o tiene algún efecto dinamizador; ninguna de estas relaciones fue medida en este estudio.

## CONCLUSIONES

En 2025, el servicio de atención de quejas y conciliación del MPCEI registró 1.012 quejas con información suficiente para el análisis: 486 (48,0%) concluyeron con un acuerdo favorable al consumidor, 504 (49,8%) con imposibilidad de acuerdo y 22 (2,2%) con un resultado administrativo no determinado. Las restituciones registradas sumaron USD 313.259,45, con un promedio de $644,57 por caso favorable.

El valor restituido se concentró en las quejas por publicidad engañosa y mal servicio (64,24% del monto), en los sectores automotriz, turismo y comercial, y en la provincia de Pichincha, que reunió el 77% de las quejas y el 81% del monto. Esta concentración describe dónde se registraron las quejas y no la distribución geográfica de las vulneraciones.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 246-266
DOI:
https://doi.org/10.56519/hbnfsz93

El estudio describe y no contrasta: los registros no permiten conocer la modalidad de compensación ni el uso posterior de los recursos, y la base analizada no equivale al total de quejas ingresadas, de modo que la tasa de resolución favorable se refiere a los 1.012 expedientes analizados. Por ello, el efecto de estas restituciones sobre la liquidez, el consumo o el crecimiento queda como línea de investigación futura. Se recomienda que la Dirección registre la modalidad de compensación, el motivo de cierre y el destino de lo restituido, que difunda los canales de queja fuera de Pichincha y que se realicen estudios posteriores sobre el uso de los recursos restituidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Congreso Nacional del Ecuador. Ley Orgánica de Defensa del Consumidor (Internet). Quito: Registro Oficial Suplemento 116; 10 jul 2000 (texto reformado). Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Defensa-Consumidor.pdf
2. Presidencia de la República del Ecuador. Decreto Ejecutivo n.º 425. Quito: Cuarto Suplemento del Registro Oficial n.º 312; 24 jun 2026.
3. Banco Central del Ecuador. Crecimiento interanual PIB (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 12 nov 2026). Disponible en: https://contenido.bce.fin.ec/wp-content/uploads/ESTADISTICAS-ECONOMICAS/indicadores/CrecimientoInteranualPIB.html
4. Banco Central del Ecuador. Índice de Confianza del Consumidor, junio de 2025 (Internet). Quito: Banco Central del Ecuador; 2025 (citado 12 nov 2026). Disponible en: https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/mensual/ICC202506.html
5. Rodrigues de Melo É. Los derechos del consumidor como derechos humanos: consideraciones legales y filosóficas. República y Derecho. 2020;5:1-26. Disponible en: https://revistaryd.derecho.uncu.edu.ar/index.php/revista/article/view/179
6. Fuentes Tenorio EG. El consumidor ecuatoriano y los derechos que brinda la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor. Dominio de las Ciencias. 2022;8(3):437-57. Disponible en: https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2938
7. Mellado Ruiz L. La protección de los consumidores vulnerables en tiempos de Covid-19. Ars Iuris Salmanticensis. 2021;9(1):11-29. Disponible en: https://www.torrossa.com/en/resources/an/4963295
8. Durand Carrión JB. El deber de idoneidad y su alcance normativo en la contratación inmobiliaria, una mirada garantista a los derechos de los consumidores. THEMIS Revista de Derecho. 2023;(83):281-302. Disponible en: https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/themis/article/view/28061
9. Del Villar Montt L. Generando confianza en la institucionalidad de protección al consumidor en Chile: evolución y desafíos pendientes. Sección Diálogos (Internet). Santiago:

Universidad Adolfo Ibáñez; 2023. Disponible en: https://centrocompetencia.com/wp-content/uploads/2023/03/Dialogo-CECO-Lucas-del-Villar-Montt-Institucionalidad-derechos-consumidores.pdf

10. Madrid D, Méndez R, Tabra E, Lascano G. Asimetrías informativas y relaciones de consumo: una revisión a partir del análisis económico de derecho. En: Moreno Castillo LF, Ortiz Zamora LA, directores. Anuario Iberoamericano de Regulación. La regulación en los tiempos del COVID. Vol. II. Bogotá: Universidad Externado de Colombia; 2022. p. 55-68. Disponible en: https://www.jstor.org/stable/j.ctv3596w5q
11. Condrac EJ. Defensa del consumidor y dignidad humana: el derecho del consumidor como factor de corrección de desigualdades estructurales. Inserción. 2022;3(3):109-28. Disponible en: https://revistas.ucse.edu.ar/index.php/insercion/article/view/471/572
12. Akerlof GA. The market for "lemons": quality uncertainty and the market mechanism. Q J Econ. 1970;84(3):488-500. Disponible en: https://www.jstor.org/stable/1879431
13. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. Directrices de las Naciones Unidas para la protección del consumidor (Internet). Naciones Unidas; 2016. Informe n.º UNCTAD/DITC/CPLP/MISC/2016/1. Disponible en: https://empretec.unctad.org/system/files/official-document/ditccplpmisc2016d1_es.pdf
14. Davidson P. Post Keynesian macroeconomic theory: a foundation for successful economic policies for the twenty-first century. 2.ª ed. Cheltenham: Edward Elgar; 2011.
15. Godley W, Lavoie M. Monetary economics: an integrated approach to credit, money, income, production and wealth. Basingstoke: Palgrave Macmillan; 2007.
16. Lavoie M. Post-Keynesian economics: new foundations. Cheltenham: Edward Elgar; 2014.
17. Combita G, Clavijo P. Keynes y las vertientes neokeynesiana y poskeynesiana: una revisión metodológica. Debate Económico. 2016;5(3):7-32. Disponible en: https://debateeconomico.org/wp-content/uploads/2023/07/debate-15.pdf#page=9
18. Ruiz Landin EA, Ordoñez Benitez AC, Campuzano Vásquez JA, Castellano Montiel AG. El gasto público en el Ecuador: un enfoque desde la economía heterodoxa, período 2000-2023. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS. 2025;7(4):192-210. Disponible en: https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1581/2085
19. Minsky HP. Stabilizing an unstable economy. New Haven: Yale University Press; 1986.
20. Rísquez J. Keynes: la teoría cuantitativa y la no neutralidad del dinero. Revista de Ciencias Sociales. 2006;12(2):308-18. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182006000200009&lng=es&tlng=es
21. Duarte C. Políticas monetarias no convencionales en Estados Unidos. La trampa de la liquidez en la economía contemporánea. Ola Financiera. 2021;14(38):133-54. Disponible en: https://revistas.unam.mx/index.php/ROF/article/view/79220

22. Duarte C. Los límites de la política monetaria: de la trampa de la liquidez al zero lower bound. Problemas del Desarrollo. 2022;53(211):133-52. Disponible en: https://www.probdes.iiec.unam.mx/index.php/pde/article/view/69850
23. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Recommendation of the Council on Consumer Dispute Resolution and Redress (Internet). París: OECD Legal Instruments; 2007. Instrumento n.º OECD/LEGAL/0356. Disponible en: https://legalinstruments.oecd.org/public/doc/185/185.en.pdf
24. Varian HR. Intermediate microeconomics: a modern approach. 8.ª ed. New York: W. W. Norton & Company; 2010.
25. Nicholson W, Snyder C. Microeconomic theory: basic principles and extensions. 12.ª ed. Boston: Cengage Learning; 2017.
26. Campaña Terán PV. La defensa del consumidor en el Ecuador. De espaldas a los principios internacionales de protección. Iuris Dictio. 2019;24(24):17-32. Disponible en: https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/iurisdictio/es/article/view/1454
27. Falconi Baquero MF. Cláusulas abusivas y derechos de los consumidores en Ecuador. Chakiñan, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades. 2022;(18):191-202. Disponible en: https://chakinan.unach.edu.ec/index.php/chakinan/article/view/782
28. Tumbaco Ortiz TT, García Llamuca E. Ineficacia del proceso sumario de usuarios y consumidores aplicado por la Defensoría del Pueblo para resarcir la afectación de los derechos de los consumidores. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (Internet). 2019 jun. Disponible en: https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/ineficacia-proceso-sumario.html
29. González Sinisterra SV. La protección reforzada del consumidor en contratos de consumo. Novum Jus. 2022;16(2):187-215. Disponible en: https://novumjus.ucatolica.edu.co/index.php/Juridica/article/view/4547/4305
30. Criado Burgos MA, Risco Zelada MA. Eficacia de los mecanismos de defensa del consumidor frente a la normativa de la Ley N° 29571 de protección al consumidor INDECOPI 2023 (tesis de pregrado en Internet). Perú: Universidad Privada del Norte; 2024. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/afaec8d0-10cf-4d46-a3d9-cde5c4661e16/content
31. Lanni S, Barrientos Camus F. El consumidor latinoamericano: nuevos desafíos para la armonización del derecho. Revista General de Derecho Público Comparado. 2018;(23). Disponible en: https://www.iustel.com/v2/revistas/detalle_revista.asp?id_noticia=420611
32. Rojo ML. La defensa del consumidor en el MERCOSUR. Aequitas. 2013;6(6). Disponible en: https://p3.usal.edu.ar/index.php/aequitas/article/view/1685/2135
33. Corredor Higuera JA. La armonización en materia de protección al consumidor financiero en América Latina. Boletín Mexicano de Derecho Comparado. 2015;48(144):931-72. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0041-86332015000300002&script=sci_abstract

34. Morales Acosta A. Arbitraje de consumo: retos en el sistema de protección al consumidor. Ius Et Praxis. 2021;52(52):311-38. Disponible en: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ius_et_Praxis/article/view/5007
35. Morales Ortiz ME, Walker Silva NM. Resolución alternativa de conflictos ante el Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC). Vniversitas. 2020;69:1-15. Disponible en: https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnijuri/article/view/29051
36. Bochenek AC, Elesbon SAZS. ODR's em conflitos de consumo: o consumidor.gov.br precisa de um nudge? Revista Internacional CONSINTER de Direito. 2023. Disponible en: https://revistaconsinter.com/index.php/ojs/1620
37. Van Loo R. The public stakes of consumer law: the environment, the economy, health, disinformation, and beyond. Minnesota Law Review. 2023;107(5):2039. Disponible en: https://scholarship.law.umn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1106&context=minnlrev
38. Secretaria Nacional do Consumidor. Boletim Consumidor.gov.br · 2022 (Internet). Brasília: Ministério da Justiça e Segurança Pública; 2023. Disponible en: https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/noticias/dia-do-consumidor-senacon-lanca-boletins-com-os-dados-de-reclamacoes-recebidas-em-2022/15-03-2023-boletim_consumidor-gov-br_2022_v6.pdf
39. Duarte C. La pandemia y el Banco de México en el contexto de políticas monetarias no convencionales. En: Meireles M, Maya C, coordinadores. Senderos de la recuperación pospandémica: política monetaria, inestabilidad financiera y desarrollo económico. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2023. p. 55-68. Disponible en: https://libros.iiec.unam.mx/meireles_maya_recuperacion-pospandemica

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ENFERMERÍA: TRANSFORMACIÓN DEL ROL PROFESIONAL, SEGURIDAD DEL PACIENTE Y DESAFÍOS ÉTICOS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PROFESIONALES

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN NURSING: TRANSFORMATION OF THE PROFESSIONAL ROLE, PATIENT SAFETY, AND ETHICAL CHALLENGES FROM THE PERSPECTIVE OF HEALTHCARE PROFESSIONALS)

Leonardo Lanzee Mendoza Jiménez[1], David Santiago Agualongo Chela[2], Isabel Natalia Uguña Dominguez[3], Richard Steeven Herrera Elizalde[4]

{lic.lanzee.mendoza@hotmail.com[1], deyvisagualongo@yahoo.es[2], naty_u85@hotmail.com[3], steevenh124@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 17/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: Los sistemas de inteligencia artificial (IA) están ganando protagonismo en el quehacer de enfermería. Este fenómeno plantea importantes retos tanto en términos de seguridad del paciente como de tipo ético. El objetivo de esta investigación fue sintetizar la evidencia cualitativa disponible sobre el impacto de la IA en el quehacer profesional de enfermería, la seguridad del paciente y los aspectos éticos. Se llevó a cabo una revisión sistemática cualitativa (combinación temática). Se siguieron las directrices PRISMA 2020. Las bases de datos utilizadas fueron PubMed, CINAHL, Scopus, Web of Science y ScienceDirect . Período de búsqueda 2021 - 2026. Incluimos estudios cualitativos y de métodos mixtos que analizan percepciones de profesionales en ejercicio. Evaluamos la calidad metodológica de los estudios mediante criterios estandarizados y la confianza en los resultados aplicando el enfoque GRADE-CERQual. Los resultados muestran que los profesionales valoran positivamente la IA en cuanto a optimización de procesos de documentación y reducción de carga administrativa. También destacan su utilidad en la mejora de procesos de toma de decisión. Por otro lado, los profesionales también expresan preocupación por la posible deshumanización del cuidado, el riesgo de pérdida de juicio clínico y la opacidad de los algoritmos. Además, destacan la dificultad para establecer una clara asignación de responsabilidades. En cuanto a la seguridad del paciente, se destaca el potencial beneficio en**

[1]Investigador independiente México – CDMX, https://orcid.org/0009-0005-3322-6916
[2]Hospital General Ambato IESS, Ecuador, https://orcid.org/0000-0002-8705-2609
[3]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-4342-2080
[3]Investigador independiente, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-4404-0904

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

**la reducción de errores de medicación. Sin embargo, también se identifican riesgos asociados a sesgo algorítmico y fatiga de alertas. Además, se pone de manifiesto el riesgo de sobredependencia de las herramientas tecnológicas. Los principales retos éticos son la autonomía del paciente, la privacidad de la información, la equidad en la atención y la relación enfermera-paciente. Es importante que la IA se incorpore de forma complementaria y no sustitutiva de la dimensión humanística. Además, es fundamental avanzar en procesos de alfabetización crítica en IA. Por otro lado, es importante establecer procesos de gobernanza ética. Finalmente, es importante que los profesionales de enfermería participemos activamente en los procesos de diseño e implementación de estas tecnologías.**

***Palabras clave: Inteligencia artificial; Enfermería; Seguridad del paciente; Ética; Rol profesional; Percepción***

**ABSTRACT: Artificial intelligence (AI) systems are gaining increasing prominence in nursing practice. This development poses significant challenges in terms of both patient safety and ethical considerations. The aim of this study was to synthesize the available qualitative evidence on the impact of AI on nursing practice, patient safety, and ethical issues. A qualitative systematic review with thematic synthesis was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. The databases searched were PubMed, CINAHL, Scopus, Web of Science, and ScienceDirect, covering the period from 2021 to 2026. Qualitative and mixed-methods studies examining the perceptions of practicing nursing professionals were included. The methodological quality of the studies was assessed using standardized criteria, while confidence in the findings was evaluated using the GRADE-CERQual approach. The results indicate that nursing professionals have a positive perception of AI regarding its ability to optimize documentation processes and reduce administrative workloads. They also highlight its usefulness in supporting clinical decision-making. However, professionals express concerns about the potential dehumanization of care, the risk of undermining clinical judgment, and the lack of transparency in algorithmic processes. Furthermore, they emphasize the difficulties associated with establishing clear accountability mechanisms. Regarding patient safety, the potential benefits of AI in reducing medication errors are noteworthy. Nevertheless, risks related to algorithmic bias, alert fatigue, and excessive dependence on technological tools have also been identified. The main ethical challenges involve patient autonomy, information privacy, equity in healthcare delivery, and the nurse-patient relationship. AI should be incorporated as a complementary tool rather than as a substitute for the humanistic dimension of nursing care. Furthermore, promoting critical AI literacy and establishing ethical governance frameworks are essential. Finally, nursing professionals must actively participate in the design and implementation of these technologies.**

***Keywords: Artificial intelligence; Nursing; Patient safety; Ethics; Professional role; Perception.***

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

# INTRODUCCIÓN

En apenas unos años hemos pasado de la investigación en los laboratorios a la aplicación en el día a día de la práctica clínica. Los sistemas de procesamiento de lenguaje natural para documentación automatizada, los algoritmos predictivos de deterioro clínico, las bombas de infusión inteligentes o los asistentes virtuales de triaje son algunos de los ejemplos de aplicación de la inteligencia artificial (IA). En enfermería somos el colectivo profesional más importante y usuarios principales de muchas de estas herramientas. Sin embargo, hay aspectos de este cambio que aún no entendemos bien. En concreto, se ha destacado en la literatura científica que tenemos un conocimiento incompleto de cómo los profesionales comprendemos este cambio. Señalando especialmente los aspectos relacionados con nuestra identidad profesional, seguridad del paciente y dilemas éticos.

La figura de enfermero/a está caracterizada por el trabajo técnico-científico, pero también por su capacidad de pensar y por el componente eminentemente relacional que tiene. En este sentido, la introducción de la IA puede suponer un aspecto muy interesante en cuanto a la optimización de procesos (ahorro de tiempo en tareas administrativas, reducción de errores) y mejora de la predictividad. Sin embargo, también existe cierta preocupación por parte de los profesionales sobre la "automatización" de la intuición y la experiencia. Los resultados de algunas revisiones sobre actitudes de las enfermeras hacia la IA muestran que tienen una actitud generalmente positiva, aunque con un nivel bajo/moderado de conocimiento sobre el tema y cierto grado de ansiedad por los aspectos relacionados con el desplazamiento, deshumanización y ausencia de marcos de gobernanza claros (1,2). Esto representa un riesgo para su adopción segura y sostenible (3).

La evidencia existente en seguridad del paciente muestra que estos sistemas han demostrado reducciones de errores de medicación (con sistemas de apoyo a la decisión clínica y bombas de infusión inteligentes) en entornos controlados. Por ejemplo, en una revisión sistemática se muestran reducciones de hasta un 95% en errores de quirófano utilizando sistemas de apoyo a la decisión y de aproximadamente un 80% en errores de medicación intravenosa usando bombas inteligentes (3). Además, existen amenazas asociadas a estos sistemas (calidad de los datos, interoperabilidad, sistema algorítmico, fatiga de alertas) que pueden generar nuevos riesgos (4,5). Los profesionales tienen la sensación de que la seguridad de estos sistemas no sólo está relacionada con la exactitud del algoritmo sino también con la calidad de la implementación, adiestramiento y control que tienen sobre las decisiones clínicas (6).

En términos de ética, existen varios aspectos que deben considerarse. Por un lado, existe un problema de autonomía del paciente. Los algoritmos pueden dar recomendaciones que son opacas y por ello puede haber problemas con el consentimiento informado. El paciente no puede entender bien qué es lo que está ocurriendo. Por otro lado, están los problemas de privacidad. Los datos pueden ser usados secundariamente y se tiene la sensación de que siempre están

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

siendo observados (7, 8). También hay un problema de rendición de cuentas. Si ocurre algún evento adverso que es resultado de una sugerencia de los algoritmos que no es bien entendida por la enfermera, puede haber problemas de rendición de cuentas (9). Además, también hay que pensar en equidad. Los algoritmos se entrenan a partir de datos que pueden no ser representativos de poblaciones diversas (10). En revisiones sistemáticas recientes se han desarrollado marcos que engloban estos aspectos en tres dominios (usuario / tecnología / contexto) y en los que se destacan los aspectos de justicia/equidad, responsabilidad y transparencia (11).

A pesar de que existe una literatura emergente, continúa existiendo un vacío en cuanto a la síntesis de evidencia cualitativa que refleja las tres dimensiones (transformación de roles; seguridad del paciente; y desafíos éticos) desde la voz de los profesionales. Por ello, esta revisión cualitativa sistemática pretende contribuir a completar ese vacío. Se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las percepciones de los profesionales de enfermería (evidencia publicada entre 2021 y 2026) sobre los siguientes aspectos relacionados con IA en salud ?: transformación de roles; seguridad del paciente y desafíos éticos. El objetivo general es sintetizar las percepciones de los profesionales de enfermería (temáticamente) sobre los aspectos relacionados con IA en salud. Esta síntesis servirá de base para desarrollar políticas de implementación, programas de formación y marcos de gobernanza ética que pongan en el centro a la enfermería en el diseño y evaluación de la IA en salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una revisión sistemática cualitativa con síntesis temática. Los procesos siguieron las directrices de la declaración PRISMA 2020 para el informe de revisión sistemáticas (27). Aunque la revista no requiere explícitamente el registro en PROSPERO, en este caso no se ha realizado. Sin embargo, se han registrado las decisiones metodológicas a priori.

Estrategia de búsqueda. Para establecer la estrategia de búsqueda hemos contado con la colaboración de una bibliotecaria especializada en ciencias de la salud. Hemos buscado en las bases de datos de PubMed/MEDLINE, CINAHL, Scopus, Web of Science y ScienceDirect. Se han buscado estudios publicados entre enero 2021 y diciembre 2026. Además, los artículos deben estar escritos en inglés, español o portugués. Se han combinado terminología MeSH/DeCS y términos libres. Los términos de búsqueda han sido ("Inteligencia Artificial" O "IA") AND ("Enfermería" OR "Enfermeras") AND ("Seguridad del Paciente" OR "Ética" OR "Rol Profesional" OR "Percepción" OR "Cualitativa"). Se han utilizado filtros para estudios cualitativos y de métodos mixtos, además de revisiones sistemáticas. También se ha realizado una búsqueda manual en las referencias de los estudios incluidos. Además, se ha buscado en literatura gris de organismos oficiales (OMS, ANA, ICN), con el fin de minimizar el mensaje de publicación.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

Criterios de selección. Se han incluido aquellos estudios que cumplían al menos con los siguientes requisitos: (a) El estudio trata sobre percepciones / experiencias / actitudes de enfermeras / os en activo (no sólo estudiantes) respecto a la aplicación de IA en su práctica clínica. (b) Al menos uno de los tres aspectos de interés (rol, seguridad del paciente y ética) está presente. (c) Se ha utilizado un enfoque cualitativo o de métodos mixtos (con parte cualitativa sustantiva). (d) Publicación entre 2021 - 2026. (e) Disponibilidad del texto íntegro. Se han excluido: editoriales / cartas al editor / artículos de opinión (sin información empírica) / estudios técnicos (sólo algoritmos sin parte humana) /estudios centrados en otros profesionales (médicos) sin separar información sobre enfermería.

Proceso de selección y extracción de datos. Se procedió a leer los títulos y resúmenes de los registros encontrados por dos revisores de manera independiente. En caso de disidencias se alcanzó un consenso o se decidió mediante un tercer revisor. Tras esto se procedió a obtener los textos íntegros de los estudios potencialmente elegibles y se aplicaron los criterios de inclusión. Se extrajeron los datos básicos (autor / es, año, país, diseño, población, contexto, aplicación de IA) y los hallazgos pertinentes a los tres aspectos de interés. Se valoró la calidad metodológica mediante los criterios estandarizados (CASP) para estudios cualitativos (credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad de los hallazgos).

Síntesis temática y evaluación de la confianza. Siguiendo el enfoque de síntesis temática de Thomas y Harden, los hallazgos de los estudios fueron codificados de manera inductiva por parte de dos revisores. A partir de estos se desarrollaron temas descriptivos que se agruparon en temas analíticos relevantes para la pregunta de investigación. Estos últimos fueron objeto de discusión y refinamiento hasta lograr un consenso. Los hallazgos sintéticos fueron sometidos a una evaluación de confianza según el enfoque GRADE-CERQual . Para ello se tuvieron en cuenta las limitaciones metodológicas, así como la coherencia y adecuación de los datos y la relevancia de los resultados sintetizados 28.

Consideraciones éticas. Dado que se trata de una revisión de literatura publicada no ha sido necesaria la aprobación de un comité de ética. Los datos extraídos han sido tratados de manera agregada y anonimizada. Se han respetado los principios de integridad científica.

## RESULTADOS

La síntesis temática de los estudios incluidos permitió identificar cinco temas analíticos que articulan las percepciones de los profesionales de enfermería. El proceso de selección se detalla a continuación.

1. **“La IA alivia, pero no sustituye”: reconfiguración de tareas y preservación del núcleo humanístico.**

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

Los profesionales destacan el uso de la IA para automatizar procedimientos de documentación, así como optimización de procesos de trabajo. Se destaca su capacidad de ahorrar tiempo para dedicarlo a aspectos más relacionales. Sin embargo, existe una fuerte creencia en que, aunque la IA pueda sustituir algunas tareas, no sustituye a la enfermera. Los estudios coinciden en que las enfermeras señalan un conjunto de elementos humanísticos que deben mantenerse en el ámbito exclusivo de la enfermera. Se trata de aspectos relacionados con el juicio clínico intuitivo, la compasión y la presencia terapéutica. Además de la relación de confianza (1) (10). El cambio de rol no lo ven como algo que les supone un riesgo de extinción. Se requieren nuevos conocimientos y habilidades (alfabetización digital e interpretación crítica de algoritmos). En una revisión sistemática cualitativa se identificó el tema " refuerzo en lugar de reemplazo " como uno de los 5 ejes centrales en la percepción de las enfermeras de primera línea (2). También se han realizado estudios fenomenológicos donde se ha captado la tensión entre eficiencia algorítmica y conservación del " toque humano ". Es una preocupación de tipo identitario (12).

**2. Seguridad del paciente: beneficios tangibles y riesgos latentes.**

Los participantes han admitido que puede haber beneficios en términos de reducción de error de medicación (sistema de ayuda a la decisión clínica, bombas de infusión inteligentes, validación automática de prescripción) y mejora de la monitorización (3,13). Sin embargo, se considera que esto está ligado a cómo se implementa. Es decir, puede dar lugar a nuevos riesgos si no se hacen correctamente (por ejemplo, porque no hay información completa, aparecen mensajes que no son relevantes y producen fatiga, tienen mal diseño de interfaz o no están integrados en los flujos de trabajo reales) (4,14). Además, es fundamental que la enfermera tenga la posibilidad de ver y deshabilitar las recomendaciones que hace el sistema (que están basadas en algoritmos) para poder aplicar su propio criterio clínico. En una revisión sistemática sobre errores de medicación se concluye que, aunque la IA contribuye significativamente a mejorar la seguridad, su éxito está relacionado con la formación de las enfermeras, la integración de los sistemas, las protecciones éticas y la adecuación a los flujos de trabajo (3). También se ha visto que los profesionales perciben que la " seguridad " implica también mantener el control y la responsabilidad sobre la decisión final (15).

**3. La ética del cuidado en la era algorítmica: autonomía, privacidad y equidad.**

Surge en la literatura. Los aspectos relacionados con la autonomía del paciente también están siendo problematizados en relación a las recomendaciones opacas de la IA (7). Se plantea el problema de privacidad, en relación con el uso secundario de los datos (que es objeto de preocupación) y la sensación de estar siendo permanentemente observado (8, 16). En un estudio realizado mediante el enfoque fenomenológico hermenéutico se han identificado 6 temas. Entre ellos destacan " dimensiones éticas de la integración de la IA " y " desafíos de privacidad ". Las enfermeras se consideran como custodias de la información del paciente (4). El desafío ético más profundo es el de equidad. Se plantea que los algoritmos entrenados con datos poco diversos

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

pueden reproducir sesgos existentes y profundizar las inequidades en salud (sobre todo en poblaciones vulnerables) (10,17). En una revisión sistemática cualitativa se ha destacado que las enfermeras apuntan en este sentido a la inequidad promovida por la IA como el problema más profundo desde el punto de vista ético (2). Los últimos marcos éticos coinciden en destacar la importancia de los aspectos de justicia/equidad, transparencia y responsabilidad en la evaluación ética de la IA en enfermería (11).

## 4. La difusa línea de la responsabilidad y la rendición de cuentas.

Los enfermeros muestran una gran incertidumbre sobre quién debe ser responsable en caso de que el evento adverso tenga que ver con una sugerencia algorítmica. Se habla de "difusa" o "incierta" responsabilidad legal/profesional (¿qué pasa si hay un problema?, ¿quién es responsable? ¿El que ha creado el algoritmo? ¿La institución que implementa el algoritmo? ¿Qué pasa si el clínico sigue la recomendación? ¿Y si decide hacer caso omiso?) (9). Esto genera ansiedad y puede llevar a des responsabilizarse a generar sobrecarga de responsabilidad en la enfermera. (18) En la literatura sobre ética de la IA en enfermería se ha puesto en evidencia la existencia de "la brecha de responsabilidad". Los profesionales sienten que los marcos regulatorios no están avanzando al mismo paso que la tecnología. (19) En una revisión sistemática sobre dimensiones éticas se concluye que los aspectos de autonomía, autoridad y rendición de cuentas son un tema central que requieren de modelos de gobernanza compartida. (5)

## 5. Alfabetización en IA y gobernanza: barreras y facilitadores para una adopción segura.

La brecha de conocimientos es identificada por los profesionales como principal obstáculo para su integración segura. Se trata de un proceso más amplio que implica conocer no sólo las características técnicas de las herramientas, sino también sus limitaciones y sesgos, y las implicaciones éticas que pueden generar (20). En una revisión de carácter internacional se ha encontrado que el nivel de conocimientos de las enfermeras sobre IA es bajo / moderado y que las actitudes son en general positivas. Además, se encuentra de manera consistente que la alfabetización en IA tiene relación con menos ansiedad asociada a la IA. Las barreras son la formación inadecuada y limitaciones en infraestructura y marcos de gobernanza (1). Los facilitadores son el liderazgo de enfermería en los procesos de adopción; el diseño conjunto entre herramientas y usuarios finales; la infraestructura tecnológica adecuada y los marcos regulatorios claros (21). En ausencia de estos elementos existe el riesgo de que sean percibidas como una imposición desde la tecnología que compromete la autonomía profesional (22). Por otro lado, en una revisión sistemática sobre fuerza laboral se concluye que hay evidencia que apoya una integración prudente y gradual acompañada de marcos estandarizados de competencia digital, seguimiento humano e investigación prospectiva de efectividad y equidad (23).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

# DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión también confirman que la incorporación de IA en enfermería requiere de un manejo activo por parte de los profesionales. Las enfermeras muestran un " optimismo cauteloso " respecto a su incorporación en nuestro ámbito profesional. Reconocen sus ventajas (sobre todo en aspectos relacionados con la reducción de tareas administrativas y mejora de la seguridad) pero tienen dudas respecto a su implementación si no se respeta el "espíritu" de los cuidados (1, 2). Esto no debe entenderse como una resistencia al cambio sino como un posicionamiento desde la ética que requiere de ciertas garantías de seguridad y gobernanza. De hecho, se han encontrado actitudes positivas hacia la IA junto a un nivel bajo de conocimiento y alto de ansiedad. Este dato ha sido encontrado en revisión de ámbito internacional (24).

Respecto a la seguridad del paciente, hay que destacar que los beneficios de la IA son reales, aunque están relacionados con la calidad de la implementación. Por ejemplo, en el caso de la reducción de errores de medicación o de la detección precoz de deterioro (3). El concepto de seguridad va más allá de la propia exactitud del algoritmo. Es importante que sean utilizables y transparentes y puedan ser cancelados. También es importante el entrenamiento del usuario. Todo esto tiene implicaciones para las políticas que deben adoptarse en las instituciones. Por ello es importante que vayan asociados a programas de entrenamiento continuo. Además, deben establecer protocolos de verificación y sistemas de notificación de incidentes (incluidos los errores que se producen mediante algoritmos) (14). En concreto respecto a los errores de medicación es interesante observar que se han encontrado reducciones porcentuales significativas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la efectividad está relacionada con la adecuación al flujo de trabajo y la superación de ciertas barreras (por ejemplo, fatiga de alertas o resistencia a la adopción) (15).

El análisis de este aspecto desde la ética muestra cómo los profesionales además de detectar los dilemas clásicos (autonomía, privacidad) están atentos a la nueva problemática de equidad algorítmica que se ha venido planteando en la literatura (10,17). Es de especial interés en contextos de recursos escasos donde además el entorno digital está desigualmente infraestructurado. Se percibe que la IA puede acentuar las diferencias existentes en salud. Por ello son necesarios marcos de gobernanza que incluyan auditorías de sesgo, evaluaciones de impacto ético y participación de las comunidades implicadas en el diseño y evaluación de las herramientas (11). En un marco tripartito reciente se reflejan estos aspectos en tres dominios de usuario- tecnología-contexto. Además, alertan de que la tensión entre eficiencia algorítmica y cuidado centrado en la persona es el eje de la ética de la IA en enfermería (12).

Por otro lado, existe un vacío regulatorio que los profesionales debemos afrontar urgentemente. La falta de marcos claros de responsabilidad profesional en caso de errores mediados por IA puede llevar a desconfianza y parálisis en los clínicos (9). Es necesario diseñar modelos de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 267-277
DOI:
https://doi.org/10.56519/n214w107

responsabilidad compartida. Hay que distinguir entre el error algorítmico y el error de implementación en la institución. También es importante distinguir entre error algorítmico y error de juicio clínico. Además, deben establecerse cauces claros de rendición de cuentas. Es importante que no haya penalización en la notificación transparente de incidentes (18). En la literatura sobre ética de la IA en enfermería hay consenso en que la "brecha de responsabilidad" no puede solucionarse con directrices técnicas sino con marcos jurídicos y organizativos que reconocen la compleja naturaleza sociotécnica de la práctica clínica (19).

Por último, es importante destacar que también es fundamental desarrollar alfabetización en IA. Los programas de entrenamiento no sólo tienen que centrarse en conocimientos técnicos, sino que también deben fomentar el entendimiento crítico sobre sesgos e inconvenientes de los algoritmos (20,24). Además de esto, el liderazgo de enfermería tiene que estar presente en el diseño y evaluación de las herramientas (21,25).

Limitaciones. Existen algunas limitaciones a esta revisión. Por un lado, hemos realizado la búsqueda sólo en 3 idiomas y en un periodo de 5 años. Por otro lado, los estudios incluidos son de diferente tipo metodológico (estudios cualitativos, mixtos y revisiones), por lo que es difícil comparar entre ellos. Por otro lado, la mayoría de los estudios proceden de países de altos ingresos. Finalmente, aunque hemos aplicado criterios estandarizados de valoración de la calidad (GRADE-Cerque), no podemos descartar el problema de sesgo de publicación. Por todo ello, los resultados deben ser considerados teniendo en cuenta estas limitaciones. Además, deben servir de punto de partida para futuras investigaciones empíricas en contextos locales.

## CONCLUSIONES

Sin embargo, también está transformando el rol de los profesionales de enfermería. Las tareas de enfermería pasan a ser automatizadas por los sistemas de IA. Los profesionales afirman que los aspectos más humanos del cuidado (juicio clínico, compasión y confianza) deben seguir siendo un monopolio de los profesionales de enfermería. Los profesionales desarrollan nuevas competencias de supervisión crítica, lectura de algoritmos y defensa del paciente.

Además, se percibe como un beneficio condicional. Por un lado, la IA puede ayudar a minimizar errores (si se introduce con calidad y con posibilidad de cancelar). Por otro lado, puede generar nuevos riesgos (si no se tienen en cuenta aspectos como usabilidad, transparencia e integración con los flujos de trabajo). También es un problema de rendición de cuentas ante errores que implican IA.

Los desafíos éticos (autonomía, privacidad, equidad y relación enfermero-paciente) requieren de un enfoque de gobernanza proactivo. Es importante involucrar a los profesionales en el proceso de diseño e implementación de las tecnologías. Además, es fundamental contar con

alfabetización en IA (no sólo técnica, sino también ética). Esto es necesario para que la IA contribuya a potenciar los valores de enfermería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Özye Yaman, et al. Psychiatric and Mental Health Nurses' Experiences and Perceptions of Artificial Intelligence in Clinical Practice: A Qualitative Study. *J Psychiatr Ment Health Nurs*. 2026. doi:10.1111/jpm.70216.
2. Nurses' perceptions of artificial intelligence adoption in healthcare: A qualitative systematic review. *Nurse Educ Pract*. 2025. doi:10.1016/j.nepr.2025.104199.
3. Exploring the impact of artificial intelligence integration on medication error reduction: A nursing perspective. *Nurse Educ Pract*. 2025. doi:10.1016/j.nepr.2025.104194.
4. Nurses' perspectives on privacy and ethical concerns regarding artificial intelligence adoption in healthcare. *Heliyon*. 2024;10(17):e36702. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e36702.
5. Ethical dimensions of artificial intelligence in nursing and midwifery: A systematic review and responsible AI toolkit. *Int J Nurs Stud*. 2026;186:105722. doi:10.1016/j.ijnurstu.2026.105722.
6. A tripartite framework for nursing artificial intelligence ethics: A scoping review. *Nurs Outlook*. 2026;74(6):102908. doi:10.1016/j.outlook.2026.102908.
7. The Role of Artificial Intelligence in Developing a Future-Ready Nursing Workforce: A Systematic Review. *J Nurs Manag*. 2026;2026(1):e8272597. doi:10.1155/jonm/8272597.
8. Nurses' knowledge, attitudes, literacy, anxiety, and readiness towards artificial intelligence in clinical practice: An international scoping review. *Int J Nurs Stud Adv*. 2026. doi:10.1016/j.ijnsa.2026.100294.
9. Mapping factors associated with nurses' attitudes toward artificial intelligence: a scoping review. *BMC Nurs*. 2026;25:290. doi:10.1186/s12912-026-04459-5.
10. Nursing leadership and artificial intelligence ethics: Safeguarding relationships and values. *Nurs Ethics*. 2025. doi:10.1177/09697330251366599.
11. Balancing Profit and Patient-Centredness: Nurses' Perspectives on Artificial Intelligence Adoption in Healthcare Businesses. *J Eval Clin Pract*. 2026. doi:10.1111/jep.70408.
12. Ethical boundaries and data-sharing practices in AI-enhanced nursing: An Arab perspective. *Int Nurs Rev*. 2025. doi:10.1111/inr.70013.
13. Ethical considerations of AI integration in palliative care: a qualitative study. *BMC Palliat Care*. 2026;25:132. doi:10.1186/s12904-026-02059-3.
14. Triage Nurses' Perceptions of Artificial Intelligence: A Cross-Sectional Study. *J Emerg Nurs*. 2026. doi:10.1016/j.jen.2026.02.001.
15. Artificial Intelligence Readiness in Nursing: A Scoping Review of Knowledge, Attitudes, Practice, and Emerging Evidence on Patient Safety Culture. *Nurs Rep*. 2026;16(10):370. doi:10.3390/nursrep16100370.

16. AI-ABCs in Action: Graduate Nursing Students' Perspectives on Artificial Intelligence Literacy Education. *Nurse Educ*. 2026. doi:10.1097/NNE.0000000000002141.
17. Nurse Leadership and Artificial Intelligence Integration in Nursing Workforce Management: A Scoping Review. *J Adv Nurs*. 2025;81(10):5675–5686. doi:10.1111/jan.70296.
18. Ethical Governance of Artificial Intelligence in Nursing Management: Frameworks, Challenges, and Leadership Imperatives. *J Nurs Manag*. 2026. doi:10.1111/jonm.70045.
19. When the algorithm enters the classroom: A critical integrative review of large language models, nursing education structural gaps, and the reconstitution of professional identity. *Nurse Educ Today*. 2026. doi:10.1016/j.nedt.2026.106489.
20. Scenario-based artificial intelligence education and professional identity in nursing students: a qualitative futures study. *BMC Med Educ*. 2026. doi:10.1186/s12909-026-10618-8.
21. Neonatal nurses' experiences with generative AI in clinical decision-making: a qualitative exploration in high-risk NICUs. *BMC Nurs*. 2025. doi:10.1186/s12912-025-03456-7.
22. From Triage to Intensive Care: A Qualitative Study of Nurses' Experiences with AI-Enabled Decision Support. *J Clin Nurs*. 2026. doi:10.1111/jocn.70537.
23. Augmented clinician and black box paradox AI in clinical decision-making: A qualitative study of nursing students and clinical nurses. *Nurse Educ Pract*. 2026. doi:10.1016/j.nepr.2026.104312.
24. Artificial Intelligence Technologies Supporting Nurses' Clinical Decision-Making: A Systematic Review. *J Clin Nurs*. 2026;35(4):1525–1540. doi:10.1111/jocn.70156.
25. Artificial intelligence in nursing informatics: A systematic review of care planning, workflow optimization, and health outcomes. *Int J Nurs Stud*. 2026. doi:10.1016/j.ijnurstu.2026.105811.
26. Examining the Role of AI in Changing the Role of Nurses in Patient Care: Systematic Review. *JMIR Nurs*. 2026;9:e63335. doi:10.2196/63335.
27. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
28. Lewin S, Booth A, Glenton C, Munthe-Kaas H, Rashidian A, Wainwright M, et al. Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence synthesis findings: introduction to the series. *Implement Sci*. 2018;13(Suppl 1):2. doi:10.1186/s13012-017-0688-3.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

# FACTORES CRIMINOLÓGICOS ASOCIADOS AL SICARIATO EN EL CRIMEN ORGANIZADO EN ECUADOR

# CRIMINOLOGICAL FACTORS ASSOCIATED WITH CONTRACT KILLING WITHIN ORGANIZED CRIME IN ECUADOR

Jaritza Mabely Montero Olivares[1], Alexis Roberto Rivera Andrade[2]

{jaritza.montero@unach.edu.ec[1], alexisr.rivera@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 30/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El sicariato es un problema social y de seguridad en Ecuador. Se relaciona con el crimen organizado, las economías ilegales y las peleas por el control de territorios. Es clave entender los factores que influyen en este fenómeno para ver de dónde viene y ayudar a prevenir la violencia. El objetivo de esta investigación fue señalar los factores criminológicos más importantes ligados al sicariato dentro del crimen organizado en Ecuador. Para esto, se hizo un estudio documental con enfoque cualitativo, un alcance descriptivo y un diseño no experimental. Se revisaron artículos científicos, estudios académicos e informes de instituciones desde el año 2020 al 2026. La información se organizó en categorías como condiciones socioeconómicas, reclutamiento de jóvenes, conflictos territoriales, actividades ilegales y la respuesta de las instituciones de seguridad y justicia. Los resultados mostraron que la pobreza, la desigualdad social, el abandono escolar y la falta de oportunidades educativas y laborales pueden hacer que ciertos jóvenes sean más vulnerables al reclutamiento por parte de organizaciones criminales. También se encontró una relación entre el sicariato, las peleas por territorios y las rutas ligadas a economías ilegales, así como problemas en las instituciones para recoger pruebas, mantener la cadena de custodia y llevar a cabo la investigación penal. Se concluye que el sicariato es un fenómeno complejo que no se puede explicar solo por factores individuales o socioeconómicos. Por eso, es necesario mejorar los procesos de investigación forense, la coordinación entre instituciones y las políticas de prevención que tomen en cuenta las condiciones sociales y económicas relacionadas con este problema.**

***Palabras clave: Sicariato, crimen organizado, factores criminológicos y reclutamiento juvenil***

**ABSTRACT: Contract killing is a social and public security problem in Ecuador. It is associated with organized crime, illegal economies, and disputes over territorial control. Understanding the factors influencing this phenomenon is essential to identifying its origins and contributing**

[1]Maestria en Criminalistica y Ciencias Forenses, https://orcid.org/0009-0000-8606-538X
[2]Universidad Nacional de Chimborazo., Doctor en Ciencias Jurídicas, https://orcid.org/0000-0002-9223-6592

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

**to violence prevention. The objective of this research was to identify the main criminological factors associated with contract killing within organized crime in Ecuador. To achieve this, a documentary study was conducted using a qualitative approach, descriptive scope, and non-experimental design. Scientific articles, academic studies, and institutional reports were reviewed from 2020 to 2026. The information was organized into categories such as socioeconomic conditions, youth recruitment, territorial conflicts, illegal activities, and the response of security and justice institutions. The findings showed that poverty, social inequality, school dropout rates, and limited educational and employment opportunities may increase the vulnerability of certain young people to recruitment by criminal organizations. An association was also identified between contract killing, territorial disputes, and routes linked to illegal economies, as well as institutional difficulties in collecting evidence, maintaining the chain of custody, and conducting criminal investigations. It is concluded that contract killing is a complex phenomenon that cannot be explained solely by individual or socioeconomic factors. Therefore, it is necessary to strengthen forensic investigation procedures, interinstitutional coordination, and prevention policies that address the social and economic conditions associated with this problem.**

***Keywords: Contract killing, organized crime, criminological factors, and youth recruitment***

## INTRODUCCIÓN

El panorama criminal en Ecuador se ha diversificado y fragmentado debido a las disputas territoriales por el tráfico de drogas, delito estrechamente vinculado al sicariato (1). Estas dinámicas delictivas se explican desde la criminología por la falta de medios legítimos para alcanzar metas (anomia), el aprendizaje en entornos cercanos (asociación diferencial), la fragilidad de los vínculos institucionales (control social), el deterioro comunitario (desorganización social) y el cálculo entre beneficios económicos y bajo riesgo de sanción (elección racional) (1).

Históricamente, el origen del sicariato se remonta al derecho romano, donde existían disposiciones legales para sancionar a quienes asesinaban a sus enemigos mediante el uso de una daga. Etimológicamente, el término proviene del latín *sicarius*, cuya traducción literal corresponde a “hombre daga” o “asesino a sueldo” (1).

En el contexto ecuatoriano, las primeras manifestaciones registradas de esta modalidad delictiva surgieron a finales de la década de 1990 e inicios de los años 2000, cuando pandillas juveniles ubicadas en sectores marginados recurrían a la contratación de sicarios para ejecutar represalias, ajustar cuentas y disputar el control territorial y el liderazgo de actividades ilícitas (1).

En el marco jurídico vigente, el Código Orgánico Integral Penal (COIP) tipifica el sicariato en su artículo 143, sancionando a quien dé muerte a otra persona por precio, pago, recompensa, promesa remuneratoria u otra forma de beneficio. Esta figura se diferencia sustancialmente del

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

homicidio simple (art. 144 del COIP), el cual carece de circunstancias agravantes específicas, y del asesinato (art. 140 del COIP), que se configura bajo causales como la alevosía o el ensañamiento sin mediar un encargo remunerado; delimitar esta distinción resulta fundamental para precisar el alcance penal del fenómeno estudiado (1).

Asimismo, la expansión de estas prácticas delictivas está condicionada por factores socioeconómicos e institucionales, entre los que destacan la desigualdad social, la escasez de oportunidades laborales, la corrupción y las falencias en la administración de justicia. Este escenario propicio que amplios sectores juveniles perciban el sicariato como una vía rápida y accesible para obtener ingresos económicos(2) .

Si bien la incorporación normativa del sicariato representó un avance legal destinado a frenar su incidencia, dicha medida ha resultado insuficiente frente a la magnitud de la crisis de seguridad, debido en gran medida a las limitaciones en la capacitación operativa de la Policía Nacional para ejecutar procedimientos eficaces ante este tipo de delitos(3).

Por su parte, Manjarrés y Newton (4) afirman que la ola de violencia en Ecuador se ha incrementado de manera acelerada, al punto de que durante el año 2023 el país llegó a posicionarse como el más inseguro de América Latina y uno de los más peligrosos a nivel mundial.

La investigación sobre los elementos criminológicos vinculados al sicariato en el crimen organizado en Ecuador es crucial, pues permite examinar un problema que impacta la seguridad de la ciudadanía y la convivencia social. Según el Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado (OECO), el panorama delictivo en el país ha sufrido transformaciones relacionadas con la fragmentación de las estructuras delictivas y las luchas por el control del territorio, lo que brinda una mejor comprensión de la complejidad de la criminalidad organizada en el ámbito ecuatoriano (5).

Desde un enfoque criminológico, es esencial investigar las condiciones sociales, económicas e institucionales que pueden estar asociadas con este fenómeno, así como la manera en que las organizaciones criminales llevan a cabo sus actividades. El estudio de estos elementos puede ayudar a esclarecer por qué ocurren ciertas conductas delictivas, evitando que se atribuya el sicariato únicamente a factores individuales y sin considerar el contexto donde tiene lugar.

¿Cuáles son los principales factores criminológicos relacionados con el sicariato en el contexto del crimen organizado en Ecuador?

La presente investigación busca estudiar los factores criminológicos asociados al sicariato en el crimen organizado en Ecuador. Mediante el análisis de las condiciones sociales, económicas e institucionales que inciden en este fenómeno, se espera comprenderlo mejor y aportar información relevante para futuras investigaciones y para el diseño de planes orientados, principalmente, a prevenir la violencia y fortalecer la seguridad ciudadana.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

# MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló mediante una revisión documental de tipo narrativo, con enfoque cualitativo y alcance descriptivo. El objetivo principal fue identificar los factores criminológicos asociados al sicariato dentro del crimen organizado en Ecuador. Para ello, se analizaron artículos científicos, estudios académicos e informes institucionales relacionados con las condiciones sociales, económicas y territoriales de este fenómeno. El estudio presentó un diseño no experimental, debido a que no se manipularon variables ni se realizaron intervenciones, sino que se examinó información publicada previamente (6).

La búsqueda de información se realizó en bases de datos y repositorios académicos como Google Académico, SciELO, Dialnet y repositorios universitarios. Se utilizaron descriptores relacionados con el tema, entre ellos: «sicariato», «crimen organizado», «factores criminológicos», «desigualdad social», «pobreza», «deserción escolar», «reclutamiento juvenil», «disputas territoriales» y «economías ilegales». Para combinar estos términos se emplearon los operadores booleanos AND y OR. Se consideraron publicaciones en español e inglés correspondientes al período 2021-2026, que abordaran el sicariato y los factores relacionados con el crimen organizado en Ecuador (7).

El estudio se enfocó en Ecuador, analizando también investigaciones de territorios específicos cuando aportaron al análisis del crimen organizado. Se abordaron temas como sicariato como problemas socio jurídico, estructuras del narcotráfico, economías ilícitas y dificultades en la investigación de delitos violentos.

El proceso de selección se desarrolló mediante la revisión de títulos, resúmenes y textos completos. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, considerando la relación temática, el contexto ecuatoriano y el aporte de cada documento al objetivo de investigación. Se identificaron 25 documentos en la búsqueda inicial; durante la primera fase se excluyeron 5 documentos por no cumplir con los criterios temáticos, por lo que 20 documentos pasaron a la revisión de texto completo. En la segunda fase se descartaron 8 documentos por no cumplir con los criterios establecidos, quedando finalmente 12 fuentes seleccionadas para el análisis de resultados.

La información se organizó en una tabla con autores, año de publicación, tema y resultados principales, lo que permitió identificar coincidencias y diferencias, así como relaciones entre factores socioeconómicos, disputas territoriales y actividades ilegales. El análisis fue descriptivo, basado en la síntesis e interpretación de la información.

Se distinguió entre factores directamente vinculados al sicariato de otros aspectos más amplios relacionados con la violencia y la criminalidad. Se concluyó que la pobreza, la desigualdad y las dificultades en el acceso a la educación no son por sí mismos determinantes de la participación en delitos. Además, se diferenció el sicariato, definido como un asesinato encargado, de otros

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

casos de muertes violentas cuya motivación no necesariamente está relacionada con este tipo de actividad (7).

Finalmente, se integró la información para entender los principales factores criminológicos del sicariato en Ecuador. Al ser una revisión documental, no se realizaron entrevistas, encuestas ni experimentos. El análisis se limitó a la información de los documentos y a las relaciones temáticas entre sus hallazgos (8).

## RESULTADOS

En esta investigación se llevó a cabo un análisis documental de la literatura existente sobre sicariato en Ecuador. En total se revisaron doce fuentes. Los resultados de estas fueron comparados entre sí y se identificaron cinco categorías: condiciones socioeconómicas, reclutamiento de jóvenes por organizaciones criminales, conflictos territoriales, economías ilegales y crimen organizado, y respuesta institucional y consecuencias sociales. A continuación, se presenta un resumen de las características de cada fuente y luego se describen los aspectos que cada una de ellas aporta.

***Tabla 1. Características y principales hallazgos de las fuentes revisadas.***

| Autor y año | Objetivo | Metodología | Población o ámbito | Hallazgos |
|---|---|---|---|---|
| Cuenca y Maldonado (2023) (9). | Analizar el fenómeno de sicariato como fenómeno socio jurídico | Revisión bibliográfica | Ecuador | El sicariato está relacionado con dinámicas criminales. Asociado a motivos y consecuencias sociales. Que afecta a las víctimas, a sus familias y a la comunidad. |
| Escobar (2024) (10). | Examinar las estructuras internacionales del narcotráfico y los factores socioeconómicos de la violencia. | Análisis crítico de literatura, estadística descriptiva y modelo exploratorio cuantitativo | Ecuador | Se vincula el incremento de la violencia con el desarrollo de economías ilegales y conflictos territoriales. Además de condiciones socioeconómicas. |
| Baquerizo (2025) (11). | Revisión de la literatura sobre sicariato juvenil | Revisión sistemática | Jóvenes, Ecuador | Se asocia el sicariato juvenil con condiciones de pobreza, deserción escolar e influencia de grupos delictivos. |
| Analuisa y Zamora (2026) (12). | Estudio del fenómeno de sicariato (como manifestación de crimen organizado) y su respuesta penal. | Revisión bibliográfica | Santo Domingo de los Tsáchilas | Se destacan problemas de prueba y de debilidades técnicas. Falta de especialistas y problemas de coordinación institucional. |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tapia y Fierro (2024) (13). | Análisis del crimen organizado y su relación con la administración de justicia. | Revisión bibliográfica | Ecuador | Se describe el crimen organizado (narcotráfico, tráfico de armas, trata de personas, lavado de dinero, extorsión). Se vincula corrupción e ineficiencia judicial con impunidad. |
| Baños (2023) (14). | Aproximación al problema de inseguridad y aumento de la delincuencia organizada. | Revisión bibliográfica | Ecuador (varias provincias y centros penitenciarios) | Se vincula el incremento de muertes violentas (sicariato) con conflictos de control territorial. |
| Rivera-Rhon y Bravo-Grijalva (2020) (15). | Analizar el ascenso estratégico de Ecuador en la economía del narcotráfico. | Cualitativo: teledetección, análisis geoespacial, entrevistas semiestructuradas y fuentes primarias y secundarias | Ecuador | Las redes criminales están ligadas con cadenas de valor ilícitas. Se aprovechan las condiciones territoriales y debilidades de control. |
| OECO (2026) (16) | Reporte de homicidios intencionales en el primer semestre de 2026. | Boletín estadístico institucional (datos descriptivos) | Ecuador, nivel nacional | Registra 4.154 homicidios intencionales en el primer semestre de 2026, no los clasifica en su totalidad como sicariatos. |
| Chuqui - Rivadeneira (2024) (17). | Análisis de la reformulación del sicariato (como asesinato) en el ordenamiento jurídico. | Revisión bibliográfica | Ordenamiento jurídico ecuatoriano | Es difícil diferenciar el sicariato del asesinato. Es importante la responsabilidad de autores materiales e intelectuales y la evaluación psiquiátrica de los adolescentes. |
| Cabrera y Chimborazo (2026) (18). | Evaluar la efectividad de las penas establecidas en el art. 143 del COIP. | Cualitativ (documental) | Ecuador | El endurecimiento de las penas no ha detenido el fenómeno. Es necesario trabajar en el estudio de todos los integrantes. Se debe desarrollar trabajo preventivo. |
| Rey et al. (2024) (19). | Estudio de la evaluación psiquiátrica de adolescentes que infringen sicariato. | Mixto (cualitativo y cuantitativo) | Adolescentes infractores, Ecuador | Los contextos vulnerables (familia y sociedad) pueden ser detonantes de problemas de salud mental. La evaluación psiquiátrica es importante para la reinserción. |
| Saltos et al. (2024) (20). | Evaluar los procedimientos policiales en la escena del crimen (sicariato) | Descriptivo (cualitativo) (documental) | Procedimientos policiales, Ecuador | Hay falencias en la recogida de pruebas. Problemas de cadena de custodia. Falta de capacitación de los investigadores. Esto dificulta la identificación de autores y favorece la impunidad. |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

**Factores socioeconómicos y desigualdad social**

En el sicariato juvenil se identifican factores socioeconómicos (pobreza), así como la deserción escolar e influencia de grupos delictivos (Baquerizo 2025). Por otro lado, también se han analizado las dinámicas de violencia relacionadas con el narcotráfico desde el punto de vista de las condiciones socioeconómicas. (Escobar 2024). Sin embargo, esto no implica que la pobreza o desigualdad sean condición necesaria para cometer sicariato (9).

Por otro lado, se distinguen las condiciones de vulnerabilidad y el hecho de ser implicado en el delito. Por un lado, no son suficientes las condiciones de pobreza o desigualdad que pueden coexistir con otras barreras (educativas, laborales o sociales). Por otro lado, los estudios muestran escenarios de riesgo, pero no indican que todos los que están expuestos a esas condiciones son miembros de organizaciones criminales (10).

**Exclusión juvenil y reclutamiento criminal**

En la revisión de Baquerizo (2025) se destaca la desvinculación de los jóvenes de la escuela y la influencia de grupos delictivos que puede llevar a una mayor exposición a la captación por redes criminales. Por otro lado, en los adolescentes que participan en este tipo de delito es importante el análisis de su entorno familiar y social y de la evaluación psiquiátrica. (Rey et al. 2024). Se coincide en la importancia del análisis del entorno (11).

En el caso de los adolescentes es importante el entorno (familiar, educativo y comunitario). Por otro lado, en los adolescentes que participan en este tipo de delito es importante el análisis de su entorno familiar y social y de la evaluación psiquiátrica (Rey et al. 2024), destacando la necesidad de tener en cuenta su situación psicosocial para guiar procesos de reinserción (12). Además, en el caso de los jóvenes se ha encontrado que la desvinculación de la escuela y la influencia de grupos delictivos hacen que sean más vulnerables (Baquerizo 2025). Es importante hacer la diferencia entre exclusión social, captación por redes delictivas y participación en los hechos. No son sinónimos (13) .

**Conflictos territoriales y control de rutas ilícitas**

Se ha encontrado una relación entre las disputas de organizaciones delictivas y la lucha por el control de espacios estratégicos (que lleva a un aumento de la violencia) (Escobar 2024) (Baños 2023). Por otro lado, se han descrito las posiciones de Ecuador en las cadenas de valor del narcotráfico. También se destaca la importancia de las rutas y los territorios para las redes (Rivera-Rhon y Bravo-Grijalva 2020). Se puede contextualizar las posibles motivaciones de asesinatos por encargo. Sin embargo, no es posible generalizar y decir que toda muerte que ocurre en un conflicto criminal es un sicariato (14,15).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

Por otro lado, se han descrito los procesos de expansión de inseguridad y de enfrentamientos relacionados con el control territorial (Baños 2023). También se ha analizado la posición estratégica de Ecuador en las cadenas de valor del narcotráfico (Rivera-Rhon y Bravo-Grijalva 2020). Se coincide en la importancia de las rutas y de los lugares de circulación de las mercancías ilícitas. Sin embargo, no es posible generalizar y decir que toda muerte violenta registrada en estos conflictos es un sicariato (16).

**Crimen organizado y economías ilegales**

Se han identificado algunas actividades desarrolladas por el crimen organizado (narcotráfico, tráfico de armas, trata de personas, lavado de dinero y extorsión) (Tapia y Fierro 2024). Por otro lado, se han explicado las relaciones entre estas economías y el control de rutas o mercados ilícitos (Escobar 2024) (Rivera-Rhon y Bravo-Grijalva 2020). El sicariato está enmarcado en ciertas dinámicas de intimidación o represalias y/o eliminación de rivales. Hay que verificar que haya un encargo (17).

Además, en la revisión de Cuenca y Maldonado (2023) se incluye el impacto en las víctimas, sus familias y comunidades. Por otro lado, se han relacionado las economías ilícitas con escenarios de violencia y enfrentamientos entre organizaciones (Escobar 2024). De esta forma, el asesinato por encargo puede analizarse en un entramado más amplio de redes delictivas. Pero hay que verificar las circunstancias particulares que lleven a considerar un hecho como sicariato (no es sinónimo de homicidio relacionado con el crimen organizado) (18).

**Factores institucionales y respuesta del sistema de justicia**

Los problemas relacionados con la recolección y preservación de evidencias, la cadena de custodia, así como la especialización y articulación entre instituciones son mencionados por Analuisa y Zamora (2026) y Saltos et al. (2024). Por otro lado, se ha destacado la limitación de implementar políticas de endurecimiento de penas aisladamente (Cabrera y Chimborazo, 2026). También se han analizado los problemas de distinción jurídica entre sicariato y otros tipos de muertes violentas; y la identificación de responsabilidad de autores materiales e intelectuales (Chuqui-Rivadeneira, 2024). Además, se han destacado los efectos sociales en las víctimas, sus familias y comunidades (Cuenca y Maldonado, 2023). Un dato de contexto general sobre violencia es que en el primer semestre de 2026 se registraron 4.154 homicidios intencionales en el país (reporte OECO), dato que no corresponde exactamente al de sicariato. Las fuentes no especifican la proporción de estos homicidios que fueron cometidos por encargo (19).

Se ha puesto énfasis en la distinción jurídica entre sicariato y otros asesinatos y en la identificación de responsabilidad de los actores involucrados en el hecho (Chuqui-Rivadeneira, 2024). Se ha destacado la insuficiencia de políticas de endurecimiento de sanciones aisladamente, proponiéndose la combinación de políticas de investigación penal y de prevención (Cabrera y

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

Chimborazo, 2026). Los problemas de recolección de indicios y cadena de custodia también son mencionados (Saltos et al., 2024).

Como dato contextual cabe mencionar que en el primer semestre del 2026 se registraron 4.154 homicidios intencionales en Ecuador (boletín OECO). Este dato es meramente descriptivo de la dimensión general de la violencia letal.

Los documentos reflejan consenso en cuanto a los factores de vulnerabilidad juvenil, competencia territorial, economías ilícitas y problemas institucionales. Sin embargo, dada la diversidad de los diseños y la falta de información comparable sobre los casos clasificados judicialmente como sicariato no es posible cuantificar el peso de los factores ni establecer relaciones causales (20).

## DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión demuestran que el sicariato en Ecuador ya no se considera solo una expresión delictiva aislada ni asociado a venganzas entre personas, sino que ahora también forma parte de un recurso estratégico y estructural del crimen organizado. Cuando comparamos los estudios examinados, se observa que este fenómeno surge de la alineación de vulnerabilidades socioeconómicas, disputas por economías ilícitas y debilidad institucional; estas actividades se asemejan mucho a la evolución histórica registrada en países de la región como Colombia y México, donde antes el asesinato sólo era una forma de saldar cuentas, pero actualmente es un servicio subcontratado de violencia letal para asegurar el control de mercados ilegales y rutas del narcotráfico.

Desde las vertientes socioeconómicas y criminológicas, los resultados convergen en que la pobreza, la desigualdad y el abandono escolar favorecen la vulnerabilidad de los jóvenes al reclutamiento delictivo, aunque, como también apuntan Baquerizo y Rey et al., estas carencias materiales no son suficientes para determinar el comportamiento criminal, sino que se conjugan con entornos familiares y comunitarios rotos. Esta conclusión puede explicarse siguiendo la teoría de la anomia, que establece que la falta de vías legítimas para poder llegar al éxito económico lleva a ciertos grupos juveniles a usar medios ilegales, así como también la teoría de la asociación diferencial, que establece que el aprendizaje de comportamientos violentos y la búsqueda de estatus o pertenencia dejan de ser problemáticos en grupos locales delictivos, en esta línea, la realidad ecuatoriana responde a los patrones que se pueden observar en las favelas de Brasil y en otras zonas periféricas de México donde las redes criminales aprovechan la exclusión juvenil para hacer que su mano de obra operativa se convierta en mano de obra desechable.

En cuanto al aspecto territorial, los textos revisados muestran cómo la ubicación geoestratégica de Ecuador dentro de las redes del narcotráfico ha provocado conflictos sangrientos por el control de puertos, vías de paso y prisiones. Bajo la óptica de la elección racional, los grupos delictivos emplean frecuentemente al sicario debido a un cálculo preciso entre costos y ganancias: quitar

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 278-290
DOI:
https://doi.org/10.56519/aafxbg30

rivales, asustar a la gente y callar obstáculos da mucho beneficio con poco peligro de castigo real. Frente al esquema clásico de cárteles dominantes visto hace años en Colombia, la situación presente de Ecuador se nota por la división de pandillas y la subcontratación de la fuerza, donde el sicario actúa como un servicio común que ayuda a varias economías ilegales como la chantaja, venta de armas y blanqueo de dinero, aunque cada fallecimiento grave debe analizarse según su caso concreto para no hacer generalizaciones erróneas.

En conclusión, el estudio institucional revela que un entorno de impunidad sostenido extiende la situación de inseguridad. Los defectos al procesar la escena del delito, los cortes en la cadena de posesión, la ausencia de expertos técnicos y la poca coordinación entre organismos dificultan hallar a los responsables físicos y mentales. Al indicar Cabrera y Chimborazo y Chuqui-Rivadeneira, el mero aumento de castigos en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) no alcanza si no va acompañado de habilidades técnicas para la investigación forense y la limpieza judicial. Así pues, abordar dicho problema exige abandonar las soluciones puramente reactivas y organizar políticas completas que fortalezcan la prueba técnica junto con planes de prevención social enfocados a bajar la vulnerabilidad juvenil.

## CONCLUSIONES

El análisis de la documentación pertinente revela que el sicariato en Ecuador no es un hecho aislado, sino una práctica vinculada al crimen organizado, estrechamente relacionada con las disputas territoriales, el control de vías de transporte y mercados ilegales, así como con la expansión de actividades ilícitas como el narcotráfico, el contrabando de armas, la explotación de personas, la extorsión y el lavado de activos. Este fenómeno forma parte de un contexto de violencia que afecta a diferentes provincias y centros de detención, caracterizado por el uso frecuente de armas de fuego y sus repercusiones en la población, especialmente en los jóvenes. Sin embargo, es importante diferenciar el sicariato de otros homicidios, debido a que no toda muerte violenta relacionada con el crimen organizado corresponde a un asesinato por encargo.

En cuanto a los factores socioeconómicos, se encontró que la pobreza, la desigualdad social, la deserción escolar y la falta de oportunidades laborales y educativas pueden aumentar la vulnerabilidad de los jóvenes frente al reclutamiento por parte de organizaciones criminales. También se identificó que la influencia de los grupos delictivos y las condiciones del entorno familiar y social pueden intervenir en su acercamiento a estas actividades. No obstante, estas circunstancias no determinan por sí solas la participación en el sicariato, sino que representan condiciones de vulnerabilidad que deben comprenderse dentro del contexto social en el que se desarrolla este fenómeno.

Por último, se identificó que las debilidades institucionales dificultan la investigación y el esclarecimiento de los casos de sicariato. Entre estas se encuentran las dificultades en la obtención y preservación de evidencias, las deficiencias en la cadena de custodia, la limitada

capacitación especializada y la escasa coordinación entre las instituciones de seguridad y justicia, condiciones que pueden favorecer la impunidad. Por ello, resulta fundamental fortalecer los procesos periciales y de investigación, mejorar la coordinación institucional y desarrollar políticas públicas integrales de prevención que brinden oportunidades educativas y laborales a los jóvenes y atiendan las causas sociales, económicas e institucionales relacionadas con esta problemática.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarnos el contexto académico necesario para la realización de esta investigación. En particular, quiero reconocer a mi tutor, por su asesoría académica, su valiosa sabiduría y su constante apoyo en el análisis de los factores criminológicos vinculados al sicariato en el ámbito de la delincuencia organizada en Ecuador. Asimismo, valoramos la aportación de las fuentes e instituciones que hemos consultado, las cuales nos facilitaron el acceso a la bibliografía especializada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chóez Wiler. El delito del sicariato como expresión del crimen organizado. In: Universidad de las Américas [Internet]. 2024 [cited 2026 Oct 24]. Available from: https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/16473/1/UDLA-EC-TMDPCC-2024-37.pdf
2. Mérida Hodenilson. “INVESTIGACIÓN DEL SICARIATO Y DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERSONA PARA CONVERTIRSE EN SICARIOS.” UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR [Internet]. 2025 [cited 2026 Nov 19]. Available from: https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/99C261CEDE3263B205257F340073ADC4/$FILE/Merida-Hodenilson.pdf
3. Fundación Panamericana para el Desarrollo (PADF), Coordinación General Paz J y S. Informe de caracterización del crimen organizado en Ecuador [Internet]. 2025 [cited 2026 Oct 24]. Available from: https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2026/01/Informe-de-caracterizacion-del-Crimen-organizado-Version-7-ene-2026-Web-sin-creditos.pdf
4. Manjarrés, Newton. Balance de InSight Crime de los homicidios en 2023. InSight Crimen [Internet]. 2023 [cited 2026 Nov 19]. Available from: https://insightcrime.org/es/noticias/balance-insight-crime-homicidios-2023/
5. INFORME DE CARACTERIZACIÓN DEL CRIMEN ORGANIZADO EN ECUADOR. 2025. Available from: https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2026/03/Informe-de-caracterizacion-del-Crimen-organizado-Version-Web-sin-creditos.pdf
6. Erazo JL, Erazo JL. Grupos delictivos organizados y corrupción en la era del microtráfico. Aula Virtual. 2024;5(12). doi:10.5281/ZENODO.11532790

7. Jordá Sanz C, Requena-Espada L. ¿Cómo se organizan los grupos criminales según su actividad delictiva principal? Descripción desde una muestra española. Revista Criminalidad [Internet]. 2013 [cited 2026 Nov 19];55(1):31–48. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-31082013000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
8. Tuglie A de, Tuglie A de. Escenarios actuales del crimen organizado: factores contextuales y perspectivas teóricas. Foro Int. 2023 Sep 29;63(4):705–29. doi:10.24201/FI.V63I4.3031
9. Cuenca Sarango ML, Maldonado Ruiz LM. El sicariato como fenómeno socio jurídico en el Ecuador [Internet]. Vol. 22. 2023 [cited 2026 Nov 11];22(1). Available from: https://enlace.ueb.edu.ec/index.php/enlaceuniversitario/article/view/328/314
10. Escobar C. Estructuras internacionales del narcotráfico y factores socioeconómicos de la violencia en Ecuador. . URVIO, Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad [Internet]. 2024 [cited 2026 Nov 11];8–28. Available from: https://revistas.flacsoandes.edu.ec/urvio/article/view/6164/4770
11. Baquerizo Balladares NM. Sicariato juvenil en Ecuador. Una revisión sistemática. RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento. 2025;9(1):745–64. doi:10.26820/recimundo/9.(1).enero.2025.745-764
12. Analuisa Rodríguez JJ, Zamora Vázquez AF. El sicariato como manifestación del crimen organizado en Santo Domingo y su respuesta penal. Religación [Internet]. 2026 [cited 2026 Nov 11];11(50). Available from: https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/1681/2317
13. Tapia Guerrón CM, Fierro Fierro CA. El crimen organizado en el Ecuador y su relación con la administración de justicia. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay [Internet]. 2024 Jun [cited 2026 Oct 25];5(4):524–35. Available from: https://revistalatam.redilat.org/index.php/lt/article/view/crimen-organizado-ecuador-relacion-administracion-justicia/2868
14. Baños Jiménez LR. Inseguridad y aumento de la delincuencia organizada en Ecuador: una aproximación. ISUPOL, Revista de Investigación en Seguridad Ciudadana y Orden Público [Internet]. 2023 Jun 6 [cited 2026 Oct 25];6(6):63–70. Available from: https://innovacionysaber.isupol.edu.ec/index.php/innovacion/article/view/251/515
15. Rivera-Rhon R, Bravo-Grijalva C. Crimen organizado y cadenas de valor: el ascenso estratégico del Ecuador en la economía del narcotráfico. RVIO, Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad [Internet]. 2020 [cited 2026 Oct 25];28:8–29. Available from: https://revistas.flacsoandes.edu.ec/urvio/article/view/4410/3475

16. (OECO) Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado. Boletín Semestral de Homicidios Intencionales en Ecuador: Desplazamiento Territorial y Patrones de Victimización Durante el Primer Semestre de 2026 [Internet]. 2025 [cited 2026 Nov 11]. Available from: https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2026/10/Boletin-homicidios-ecuador-primer-semestre-2026.pdf
17. Chuqui-Rivadeneira LS. La reformulación de sicariato a asesinato dentro del ordenamiento jurídico ecuatoriano. Digital Publisher [Internet]. 2024 [cited 2026 Nov 11];9(6):842–60. Available from: https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2757/2278
18. Cabrera-Cabrera JR, Chimborazo-Castillo LA. Revista científica Sociedad & Tecnología [Internet]. 2026 [cited 2026 Nov 11]. p. 1281–96. El delito de sicariato en el código orgánico integral penal: eficacia de la sanción frente al aumento de la criminalidad organizada. Available from: https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/es/article/view/460/1341
19. Rey Suquilanda CF, Gallegos Gallegos SB, Robalino Villafuerte JL, Espín Canga LH. Evaluación psiquiátrica de menores infractores involucrados en el delito de sicariato. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2024 Jan 1;11(2). doi:10.46377/DILEMAS.V11I2.4039
20. Saltos Ormaza SG, Demera Ostaiza ET, Díaz Loor EG. Evaluación de la escena del crimen en el sicariato en Ecuador. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay [Internet]. 2024 [cited 2026 Nov 11];5(6). Available from: https://revistalatam.redilat.org/index.php/lt/article/view/evaluacion-escena-crimen-sicariato-ecuador/5365

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

# GENES DE CARBAPENEMASAS EN BACILOS GRAMNEGATIVOS AISLADOS DE MUESTRAS CLÍNICAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: REVISIÓN SISTEMÁTICA

# CARBAPENEMASE GENES IN GRAM-NEGATIVE BACILLI ISOLATED FROM CLINICAL SAMPLES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN: A SYSTEMATIC REVIEW

Samira Lisbeth Pallo Chiliquinga[1], Verónica Paulina Cáceres Manzano[2]

{samira.pallo@unach.edu.ec[1], vcaceres@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 25/10/2026 / Fecha de aceptación: 19/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: La resistencia a carbapenémicos mediada por carbapenemasas en bacilos gramnegativos constituye una amenaza prioritaria para la salud pública en América Latina y el Caribe, donde la información molecular se encuentra dispersa. El objetivo fue analizar la prevalencia de los genes de carbapenemasas en bacilos gramnegativos aislados de muestras clínicas en la región. Se realizó una revisión sistemática según la declaración PRISMA 2020, con preguntas formuladas mediante la estrategia PICO, en PubMed, Springer Nature Link, Scopus, ScienceDirect, LILACS y SciELO entre octubre y noviembre de 2026. Se incluyeron estudios observacionales publicados entre 2021 y 2026 con detección molecular de genes de carbapenemasa; el riesgo de sesgo se evaluó con la lista JBI para estudios de prevalencia y la escala Newcastle-Ottawa. De 2936 registros, 29 estudios cumplieron los criterios (28 de nueve países y una vigilancia regional de 12 países); 20 presentaron riesgo de sesgo bajo y nueve moderados. En *Enterobacterales*, *blaKPC* predominó en Brasil, Colombia, Ecuador y la vigilancia regional (52.7–86.7 %), mientras que *blaNDM* predominó en Perú, Cuba y México (52.0–100 %) y mostró una tendencia creciente. En *Acinetobacter baumannii* predominaron *blaOXA-23* (Brasil y vigilancia regional, 88.8–92.2 %) y *blaOXA-24/40-like* (Perú y México, 67.8–95 %); en *Pseudomonas aeruginosa* predominaron las metalo-β-lactamasas. *Klebsiella pneumoniae* fue la especie con mayor frecuencia y diversidad de genes. La epidemiología molecular de las carbapenemasas en la región es heterogénea y dinámica, por lo que se requieren protocolos**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo Riobamba-Ecuador, Estudiante de la Maestría en Diagnóstico de Laboratorio Clínico y Molecular con mención en Bioquímica Clínica, https://orcid.org/0009-0002-1368-9567

[22]Universidad Nacional de Chimborazo, "Grupo Interdisciplinario de Ciencias de la Vida y Productos Naturales", Docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico y Odontología, Riobamba, Ecuador. Docente de la Maestría en Criminalística y Ciencias Forenses, Riobamba. Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-5710-5661

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

**nacionales que incluyan la detección diferenciada de serino-carbapenemasas y metalo-β-lactamasas.**

***Palabras clave: América Latina, bacilos gramnegativos, carbapenemasas, Klebsiella pneumoniae, resistencia a carbapenémicos***

**ABSTRACT: Carbapenemase-mediated carbapenem resistance in Gram-negative bacilli is a priority public health threat in Latin America and the Caribbean, where molecular data remain scattered. The aim was to analyze the prevalence of carbapenemase genes in Gram-negative bacilli isolated from clinical samples in the region. A systematic review was conducted according to the PRISMA 2020 statement, with questions framed using the PICO strategy, in PubMed, Springer Nature Link, Scopus, ScienceDirect, LILACS and SciELO between October and November 2026. Observational studies published between 2021 and 2026 with molecular detection of carbapenemase genes were included; risk of bias was assessed with the JBI checklist for prevalence studies and the Newcastle-Ottawa scale. Of 2936 records, 29 studies met the criteria (28 from nine countries and one regional surveillance network covering 12 countries); 20 had low and nine moderate risk of bias. In *Enterobacterales*, *blaKPC* predominated in Brazil, Colombia, Ecuador and regional surveillance (52.7–86.7 %), whereas *blaNDM* predominated in Peru, Cuba and Mexico (52.0–100 %) and showed an increasing trend. In *Acinetobacter baumannii*, *blaOXA-23* (Brazil and regional surveillance, 88.8–92.2 %) and *blaOXA-24/40-like* (Peru and Mexico, 67.8–95 %) predominated; in *Pseudomonas aeruginosa*, metallo-β-lactamases predominated. *Klebsiella pneumoniae* was the species with the highest frequency and diversity of genes. The molecular epidemiology of carbapenemases in the region is heterogeneous and dynamic, so national protocols should include differentiated detection of serine carbapenemases and metallo-β-lactamases.**

***Keywords: carbapenem resistance, carbapenemases, Gram-negative bacilli, Klebsiella pneumoniae, Latin America***

## INTRODUCCIÓN

Los carbapenémicos son antibióticos de último recurso para el tratamiento de infecciones graves por bacilos gramnegativos multirresistentes. La producción de carbapenemasas, enzimas capaces de hidrolizar casi todos los β-lactámicos, es el mecanismo de resistencia de mayor relevancia clínica y epidemiológica, ya que sus genes se localizan en plásmidos y transposones que facilitan su diseminación entre especies y hospitales (1,2). Según la clasificación de Ambler, se reconocen serino-carbapenemasas de clase A (KPC, GES), metalo-β-lactamasas de clase B (NDM, VIM, IMP, SPM) y oxacilinasas de clase D (OXA-48-like en *Enterobacterales* y OXA-23, OXA-24/40 y OXA-58 en *Acinetobacter baumannii*). La distinción entre estos grupos no es solo descriptiva: las metalo-

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

β-lactamasas no son inhibidas por avibactam, lo que limita el uso de ceftazidima-avibactam y orienta el tratamiento hacia combinaciones con aztreonam (3,4,5).

En América Latina y el Caribe, la información disponible muestra un escenario cambiante, en el que las carbapenemasas endémicas coexisten con variantes emergentes. Durante la pandemia de COVID-19 se describieron clones hiperepidémicos coproductores de KPC y metalo-β-lactamasas (6). A ello se suma la detección de OXA-48-like, una enzima que hasta hace pocos años se consideraba excepcional en la región, con los primeros aislados descritos en un centro oncológico de Perú (7). Esta coexistencia de mecanismos tiene consecuencias directas para el laboratorio y para la clínica: los métodos fenotípicos y los algoritmos de cribado no siempre distinguen entre serino-carbapenemasas y metalo-β-lactamasas, y cada tipo de enzima condiciona las opciones terapéuticas disponibles. Por ello, conocer qué genes circulan en cada país y en cada grupo bacteriano es un requisito para orientar tanto el diagnóstico como el tratamiento (4).

En los bacilos no fermentadores, *A. baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa*, el panorama es igualmente diverso. En *A. baumannii* coexisten oxacilinasas de clase D como OXA-23, OXA-24/40 y OXA-58, y en Brasil se describió un brote por un clon ST15 coproductor de OXA-23 y OXA-58 (8), mientras que en *P. aeruginosa* predominan las metalo-β-lactamasas, cuyo tipo varía según el país y el clon circulante. Sin embargo, gran parte de esta evidencia procede de series pequeñas, como los estudios genómicos de pocos aislados (9), de muestras de colonización o de vigilancias orientadas a la sensibilidad antimicrobiana, que no permiten estimar la frecuencia real de cada gen en la población clínica. A esto se añade que los estudios utilizan denominadores distintos (todos los aislados, los resistentes a carbapenémicos o solo los productores de carbapenemasa), lo que dificulta comparar las frecuencias entre países y entre grupos bacterianos y obliga a interpretar cada dato en su contexto.

Se han publicado revisiones sobre aspectos de esta problemática en la región, pero con alcances parciales. Una revisión de actualización publicada en 2021 describió la epidemiología de las carbapenemasas en América Latina y el Caribe (10), por lo que no incluye los estudios más recientes. Otras síntesis se limitaron a las bacteriemias pediátricas por *Enterobacteriaceae* resistentes a carbapenémicos (11), a la letalidad atribuible a la resistencia antimicrobiana en general (12) o a las *Enterobacterales* productoras de carbapenemasas del Caribe (13). Por su parte, la vigilancia regional de 12 países, que analizó 58909 aislados mediante PCR (14), y los programas de vigilancia orientados a la sensibilidad a nuevos antimicrobianos (3,5) aportan datos valiosos, pero no constituyen una síntesis sistemática de los estudios publicados con evaluación de su calidad metodológica.

Esta dispersión de la información dificulta conocer qué genes predominan en cada grupo bacteriano, qué especies concentran la mayor carga de carbapenemasas y cómo difiere el perfil

molecular entre países. A diferencia de las revisiones previas, la presente integra los tres grupos de bacilos gramnegativos (*Enterobacterales*, *P. aeruginosa* y *A. baumannii*), se limita a estudios con detección molecular en aislados clínicos publicados entre 2021 y 2026, evalúa el riesgo de sesgo de cada estudio y compara los perfiles moleculares por especie y país. Esta síntesis permite identificar patrones regionales y aporta evidencia útil para actualizar los algoritmos de laboratorio, la vigilancia epidemiológica y las decisiones terapéuticas en la región.

Por ello, la presente revisión se planteó la siguiente pregunta general: ¿cuál es la prevalencia de los genes de carbapenemasas en bacilos gramnegativos aislados de muestras clínicas en América Latina y el Caribe, según los estudios publicados entre 2021 y 2026? De ella se derivaron tres preguntas específicas:

- ¿cuáles son los principales genes de carbapenemasas reportados en *Enterobacterales, P. aeruginosa* y *A. baumannii* en la región?
- ¿Qué especies de bacilos gramnegativos presentan mayor frecuencia de genes de resistencia a carbapenémicos en el contexto clínico regional?
- ¿Cómo varía la prevalencia de los mecanismos moleculares de resistencia entre los países de América Latina y el Caribe?

En consecuencia, el objetivo general fue analizar la prevalencia de los genes de carbapenemasas en bacilos gramnegativos aislados de muestras clínicas en América Latina y el Caribe mediante una revisión sistemática, como insumo para fortalecer los protocolos nacionales de vigilancia y diagnóstico. Los objetivos específicos fueron: (a) identificar los principales genes de carbapenemasas reportados en *Enterobacterales*, *P. aeruginosa* y *A. baumannii* en la región; (b) determinar las especies de bacilos gramnegativos con mayor frecuencia de genes de resistencia a carbapenémicos en el contexto clínico regional; y (c) comparar la prevalencia de los diferentes mecanismos moleculares de resistencia entre los países de América Latina y el Caribe. El artículo presenta la metodología empleada, los resultados de la síntesis de los estudios incluidos, su discusión frente a la literatura regional y las conclusiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática de estudios observacionales, con enfoque cualitativo y síntesis descriptiva de datos cuantitativos de prevalencia, siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020 (15) y las orientaciones metodológicas para revisiones de prevalencia (16). La Figura 1 resume de forma global el proceso de identificación, cribado e inclusión de los estudios.

**Preguntas de investigación según la estrategia PICO**

Las preguntas de investigación se estructuraron con la estrategia PICO (17):

- Población (P): aislados de bacilos gramnegativos (*Enterobacterales*, *P. aeruginosa* y *A. baumannii*) obtenidos de muestras clínicas de pacientes atendidos en países de América Latina y el Caribe.
- Intervención o exposición (I), detección molecular de genes de carbapenemasa mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR) o secuenciación de genoma completo.
- Comparación (C), distribución de los genes entre grupos bacterianos, especies y países, sin grupo control.
- Resultado (O), prevalencia o frecuencia relativa de los genes *blaKPC*, *blaNDM*, *blaOXA-48-like*, *blaVIM*, *blaIMP*, *blaSPM*, *blaGES* y de las oxacilinasas de *A. baumannii* (*blaOXA-23*, *blaOXA-24/40* y *blaOXA-58*).

**Criterios de inclusión**

Se incluyeron artículos originales observacionales (transversales, de cohorte o de vigilancia) publicados entre 2021 y 2026, en inglés o español, con acceso completo gratuito, realizados en humanos de países de América Latina y el Caribe, que analizaran aislados de bacilos gramnegativos procedentes de muestras clínicas de infección y que reportaran la frecuencia de los genes de carbapenemasa detectados por métodos moleculares con un denominador definido.

**Criterios de exclusión**

Se excluyeron revisiones narrativas o sistemáticas, metaanálisis, protocolos, guías, capítulos de libro, resúmenes de congresos y literatura gris; reportes o series de casos y estudios genómicos sin valores de prevalencia; estudios realizados fuera de la región; investigaciones en muestras ambientales, de agua, alimentos o animales, o que mezclaran aislados clínicos y ambientales sin datos separables; estudios basados exclusivamente en muestras de colonización o tamizaje rectal; trabajos que solo incluyeran aislados previamente seleccionados por portar un gen determinado; estudios cuyo objetivo principal fuera la sensibilidad a nuevos antimicrobianos con genotipificación limitada a subgrupos; estudios centrados en otros mecanismos de resistencia (por ejemplo, β-lactamasas de espectro extendido) o en población comunitaria sin evaluación de carbapenemasas; y publicaciones duplicadas.

**Fuentes de información y estrategia de búsqueda**

La búsqueda se realizó entre octubre y noviembre de 2026 en seis bases de datos: PubMed, Springer Nature Link, SciELO, ScienceDirect, LILACS y Scopus. Se combinaron descriptores MeSH y términos libres relacionados con los microorganismos, las carbapenemasas y la región, unidos

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

mediante operadores booleanos (AND, OR). En cada base se aplicaron filtros de antigüedad (2021–2026), idioma, estudios en humanos, acceso completo gratuito y tipo de documento, según su disponibilidad. Las estrategias y el número de registros obtenidos se presentan en la Tabla 1.

***Tabla 1. Estrategias de búsqueda por base de datos.***

| Base de datos | Términos de búsqueda | Total |
|---|---|---|
| PubMed | (“Gram-Negative Bacteria”[Mesh] OR “Gram-Negative Bacteria” OR “Enterobacteriaceae” OR “Klebsiella pneumoniae” OR “Pseudomonas aeruginosa” OR “Acinetobacter baumannii” OR “Gram-negative bacilli”) AND (“Carbapenemases”[Mesh] OR “Carbapenemase” OR “carbapenem resistance” OR “KPC” OR “NDM” OR “OXA” OR “VIM” OR “IMP” OR “blaKPC” OR “blaNDM”) AND (“Latin America”[Mesh] OR “Latin America” OR “Caribbean” OR “South America” OR “Central America” OR “Ecuador” OR “Colombia” OR “Peru” OR “Brazil” OR “Argentina” OR “Chile”) | 1783 |
| Springer Nature Link | (“carbapenemase genes” OR “carbapenemase-producing” OR “carbapenem resistance”) AND (“Gram-negative bacilli” OR “Gram-negative bacteria” OR “Enterobacteriaceae” OR “Pseudomonas” OR “Acinetobacter”) AND (“clinical samples” OR “clinical isolates” OR “patients”) AND (“Latin America” OR “Caribbean” OR “South America” OR “Central America”) | 561 |
| Scopus | TITLE-ABS-KEY(“Gram-negative bacilli” OR “Gram-negative bacteria” OR “Enterobacteriaceae” OR “Pseudomonas” OR “Acinetobacter”) AND TITLE-ABS-KEY(“carbapenemase genes” OR “carbapenemase” OR “KPC” OR “NDM” OR “OXA” OR “VIM” OR “IMP” OR “bla-*”) AND TITLE-ABS-KEY(“Latin America” OR “Caribbean” OR “South America” OR “Central America” OR “Argentina” OR “Brazil” OR “Colombia” OR “Mexico” OR “Chile” OR “Peru” OR “Ecuador”) | 289 |
| ScienceDirect | “carbapenemase gene” AND “gram-negative” AND “clinical” AND (“Latin America” OR “Caribbean”) | 192 |
| LILACS | “carbapenemasas” AND “bacilos gram negativos” AND (“América Latina” OR “Caribe”); (“carbapenemase genes” OR “carbapenem resistance”) AND “Gram-negative bacilli” AND (“Latin America” OR “Caribbean”) | 106 |
| SciELO | (carbapenemases) AND (enterobacteriaceae) AND (gram-negative bacilli) AND (Latin America) OR (Caribbean) | 5 |
| **Total** | | **2936** |

*Nota:* el total corresponde a los registros identificados en cada base de datos antes de la selección; los filtros de antigüedad (2021–2026), idioma, estudios en humanos y acceso completo se aplicaron según la disponibilidad de cada base.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

## Selección de los estudios

Los registros se examinaron primero por título y resumen y, posteriormente, a texto completo. Los estudios que cumplían todos los criterios se clasificaron como incluidos; aquellos que abordaban el tema, pero incurrían en alguno de los criterios de exclusión, se clasificaron como de cumplimiento parcial y no se incluyeron en el análisis. Los estudios excluidos con información relevante se utilizaron como referentes en la introducción y la discusión. El proceso se resume en el diagrama de flujo PRISMA 2020 (Figura 1).

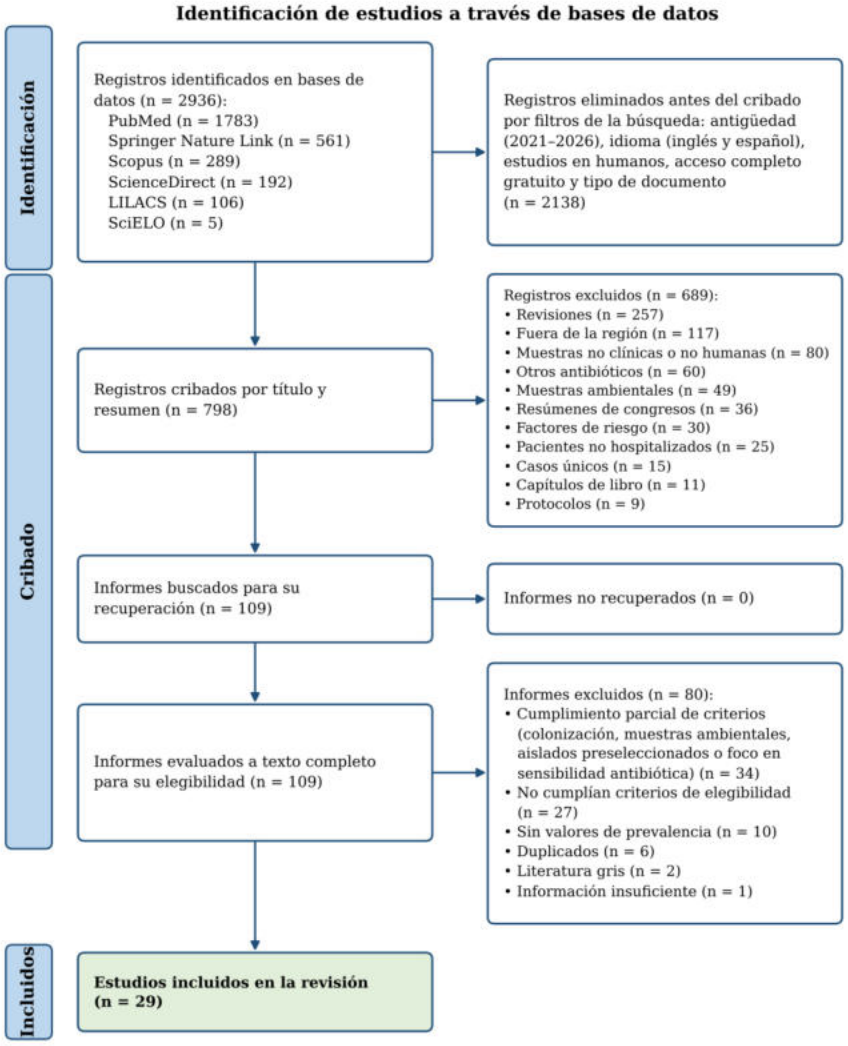


***Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de los estudios.***

*Nota:* elaboración propia a partir de la plantilla PRISMA 2020 (15).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

### Extracción y síntesis de datos

De cada estudio incluido se extrajeron, en una matriz de Excel, el autor, el año, el país, el diseño, la muestra, la metodología de detección, el resultado principal y la conclusión principal. Dado que los estudios utilizaron denominadores distintos (todos los aislados, aislados resistentes a carbapenémicos o aislados productores de carbapenemasa), se registró la frecuencia de cada gen tal como fue reportada y la síntesis se realizó de forma narrativa por grupo bacteriano, especie y país, sin metaanálisis.

### Evaluación del riesgo de sesgo

El riesgo de sesgo de los estudios transversales y de vigilancia se evaluó con la lista de verificación del Instituto Joanna Briggs (JBI) para estudios de prevalencia, de nueve ítems (16), y el de los estudios de cohorte con la escala Newcastle-Ottawa (18). En la lista JBI se consideró riesgo bajo un puntaje de 7 a 9, moderado de 5 a 6 y alto de 4 o menos; en la escala Newcastle-Ottawa, bajo de 7 a 9 y moderado de 4 a 6.

## RESULTADOS

### Características de los estudios incluidos

Los 29 estudios procedieron de nueve países: México (n = 6), Brasil (n = 5), Perú (n = 5), Argentina (n = 4), Colombia (n = 3), Ecuador (n = 2), Bolivia (n = 1), Chile (n = 1) y Cuba (n = 1), además de una vigilancia regional que integró datos de 12 países (14). Predominaron los diseños transversales y de vigilancia de laboratorio (n = 25), seguidos de las cohortes (n = 4). Veintitrés estudios analizaron *Enterobacterales*, 14 *P. aeruginosa* y nueve *A. baumannii*; la detección se realizó mediante PCR convencional o en tiempo real y, en 10 estudios, con secuenciación de genoma completo. En la Tabla 2 se resumen las características y el principal hallazgo de cada estudio.

***Tabla 2. Características y principal hallazgo de los 29 estudios incluidos.***

| Autor (año) | País | Método | Principal hallazgo |
|---|---|---|---|
| Balbuena et al. (2025) (19) | Argentina | Cohorte prospectiva multicéntrica; 466 bacteriemias por BGN resistentes a carbapenémicos; detección de carbapenemasas | En *Enterobacterales*: KPC 50 %, metalo-β-lactamasas (principalmente NDM) 48 % y coproducción 5 %; *K. pneumoniae* 53 % de los aislados. |
| de Mendieta et al. (2026) (20) | Argentina | Retrospectivo de laboratorio de referencia; 273 *E. cloacae* complex productores; PCR multiplex y WGS | $bla_{KPC-2}$ 37.3 %, $bla_{NDM-1}$ 22.1 %, $bla_{OXA-163}$ 19.8 % y $bla_{IMP-8}$ 9.2 %; coproductores 5.3 %. |

| Autor (año) | País | Método | Principal hallazgo |
|---|---|---|---|
| Echegorry et al. (2024) (21) | Argentina | Prevalencia nacional prospectiva; 821 *Enterobacterales* de 183 hospitales; PCR multiplex | Metalo-β-lactamasas (NDM) 42.0 %, KPC 39.8 %, OXA-163 7.4 %; NDM + KPC 3.4 %; *K. pneumoniae* 76 %. |
| González-Espinosa et al. (2026) (22) | Argentina | Prospectivo en dos hospitales (2019–2022); 359 ERC; PCR multiplex y WGS | $bla_{NDM}$ 47.4 %, $bla_{KPC}$ 39.3 %, KPC + NDM 5.6 % y OXA-48-like 7.8 %; convergencia KPC/NDM en 2022. |
| Alvarado-Orosco et al. (2025) (23) | Bolivia | Estudio nacional transversal; 111 *P. aeruginosa* XDR; WGS | 70 % con carbapenemasa o BLEE; predominio de metalo-β-lactamasas, sobre todo SPM-1 (35 %, clon ST277). |
| Antochevis et al. (2025) (24) | Brasil | Cohorte prospectiva en 14 hospitales; 1220 bacteriemias asociadas a la atención | En ERC: KPC 64.4 %, NDM 28.4 % y KPC + NDM 7.1 %; OXA-23 en *A. baumannii* y NDM en *P. aeruginosa*. |
| Barth et al. (2025) (25) | Brasil | Serie temporal unicéntrica; 395 *P. aeruginosa* resistentes; qPCR-HRM | 55.2 % con carbapenemasa; $bla_{NDM}$ aumentó de 27.3 % (2021) a 59.5 % (2024). |
| Fassbind et al. (2025) (26) | Brasil | Retrospectivo unicéntrico pediátrico; 41 bacteriemias por EPC | KPC 58.5 %, NDM 36.6 % y coproducción KPC + NDM 4.9 %; *K. pneumoniae* fue la especie más frecuente. |
| Filter et al. (2026) (27) | Brasil | Retrospectivo de laboratorio; 4232 *Enterobacterales* con sensibilidad reducida a meropenem; NG-Test Carba 5 y HRM-qPCR | KPC 52.7 %, NDM 29.9 % y KPC + NDM 10.8 %; KPC descendió de 76.3 % (2019) a 43.0 % (2024). |
| Kiffer et al. (2023) (28) | Brasil | Vigilancia nacional (2015–2022); red pública de laboratorios; detección molecular | *Enterobacterales*: KPC 68.6 % y NDM 14.4 % (NDM de 4.1 % a 39.4 %); *A. baumannii*: OXA-23 92.2 %; *P. aeruginosa*: SPM 9.5 %, VIM 9.2 %. |
| Quesille-Villalobos et al. (2025) (29) | Chile | Colección prospectiva en 11 centros; 1335 ERC invasivas; PCR y WGS | Las ERC productoras de carbapenemasa aumentaron de 11 % (2019) a 38 % (2022); 11 aislados de cuatro especies con KPC + NDM-7. |
| Ibáñez-Prada et al. (2024) (30) | Colombia | Cohorte retrospectiva multicéntrica; 248 pacientes; WGS de 228 genomas | $bla_{KPC-2}$ 38.6 % y $bla_{KPC-3}$ 36.4 %, frecuentemente con $bla_{VIM-2}$ y $bla_{NDM-1}$. |
| Medina et al. (2025) (31) | Colombia | Prospectivo en 26 hospitales; 335 *K. pneumoniae*; WGS | $bla_{KPC}$ fue el principal mecanismo, con KPC-3 frecuente en ST11; clones ST11, ST1082 y ST307. |

| Autor (año) | País | Método | Principal hallazgo |
|---|---|---|---|
| Saavedra et al. (2021) (32) | Colombia | Vigilancia nacional; 425 *K. pneumoniae* resistentes; WGS | 91.5 % productoras de carbapenemasa (*bla*$_{KPC-3}$, *bla*$_{KPC-2}$, *bla*$_{NDM-1}$, *bla*$_{VIM}$); CG258 48.4 %. |
| Yu et al. (2022) (33) | Cuba | Transversal en 10 hospitales centinela; 152 EPC; fenotipo y PCR | NDM en el 100 % de las EPC y KPC simultáneo en cuatro; *K. pneumoniae* 69.7 %. |
| Fernández-Salvatierra et al. (2026) (34) | Ecuador | Transversal unicéntrico; 216 aislados resistentes; PCR multiplex | *bla*$_{KPC}$ 70.8 %, *bla*$_{NDM}$ 9.7 %, *bla*$_{VIM}$ 2.8 % y *bla*$_{OXA-48}$ 0.5 %. |
| Soria-Segarra et al. (2024) (35) | Ecuador | Transversal en seis hospitales; 95 BGN no sensibles; mCIM y PCR | *Enterobacterales*: KPC 86.7 %, NDM 11.7 %; *P. aeruginosa*: VIM 72.7 %; *A. baumannii*: OXA-24/40. |
| Alcántar-Curiel et al. (2025) (36) | México | Transversal en cuatro hospitales; 926 aislados de bacteriemia; PCR | *A. baumannii* con *bla*$_{OXA-24}$ y *bla*$_{OXA-23}$; *bla*$_{NDM}$ en *K. pneumoniae* y *bla*$_{VIM}$ en *P. aeruginosa*. |
| Aquino-Andrade et al. (2026) (37) | México | Vigilancia pediátrica prospectiva; 65 *P. aeruginosa* resistentes; PCR | 18.4 % productoras, principalmente IMP (7/12); 81.6 % sin carbapenemasa, con alteraciones de OprD. |
| Martínez-Zavaleta et al. (2023) (38) | México | Transversal retrospectivo; 171 *P. aeruginosa* resistentes; PCR | 47 con carbapenemasa: VIM 59.6 %, GES 23.4 % e IMP 14.9 %. |
| Merida-Vieyra et al. (2026) (39) | México | Observacional pediátrico unicéntrico; 40 ERC; PCR y MLST | 70 % productoras: NDM-like 52 %, OXA-48-like 24 %, KPC-2 17 % y VIM-2 7 %. |
| Nieto-Saucedo et al. (2023) (40) | México | Transversal; 508 BGN (37 resistentes); PCR en tiempo real | 40.5 % de los resistentes con carbapenemasa; NDM-1 y NDM-5 en *Enterobacterales* e IMP-75 en *P. aeruginosa*. |
| Villarreal-Cruz et al. (2025) (41) | México | Transversal retrospectivo; 204 *A. baumannii* consecutivos; PCR, PFGE y MLST | *bla*$_{OXA-24}$ en el 95 % de los aislados; 87.3 % multirresistentes y 15 clones. |
| Aguilar-Ancori et al. (2025) (42) | Perú | Transversal en tres hospitales de Cusco; 91 *K. pneumoniae* multirresistentes; PCR y WGS | Carbapenemasas en 14.3 %; *bla*$_{KPC}$ 7.7 % y *bla*$_{NDM}$ 4.4 %; clon ST147. |
| Angles-Yanqui et al. (2026) (43) | Perú | Transversal unicéntrico; 159 BGN resistentes; PCR y WGS | *K. pneumoniae*: *bla*$_{NDM-1}$ 90.5 % y *bla*$_{KPC-2}$ 14.3 %; *A. baumannii*: *bla*$_{OXA-23}$ 100 %; *P. aeruginosa*: IMP y VIM. |
| Mayta-Barrios et al. (2025) (44) | Perú | Vigilancia nacional (2020–2022); 2049 aislados de 61 hospitales; PCR | *bla*$_{NDM}$ 78.1 % en *Enterobacterales*, *bla*$_{OXA-24-like}$ 67.8 % en *A. baumannii* e *bla*$_{IMP}$ 63.3 % en *P. aeruginosa*. |

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

| Autor (año) | País | Método | Principal hallazgo |
|---|---|---|---|
| Pérez-Lazo et al. (2025) (45) | Perú | Cohorte retrospectiva; 506 bacteriemias por *E. coli* o *K. pneumoniae* (97 por EPC) | NDM 63.9 % y KPC 36.1 % entre las EPC; mortalidad a 30 días 52.6 % frente a 21.3 % sin EPC. |
| Pons et al. (2025) (46) | Perú | Transversal unicéntrico; 40 *A. baumannii* consecutivos; PCR, PFGE y WGS | $bla_{OXA\text{-}24\text{-}like}$ (OXA-72) 90 % y $bla_{OXA\text{-}23\text{-}like}$ 10 %; predominio del clon ST2. |
| Pillonetto et al. (2025) (14) | 12 países de la región | Vigilancia retrospectiva (2015–2020); 58909 aislados; PCR | ERC: $bla_{KPC}$ 78.7 %; *A. baumannii*: $bla_{OXA\text{-}23}$ 88.8 %; *P. aeruginosa*: $bla_{VIM}$ 47.6 %; coproducción 2.6 %. |

*Nota:* BGN: bacilos gramnegativos; BLEE: β-lactamasas de espectro extendido; EPC: *Enterobacterales* productoras de carbapenemasa; ERC: *Enterobacterales* resistentes a carbapenémicos; HRM: análisis de alta resolución de fusión; MLST: tipificación multilocus de secuencias; PFGE: electroforesis en gel de campo pulsado; WGS: secuenciación de genoma completo; XDR: extensamente resistente.

Veinte estudios presentaron riesgo de sesgo bajo y nueve moderados; ninguno tuvo riesgo alto. Las limitaciones más frecuentes fueron el carácter unicéntrico, el tamaño de muestra reducido y la ausencia de un marco muestral representativo.

### Genes de carbapenemasas en *Enterobacterales*

En *Enterobacterales*, *blaKPC* fue el gen predominante en la vigilancia regional (78.7 % de las ERC productoras) y en Brasil, con frecuencias de 52.7 % a 68.6 % (24,26,27,28), en Ecuador, con 70.8 % y 86.7 % (34,35), y en Colombia, donde coexistieron KPC-2 y KPC-3 (30,31,32). En cambio, *blaNDM* predominó en Perú, con 63.9 % a 90.5 % (43,44,45), en Cuba, con 100 % (33), y en México, con 52 % en pediatría y predominio de NDM-1 y NDM-5 en adultos (39,40). En Argentina, ambos genes circularon con frecuencias similares (19,21,22), mientras que en Chile se documentó la emergencia de aislados con doble KPC + NDM-7 en cuatro especies (29). Los genes *blaOXA-48-like* fueron poco frecuentes (0.5–7.8 %), salvo en población pediátrica mexicana (24 %) y en *E. cloacae complex* de Argentina, donde *blaOXA-163* alcanzó 19.8 % (20,39).

Los seis estudios con datos de varios años permiten describir la tendencia temporal de los genes y coincidieron en un desplazamiento hacia *blaNDM*, hacia la coproducción KPC + NDM o hacia un aumento de las ERC productoras de carbapenemasa. En la vigilancia regional de 12 países (2015–2020), *blaKPC* mostró una tendencia estable, mientras que *blaNDM* mostró una tendencia creciente (14). En Brasil, la vigilancia nacional (2015–2022) registró un aumento de *blaNDM* de 4.1 % a 39.4 % (28), y un laboratorio de Porto Alegre documentó que KPC descendió de 76.3 % en 2019 a 43.0 % en 2024 (27). En *P. aeruginosa* de un hospital terciario de la misma ciudad, *blaNDM* aumentó de 27.3 % en 2021 a 59.5 % en 2024 (25). En Argentina, un estudio de dos hospitales (2019–2022) observó convergencia de *blaKPC* y *blaNDM* en 2022 (22), y en Chile las ERC productoras de carbapenemasa aumentaron de 11 % en 2019 a 38 % en 2022 (29). La

coproducción KPC + NDM osciló entre 3.4 % y 10.8 % de los aislados productores (21,22,24,27), una combinación relevante porque las metalo-β-lactamasas no son inhibidas por avibactam y limitan el uso de ceftazidima-avibactam (3,4,5).

**Genes de carbapenemasas en *Acinetobacter baumannii***

En *A. baumannii* se observaron dos patrones geográficos. En Brasil predominó *blaOXA-23*, con 92.2 % en la vigilancia nacional y como principal mecanismo en bacteriemias (24,28), al igual que en la vigilancia regional (88.8 %) (14) y en un hospital de Lima (100 %) (43). En cambio, *blaOXA-24/40-like* predominó en la vigilancia nacional de Perú (67.8 %) (44), en otro hospital de Lima (90 %) (46), en Ecuador (35) y en México, con 95 % en Monterrey (36,41).

**Genes de carbapenemasas en *Pseudomonas aeruginosa***

En *P. aeruginosa* predominaron las metalo-β-lactamasas, aunque el gen específico varió entre países: VIM en Ecuador (72.7 %), México (59.6 %) y en la vigilancia regional (47.6 %); IMP en Perú (63.3 %) y en pediatría mexicana; SPM-1 en Bolivia (35 %); y NDM con tendencia creciente en Brasil (14,23,25,35,37,38,44). En dos estudios, una proporción importante de aislados resistentes no portó carbapenemasa (37,40).

**Especies con mayor frecuencia de genes de carbapenemasa**

*Klebsiella pneumoniae* fue la especie con mayor frecuencia de genes de carbapenemasa en todos los estudios que analizaron varias especies, con proporciones de 53 % a 76 % de los aislados productores (19,21,33), y fue la que presentó mayor diversidad de genes y variantes (KPC-2, KPC-3, NDM-1, NDM-5, NDM-7, VIM y OXA-48-like). Le siguieron *E. cloacae complex*, *Escherichia coli* y *Serratia marcescens* entre las *Enterobacterales*.

## DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión fue que *blaKPC* continúa siendo la carbapenemasa más frecuente en *Enterobacterales* a escala regional, pero *blaNDM* se ha expandido de forma sostenida y ya predomina en varios países. Este cambio es coherente con lo descrito en estudios que no cumplieron todos los criterios de inclusión: en el noreste de Brasil, *blaNDM* alcanzó 44.8 % de las *Enterobacterales* multirresistentes, con variantes NDM-5 y NDM-29 (47); en pacientes de unidades de cuidados intensivos de Cali, representó 37.8 % de los aislados productores (48); y en México fue el gen más frecuente en *E. coli* resistente (49). La aparición de NDM-7 en la Amazonía brasileña (50) y de clones coproductores de KPC y metalo-β-lactamasas durante la pandemia (6) indica que la presión antibiótica y la saturación hospitalaria de esos años favorecieron este desplazamiento.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

La heterogeneidad geográfica fue el segundo hallazgo relevante. Mientras Perú, Cuba y México mostraron predominio de NDM, Colombia, Ecuador y Brasil mantuvieron a KPC como gen principal. En Ecuador, la persistencia de KPC se ha descrito con el predominio del clon ST512 de *K. pneumoniae* portador de KPC-3 entre las enterobacterias productoras de carbapenemasas resistentes a colistina (51), con clones diversos como ST629 en aislados con KPC de un hospital pediátrico de Guayaquil (52) y con la transmisión de *blaKPC-2* y *blaKPC-3* mediante los transposones *Tn4401a* y *Tn4401l* en diversos hospederos (1). En Chile y Argentina, la diseminación de KPC-2 se ha asociado a clones como ST25 de *K. pneumoniae* y CC10 y CC131 de *E. coli* (53,54). Estas diferencias sugieren que un protocolo diagnóstico único para toda la región sería insuficiente y que cada país debe basar sus algoritmos en su propia epidemiología.

Los genes *blaOXA-48-like* fueron poco frecuentes, lo que coincide con su carácter emergente en la región. Los primeros aislados de Perú se describieron en un centro oncológico (7), en Ecuador se detectaron en *Raoultella ornithinolytica* (55) y en Brasil se reportó OXA-48 en 4 % de *P. aeruginosa* resistentes (56). La variante OXA-163, frecuente en Argentina, y su combinación con NDM en Paraguay (57) requieren vigilancia, ya que su baja actividad sobre carbapenémicos puede ocultarlas en las pruebas fenotípicas.

La coproducción de carbapenemasas tiene implicaciones terapéuticas importantes. La presencia de un plásmido IncC con tres carbapenemasas en varias especies en Colombia (2) y de aislados con doble carbapenemasa en Paraguay (57) demuestra la capacidad de los elementos móviles para acumular genes. Dado que las metalo-β-lactamasas explican la resistencia a ceftazidima-avibactam en *Enterobacterales* (4) y que, en vigilancias regionales, hasta 24.4 % de las *Enterobacterales* no sensibles a meropenem portaron metalo-β-lactamasas, con 13.8 % de aislados productores en Guatemala (3,5), la diferenciación molecular entre serino-carbapenemasas y metalo-β-lactamasas es necesaria para orientar el tratamiento.

En *A. baumannii*, la división entre OXA-23 en Brasil y OXA-24/40 en Perú, Ecuador y México concuerda con la circulación de clones internacionales distintos. En Brasil se describió un brote por el clon ST15 coproductor de OXA-23 y OXA-58 (8), mientras que en México se reportó predominio de OXA-40 en clones de alto riesgo durante la pandemia (58). En Quito, la coexistencia de OXA-23, OXA-72 y OXA-143-like en aislados clínicos (59) refuerza la diversidad de oxacilinasas en la región andina.

En *P. aeruginosa*, la diversidad de metalo-β-lactamasas fue mayor que en los otros grupos. En el sur de Brasil se identificaron SPM-1, IMP-16, IMP-1, VIM-2, KPC-2 y NDM-1 en solo diez aislados (9), y en unidades de cuidados intensivos de Porto Velho predominó GES, con baja frecuencia de carbapenemasas clásicas (60). La proporción de aislados resistentes sin carbapenemasa, observada también en estudios incluidos, coincide con la importancia de los mecanismos no

enzimáticos, como la pérdida de OprD y la sobreexpresión de bombas de eflujo (4), por lo que la ausencia de un gen no descarta la resistencia.

El predominio de *K. pneumoniae* como principal portadora de genes de carbapenemasa coincide con su papel en brotes hospitalarios prolongados, como el causado por un clon ST11 con KPC en Brasil (61), y con la circulación de clones de alto riesgo en Chile (54), y con su frecuente colonización en pacientes de unidades críticas, donde 18.5 % de los pacientes ingresaron colonizados por organismos resistentes a carbapenémicos (62). Este hallazgo justifica priorizar la vigilancia molecular de esta especie y el tamizaje de colonización como parte del control de infecciones.

Entre las limitaciones se encuentran la heterogeneidad de los denominadores, que impidió realizar un metaanálisis; la concentración de los datos en pocos países; la escasa representación de Centroamérica y el Caribe, con la excepción de Cuba, ya que el reporte identificado de Costa Rica se limitó a la caracterización genómica de aislados, sin valores de prevalencia (63); la restricción a artículos de acceso libre en inglés y español; y la exclusión de estudios con información relevante, pero con cumplimiento parcial de los criterios.

## CONCLUSIONES

Los genes de carbapenemasas más frecuentes en bacilos gramnegativos de muestras clínicas en América Latina y el Caribe fueron $bla_{KPC}$ y $bla_{NDM}$ en *Enterobacterales*, $bla_{OXA-23}$ y $bla_{OXA-24/40-like}$ en *A. baumannii* y las metalo-β-lactamasas (VIM, IMP, SPM y NDM) en *P. aeruginosa*. *Klebsiella pneumoniae* fue la especie con mayor frecuencia y diversidad de estos genes.

La prevalencia de los mecanismos moleculares varió entre países: KPC predominó en Brasil, Colombia y Ecuador, mientras que NDM predominó en Perú, Cuba y México, y ambos circularon con frecuencias similares en Argentina. La tendencia creciente de NDM y de la coproducción de carbapenemasas indica que los protocolos nacionales deben incorporar la detección molecular diferenciada de serino-carbapenemasas y metalo-β-lactamasas para orientar el tratamiento y la vigilancia.

Se recomienda que futuras investigaciones utilicen diseños multicéntricos con denominadores estandarizados, incluyan países de Centroamérica y el Caribe y combinen la vigilancia molecular con la secuenciación genómica para identificar de forma temprana nuevas variantes y elementos móviles.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 291-311
DOI:
https://doi.org/10.56519/h04rmc04

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Pallo Chiliquinga Samira Lisbeth: conceptualización, metodología, investigación, análisis Formal, gestión de datos, visualización, preparación del borrador original, financiamiento y Administración del proyecto.

Cáceres Manzano Verónica Paulina: supervisión, revisión, corrección del borrador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mejia-Limones I, Benites-Villegas M, Cáceres-Valdiviezo M, Andrade-Molina D. Genomic characterization of *blaKPC* transmission via *Tn4401a* and *Tn4401l* transposons across *Enterobacteriaceae* and ESKAPE in Ecuador. Microbiology (Reading). 2026;172:001772. Doi:10.1099/mic.0.001772
2. Sierra R, Castro B, De La Cadena E, Rojas LJ, García-Betancur JC, Roch M, et al. Emergence and dissemination of an IncC plasmid co-harbouring *blaKPC-2*, *blaNDM-1* and *blaVIM-24* carbapenemase genes across multiple Gram-negative species in Colombia. JAC Antimicrob Resist. 2026;8:dlag222. Doi:10.1093/jacamr/dlag222
3. Karlowsky JA, Kazmierczak KM, Valente MLNF, Luengas EL, Baudrit M, Quintana A, et al. In vitro activity of ceftazidime-avibactam against *Enterobacterales* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates collected in Latin America as part of the ATLAS global surveillance program, 2017−2019. Braz J Infect Dis. 2021;25(6):101647. Doi:10.1016/j.bjid.2021.101647
4. Mojica MF, De La Cadena E, García-Betancur JC, Porras J, Novoa-Caicedo I, Páez-Zamora L, et al. Molecular mechanisms of resistance to ceftazidime/avibactam in clinical isolates of *Enterobacterales* and *Pseudomonas aeruginosa* in Latin American hospitals. mSphere. 2023;8(1):e00651-22. Doi:10.1128/msphere.00651-22
5. Wise MG, Karlowsky JA, Mohamed N, Kamat S, Sahm DF. In vitro activity of aztreonam–avibactam against *Enterobacterales* isolates collected in Latin America, Africa/Middle East, Asia, and Eurasia for the ATLAS Global Surveillance Program in 2019–2021. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2023;42:1135-43. Doi:10.1007/s10096-023-04645-2
6. Faccone D, Gomez SA, de Mendieta JM, Sanz MB, Echegorry M, Albornoz E, et al. Emergence of hyper-epidemic clones of *Enterobacterales* clinical isolates co-producing KPC and metallo-beta-lactamases during the COVID-19 pandemic. Pathogens. 2023;12(3):479. Doi:10.3390/pathogens12030479
7. Villanueva-Cotrina F, Mamani Condori D, Ortiz Gomez T, Mallma Yactayo K, Barron-Pastor H. First isolates of OXA-48-like carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in a specialized cancer center. Infect Chemother. 2022;54(4):765-73. Doi:10.3947/ic.2022.0135
8. Saraiva AMM, Lobato ARF, Pereira ES, Schneider MPC, Graças DA, Veras AAO, et al. Outbreak of multidrug-resistant (MDR) *Acinetobacter baumannii* ST-15 strains co-producing

OXA-23 and OXA-58 in South America. Curr Microbiol. 2026;83:587. Doi:10.1007/s00284-026-05160-1

9. Bejes BM, Vicari MR, Nogaroto V, Bail L, Arend LNVS, Nogueira KS, et al. Genomic and phenotypic insights into carbapenemase-mediated resistance and clonal diversity of *Pseudomonas aeruginosa* clinical isolates from southern Brazil. Curr Microbiol. 2026;83:438. Doi:10.1007/s00284-026-05023-9
10. García-Betancur JC, Appel TM, Esparza G, Gales AC, Levy-Hara G, Cornistein W, et al. Update on the epidemiology of carbapenemases in Latin America and the Caribbean. Expert Rev Anti Infect Ther. 2021;19:197-213. Doi:10.1080/14787210.2020.1813023
11. Ruvinsky S, Voto C, Roel M, Portillo V, Naranjo Zuñiga G, Ulloa-Gutierrez R, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* bacteremia in pediatric patients in Latin America and the Caribbean: A systematic review and meta-analysis. Antibiotics (Basel). 2024;13(12):1117. Doi:10.3390/antibiotics13121117
12. Ciapponi A, Bardach A, Sandoval MM, Palermo MC, Navarro E, Espinal C, et al. Systematic review and meta-analysis of deaths attributable to antimicrobial resistance, Latin America. Emerg Infect Dis. 2023;29(11):2335-44. Doi:10.3201/eid2911.230753
13. Ali S, Baig A, Nagassar RP, Burke LP, Fitzpatrick F, Fitzgerald-Hughes D. The Caribbean under the radar? A scoping review of carbapenemase-producing *Enterobacterales* across the region. PLOS Glob Public Health. 2026. Doi:10.1371/journal.pgph.0007176
14. Pillonetto M, Wink PL, Melano RG, Jiménez-Pearson MA, Melgarejo Touchet NL, Saavedra Rojas SY, et al. Carbapenemases producing gram-negative bacteria surveillance in Latin America and the Caribbean: A retrospective observational study from 2015 to 2020. Lancet Reg Health Am. 2025;49:101185. Doi:10.1016/j.lana.2025.101185
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. Doi:10.1136/bmj.n71
16. Munn Z, Moola S, Lisy K, Riitano D, Tufanaru C. Methodological guidance for systematic reviews of observational epidemiological studies reporting prevalence and cumulative incidence data. Int J Evid Based Healthc. 2015;13(3):147-53. Doi:10.1097/XEB.0000000000000054
17. Richardson WS, Wilson MC, Nishikawa J, Hayward RS. The well-built clinical question: A key to evidence-based decisions. ACP J Club. 1995;123(3):A12-3. Doi:10.7326/ACPJC-1995-123-3-A12
18. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. Eur J Epidemiol. 2010;25(9):603-5. Doi:10.1007/s10654-010-9491-z
19. Balbuena JP, Cordova E, Mykietiuk A, Farina J, Ganete M, Scapellato P, et al. Carbapenem-resistant Gram-negative bacilli bacteremia in Argentina (EMBARCAR): Findings from a prospective, multicenter cohort study. Clin Infect Dis. 2025;81(5):879-88. Doi:10.1093/cid/ciaf259

20. De Mendieta JM, Menocal MA, Sanz MB, De Belder D, Rapoport M, Poklepovich T, et al. Genomic epidemiology of carbapenemase-producing *Enterobacter cloacae complex* in Argentina: A retrospective analysis (2016–2022). Microbiol Spectr. 2026:e03471-25. Doi:10.1128/spectrum.03471-25
21. Echegorry M, Marchetti P, Sanchez C, Olivieri L, Faccone D, Martino F, et al. National multicenter study on the prevalence of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in the post-COVID-19 era in Argentina: The RECAPT-AR study. Antibiotics (Basel). 2024;13(12):1139. Doi:10.3390/antibiotics13121139
22. González-Espinosa F, Magariños F, Ciminello S, Figueroa-Espinosa R, Haim MS, Poklepovich T, et al. Epidemiological insights into carbapenem-resistant *Enterobacterales* throughout the COVID-19 pandemic in Buenos Aires, Argentina. Antibiotics (Basel). 2026;15(3):273. Doi:10.3390/antibiotics15030273
23. Alvarado-Orosco N, Gomis-Font MA, Sastre-Femenia MA, Ribera Ortiz S, Miranda Arce M, Araúz Barba ME, et al. First nationwide survey on *Pseudomonas aeruginosa* in Bolivia: Susceptibility profiles, resistome, and genomic epidemiology. Antimicrob Agents Chemother. 2025:e01163-25. Doi:10.1128/aac.01163-25
24. Antochevis LC, Wilhelm CM, Arns B, Sganzerla D, Sudbrack LO, Nogueira TCRL, et al. World Health Organization priority antimicrobial resistance in *Enterobacterales*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, Staphylococcus aureus and Enterococcus faecium healthcare-associated bloodstream infections in Brazil (ASCENSION): A prospective, multicentre, observational study. Lancet Reg Health Am. 2025;43:101004. Doi:10.1016/j.lana.2025.101004
25. Barth PO, Pereira DC, Wilhelm CM, Tragnago KF, Barth AL. Increased rates of *blaNDM* in *Pseudomonas aeruginosa* in a tertiary care hospital in southern Brazil. Braz J Infect Dis. 2025;29(3):104523. Doi:10.1016/j.bjid.2025.104523
26. Fassbind DA, Bioni GB, Motta F, Dias CAG. Clinical, microbiological characteristics and outcomes of carbapenemase-producing *Enterobacterales* bloodstream infections in a pediatric hospital in Brazil. BMC Infect Dis. 2025;25:1253. Doi:10.1186/s12879-025-11696-7
27. Filter EL, Mott MP, Zimmer KR, Machado DP, Lutz L, Constante C, et al. Prevalence of carbapenemase production among *Enterobacterales* with reduced susceptibility to meropenem in patients at Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) between 2019 and 2024. Braz J Microbiol. 2026;57(1):185. Doi:10.1007/s42770-026-01995-9
28. Kiffer CRV, Rezende TFT, Costa-Nobre DT, Marinonio ASS, Shiguenaga LH, Kulek DNO, et al. A 7-year Brazilian national perspective on plasmid-mediated carbapenem resistance in *Enterobacterales*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter baumannii* complex and the impact of the coronavirus disease 2019 pandemic on their occurrence. Clin Infect Dis. 2023;77(Suppl 1):S29-37. Doi:10.1093/cid/ciad260
29. Quesille-Villalobos AM, Solar C, Martínez JRW, Rivas L, Quiroz V, González AM, et al. Multispecies emergence of dual *blaKPC*/NDM carbapenemase-producing *Enterobacterales*

recovered from invasive infections in Chile. Antimicrob Agents Chemother. 2025;69(1):e0120524. Doi:10.1128/aac.01205-24

30. Ibáñez-Prada ED, Bustos IG, Gamboa-Silva E, Josa DF, Mendez L, Fuentes YV, et al. Molecular characterization and descriptive analysis of carbapenemase-producing Gram-negative rod infections in Bogota, Colombia. Microbiol Spectr. 2024;12(6):e01714-23. Doi:10.1128/spectrum.01714-23
31. Medina VA, García-Vega AS, Rodríguez F, Triviño-García ES, Robledo JA, Leal AL, et al. Epidemiological genomics of *Klebsiella pneumoniae* isolates from hospitals across Colombia. npj Antimicrob Resist. 2025. Doi:10.1038/s44259-025-00127-x
32. Saavedra SY, Bernal JF, Montilla-Escudero E, Arévalo SA, Prada DA, Valencia MF, et al. Complexity of genomic epidemiology of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* isolates in Colombia urges the reinforcement of whole genome sequencing-based surveillance programs. Clin Infect Dis. 2021;73(Suppl 4):S290-9. Doi:10.1093/cid/ciab777
33. Yu H, González Molina MK, Carmona Cartaya Y, Hart Casares M, Aung MS, Kobayashi N, et al. Multicenter study of carbapenemase-producing *Enterobacterales* in Havana, Cuba, 2016–2021. Antibiotics (Basel). 2022;11(4):514. Doi:10.3390/antibiotics11040514
34. Fernández-Salvatierra D, González-Domenech CM, Morey-León G, Fernández-Cadena JC. Co-occurrence of *blaKPC* and *blaOXA-48* genes in *Klebsiella pneumoniae* isolates from a tertiary-care hospital in Ecuador and evidence of emerging genotypic–phenotypic AMR inconsistencies. BMC Microbiol. 2026;26:401. Doi:10.1186/s12866-026-04940-w
35. Soria-Segarra C, Soria-Segarra C, Molina-Matute M, Agreda-Orellana I, Núñez-Quezada T, Cevallos-Apolo K, et al. Molecular epidemiology of carbapenem-resistant gram-negative bacilli in Ecuador. BMC Infect Dis. 2024;24:378. Doi:10.1186/s12879-024-09248-6
36. Alcántar-Curiel MD, Morfín-Otero R, Jarillo-Quijada MD, Fernández-Vázquez JL, Gayosso-Vázquez C, Hernández-Medel ML, et al. Resistance landscape and clonal dynamics of ESKAPE pathogens in bloodstream infections: A multicenter study from Mexico. Pathogens. 2025;14(11):1187. Doi:10.3390/pathogens14111187
37. Aquino-Andrade A, Merida-Vieyra J, Bautista-Hernandez R, Méndez HEA, Moreno-Huizar AR, Tapia-Reyes A, et al. Surveillance of carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolates obtained from patients treated in a paediatric hospital in Mexico. Sci Rep. 2026;16:18550. Doi:10.1038/s41598-026-49758-8
38. Martínez-Zavaleta MG, Fernández-Rodríguez D, Hernández-Durán M, Colín-Castro CA, García-Hernández ML, Becerra-Lobato N, et al. Acquired *blaVIM* and *blaGES* carbapenemase-encoding genes in *Pseudomonas aeruginosa*: A seven-year survey highlighting an increasing epidemiological threat. Pathogens. 2023;12(10):1256. Doi:10.3390/pathogens12101256
39. Merida-Vieyra J, Aquino-Andrade A, Tapia-Reyes A, Pérez-González ÓA, Méndez HEA, Bautista-Hernandez R, et al. Microbiological characterization and clinical outcomes of carbapenem-resistant *Enterobacterales* infections in a paediatric hospital in Mexico. BMC Infect Dis. 2026;26:330. Doi:10.1186/s12879-026-12589-z

40. Nieto-Saucedo JR, López-Jacome LE, Franco-Cendejas R, Colín-Castro CA, Hernández-Duran M, Rivera-Garay LR, et al. Carbapenem-resistant Gram-negative bacilli characterization in a tertiary care center from El Bajio, Mexico. Antibiotics (Basel). 2023;12(8):1295. Doi:10.3390/antibiotics12081295
41. Villarreal-Cruz S, Camacho-Ortiz A, Flores-Treviño S, Villarreal-Treviño L, Bocanegra-Ibarias P. Intrahospital dissemination of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* at a teaching hospital in Northeast of Mexico. Infect Prev Pract. 2025;7(1):100443. Doi:10.1016/j.infpip.2025.100443
42. Aguilar-Ancori EG, Marin-Carrasco M, Campo-Pfuyo LI, Muñiz-Duran JG, Espinoza-Culupú A. Identification of pandemic ST147, ESBL-type β-lactamases, carbapenemases, and virulence factors in *Klebsiella pneumoniae* isolated from southern Peru. Sci Rep. 2025;15:14870. Doi:10.1038/s41598-025-97464-8
43. Angles-Yanqui E, Yauri-Condor K, Velásquez-Pomar J, Hernandez-Hernandez R, Salazar A, Yañez P, et al. Molecular epidemiology and resistance mechanisms of carbapenem-resistant Gram-negative bacilli in a referral hospital in Lima, Peru. JAC Antimicrob Resist. 2026;8:dlag236. Doi:10.1093/jacamr/dlag236
44. Mayta-Barrios M, Ramírez-Illescas J, Pacori J, Acosta J, Pampa-Espinoza L, Silva-Valencia J, et al. Molecular detection of carbapenemases in critical microorganisms since the onset of the COVID-19 pandemic in Peru. JAC Antimicrob Resist. 2025;7:dlaf203. Doi:10.1093/jacamr/dlaf203
45. Pérez-Lazo G, Sandoval-Ahumada R, Tairo-Cerron C, Ballena-López J, Soto-Febres F, Loyola S. Thirty-day mortality associated with carbapenemase-producing *Enterobacterales* bloodstream infections at a referral hospital in Peru, 2020–2023. Open Forum Infect Dis. 2025;12(12):ofaf729. Doi:10.1093/ofid/ofaf729
46. Pons MJ, Guibert F, Choque-Matos J, Palomino-Kobayashi LA, Fernandez-Castro P, Gonzales P, et al. Highly clonal carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* isolates from a Peruvian hospital. Microbiol Spectr. 2025:e02119-25. Doi:10.1128/spectrum.02119-25
47. Martins LR, de Oliveira ÉM, Pimentel MIS, Beltrão EMB, Lopes ACS. Occurrence of *blaNDM-5* and *blaNDM-29* variants and genetic diversity among *Enterobacterales* in hospitalized patients in northeastern Brazil. Braz J Microbiol. 2026;57:291. Doi:10.1007/s42770-026-02109-1
48. Fernandes-Pineda M, Martínez-Buitrago E, Bravo JH, Matta-Cortés L, Ospina-Galindez JA, Paredes-Amaya CC. Characterization of carbapenemase-producing *Enterobacterales* from rectal swabs of patients in the intensive care units of a tertiary hospital in Cali-Colombia. Heliyon. 2024;10:e33368. Doi:10.1016/j.heliyon.2024.e33368
49. Correa-León YP, Pérez-Hernández JM, Martinez-Guerra BA, Rodríguez-Noriega E, Mena-Ramírez JP, López-Gutiérrez E, et al. Evaluation of the BD Phoenix carbapenemase-producing organism panels for the detection of carbapenemase producers in *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. Diagnostics (Basel). 2023;13(22):3417. Doi:10.3390/diagnostics13223417

50. Rodrigues YC, Lobato ARF, Quaresma AJPG, Guerra LMGD, Brasiliense DM. The spread of NDM-1 and NDM-7-producing *Klebsiella pneumoniae* is driven by multiclonal expansion of high-risk clones in healthcare institutions in the state of Pará, Brazilian Amazon region. Antibiotics (Basel). 2021;10(12):1527. Doi:10.3390/antibiotics10121527
51. Soria-Segarra C, Soria-Segarra C, Diaz A, Miranda-Ayala M, Cevallos-Apolo K, Bombón Moreno B, et al. Risk factors associated with colistin resistance in carbapenemase-producing *Enterobacterales*: A multicenter study from a low-income country. Ann Clin Microbiol Antimicrob. 2023;22:64. Doi:10.1186/s12941-023-00609-8
52. Mejía-Limones I, Andrade-Molina D, Morey-León G, Hidalgo-Olmedo JC, Chang-Asinc JG, Fernández-Cadena JC, et al. Whole-genome sequencing of *Klebsiella pneumoniae* MDR circulating in a pediatric hospital setting: A comprehensive genome analysis of isolates from Guayaquil, Ecuador. BMC Genomics. 2024;25:928. Doi:10.1186/s12864-024-10835-9
53. Sanz MB, De Belder D, de Mendieta JM, Faccone D, Poklepovich T, Lucero C, et al. Carbapenemase-producing extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* from Argentina: Clonal diversity and predominance of hyperepidemic clones CC10 and CC131. Front Microbiol. 2022;13:830209. Doi:10.3389/fmicb.2022.830209
54. Veloso M, Arros P, Acosta J, Rojas R, Berríos-Pastén C, Varas M, et al. Antimicrobial resistance, pathogenic potential, and genomic features of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* isolated in Chile: High-risk ST25 clones and novel mobile elements. Microbiol Spectr. 2023;11:e00399-23. Doi:10.1128/spectrum.00399-23
55. Villacís JE, Castelán-Sánchez HG, Rojas-Vargas J, Rodríguez-Cruz UE, Albán V, Reyes JA, et al. Emergence of *Raoultella ornithinolytica* in human infections from different hospitals in Ecuador with OXA-48-producing resistance. Front Microbiol. 2023;14:1216008. Doi:10.3389/fmicb.2023.1216008
56. Almeida VF, Dias VL, Velikkakam T, Royer S, Almeida-Junior ER, Aires CAM, et al. Unveiling a new sequence type in high-risk clonal complexes of virulent carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* carrying *blaKPC-2*, *blaNDM* and *blaOXA-48*. Braz J Microbiol. 2026;57:56. Doi:10.1007/s42770-025-01849-w
57. Melgarejo Touchet N, Weiler N, Busignani S, Orrego V, Duarte MJ, Martínez J, et al. Double-carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*: Complete genome sequencing of isolates from hospitals in Paraguay, 2021. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2025;42(2):138-46. Doi:10.17843/rpmesp.2025.422.14293
58. Cureño-Díaz MA, Plascencia-Nieto ES, Loyola-Cruz MÁ, Cruz-Cruz C, Nolasco-Rojas AE, Durán-Manuel EM, et al. Gram-negative ESKAPE bacteria surveillance in COVID-19 pandemic exposes high-risk sequence types of *Acinetobacter baumannii* MDR in a tertiary care hospital. Pathogens. 2024;13(1):50. Doi:10.3390/pathogens13010050
59. Sotomayor N, Villacis JE, Burneo N, Reyes J, Zapata S, Bayas-Rea RA. Carbapenemase genes in clinical and environmental isolates of *Acinetobacter* spp. From Quito, Ecuador. PeerJ. 2024;12:e17199. Doi:10.7717/peerj.17199

60. Passos da Silva ME, Suica LMM, Rodrigues RS, Custódio MGF, Ferreira VB, Pontes LS, et al. Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* in ICU patients and hospital surfaces: β-lactamase burden, biofilm formation and clonal spread. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 2026;45:1979-94. Doi:10.1007/s10096-026-05457-w
61. Rocha VFD, Barbosa MS, Leal HF, Silva GEO, Sales NMMD, Monteiro ASS, et al. Prolonged outbreak of carbapenem and colistin-resistant *Klebsiella pneumoniae* at a large tertiary hospital in Brazil. Front Microbiol. 2022;13:831770. Doi:10.3389/fmicb.2022.831770
62. Espitia-Acero C, García-Betancur JC, De La Cadena E, Pallares CJ, Restrepo-Arbeláez N, Patiño-Guevara E, et al. Colonization status and risk factors for infection by carbapenem-resistant Gram-negative bacteria in intensive care units in Colombia. J Hosp Infect. 2026;168:183-90. Doi:10.1016/j.jhin.2025.11.003
63. Gutiérrez R, Elizondo-Álvarez T, Ramírez-Cardoce M, Duarte-Martínez F, Cordero-Laurent E, Segura-Retana E, et al. First identification and whole-genome characterization of human-associated *Enterobacter roggenkampii* and *Enterobacter sichuanensis* carrying *blaIMI-4* carbapenemase in Costa Rica. J Glob Antimicrob Resist. 2025;43:68-75. Doi:10.1016/j.jgar.2025.04.004

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 212-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

# CORROSIÓN EN LA SUPERFICIE DE MINI TORNILLOS RETIRADOS EN PACIENTES DE ORTODONCIA DE LA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

# CORROSION ON THE SURFACE OF MINI SCREWS REMOVED FROM ORTHODONTIC PATIENTS AT THE UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Gabriela Mishelle Valdez Orellana[1], Lucía del Carmen Mesías Pazmiño[2], Gerson Oswaldo Cabezas Bernhardt[3], Ebingen Villavicencio Caparo[4], Alfredo Valarezo Garcés[5], César Daniel Coronel Romero[6]

{gvaldez@estud.usfq.edu.ec[1], dra.luciamesias@gmail.com[2], gcabezas@usfq.edu.ec[3], evillavicencioc@ucacue.edu.ec[4], avalarezo@usfq.edu.ec[5], cdcoronel@uce.edu.ec[6]}

Fecha de recepción: 22/10/2026 / Fecha de aceptación: 20/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: Los mini implantes ortodónticos permanecen en contacto con hueso, saliva y humedad, y su éxito o fracaso se relaciona con su diseño y la composición del material; sin embargo, la información sobre el estado de su superficie tras ser retirados es limitada. El objetivo fue analizar la superficie de mini implantes retirados de pacientes de ortodoncia, determinando si presentaron corrosión y distorsión de la punta, y su relación con el tiempo y la fuerza de tracción. Se realizó un estudio observacional, laboratorial y transversal con 26 mini implantes de marca Morelli, de titanio (17) y de acero (9): 20 retirados de pacientes, con carga de tracción entre 150 y 300 gr y permanencia en boca de 2 a 18 meses; 4 nuevos del grupo control, colocados en hueso, saliva artificial y horno a 37 °C; y 2 nuevos como control negativo. Cada implante se analizó en punta, cuerpo y cuello mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de dispersión de energía (EDS), y los datos se procesaron en SPSS v. 26. Se evidenció corrosión, indicada por la presencia de oxígeno, en los implantes de pacientes y**

[1]Estudiante de Posgrado de Ortodoncia; Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-0665-7452

[2]Docente; Posgrado de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador, https://orcid.org/0009-0007-3914-7957

[3]Docente; Posgrado de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-8216-2841

[4]Docente; Posgrado de Ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador. https://orcid.org/0000-0003-4411-4221

[5]PhD. y Post-doctorado en Ciencia de Materiales e Ingeniería; Universidad de Stony Brook, EE. UU; Director Instituto de Energía y Materiales; Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador. https://orcid.org/0000-0003-2023-9644

[6]Estudiante de Posgrado de Ortodoncia; Universidad San Francisco de Quito; Quito, Ecuador. cdcoronel@uce.edu.ec https://orcid.org/0000-0002-4575-3802

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

**del grupo control, con incremento en la punta de los de titanio y en la punta y el cuello de los de acero; los de titanio mostraron mayor corrosión que los de acero. El oxígeno aumentó con el tiempo (r=0,278; p=0,014) y el tiempo se asoció con la fuerza (r=0,444; p<0,001). Todos los implantes recuperados presentaron deformación de la punta y cambios morfológicos como grietas en las roscas. La corrosión que experimentan los mini tornillos al ser insertados en el hueso bajo carga de tracción hace que el material pierda estabilidad y fracase, por lo que no se recomienda su reinserción.**

***Palabras clave: Corrosión, distorsión, mini implantes, ortodoncia***

**ABSTRACT: Orthodontic mini screws remain in contact with bone, saliva, and moisture, and their success or failure is related to their design and material composition; however, information on the condition of their surface after removal is limited. The objective was to analyze the surface of mini screws removed from orthodontic patients, determining whether they showed corrosion and tip distortion, and their relationship with traction time and force. An observational, laboratory-based, cross-sectional study was conducted on 26 Morelli mini screws, made of titanium (17) or steel (9): 20 removed from patients, with a traction load between 150 and 300 gr and a period in the mouth of 2 to 18 months; 4 new screws from the control group, placed in bone, artificial saliva, and an oven at 37 °C; and 2 new screws as a negative control. Each screw was analyzed at the tip, body, and neck by scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive spectroscopy (EDS), and the data were processed with SPSS v. 26. Corrosion, indicated by the presence of oxygen, was evidenced in the screws from patients and from the control group, with an increase at the tip of the titanium screws and at the tip and neck of the steel screws; titanium screws showed more corrosion than steel screws. Oxygen increased with time (r=0.278; p=0.014), and time was associated with force (r=0.444; p<0.001). All recovered implants showed tip deformation and morphological changes such as cracks in the threads. The corrosion that mini screws experience when inserted into bone under traction load causes the material to lose stability and fail; therefore, their reinsertion is not recommended.**

***Keywords: Corrosion, distortion, mini screws, orthodontics***

## INTRODUCCIÓN

La ortodoncia es la rama de la Odontología que se encarga de prevenir, diagnosticar, interceptar y tratar las malposiciones dentarias y los trastornos maxilofaciales. Dentro de sus tratamientos se emplean los micro implantes o mini tornillos, dispositivos de anclaje temporal (TADs) ampliamente aceptados en la ortodoncia contemporánea (1). Constituyen un tipo de implante alveolar que proporciona un excelente método de anclaje, es económico y fácil de colocar y retirar, por lo que a menudo se consideran la fuente de anclaje intraoral absoluto para fines clínicos (2). Frente a otros sistemas de anclaje, sus ventajas comprenden el pequeño tamaño, el

bajo costo, la sencilla implantación y el mínimo trauma quirúrgico (3), y sus principales indicaciones incluyen la intrusión de molares, la retrusión e intrusión de incisivos y la corrección de planos asimétricos y de líneas medias (4).

Los mini tornillos se fabrican habitualmente de titanio médico grado 5, de biocompatibilidad probada y excelente resistencia al estrés, a la fractura y a la corrosión; su superficie, sin tratamiento con fosfato de calcio, evita la osteointegración, indeseada porque dificulta su extracción (4). Algunos fabricantes emplean acero inoxidable de grado quirúrgico (2). Están formados por cabeza, cuello, rosca y punta (2) y soportan fuerzas de 50 a 600 g (5); en modelos animales, fuerzas de hasta 150 g no afectaron la estabilidad y, aunque el umbral superior recomendado es de 200 g, no existe acuerdo en la literatura sobre el límite (2,6). Dado que su función principal es proporcionar anclaje esquelético, su estabilidad resulta crucial (5).

La corrosión es el deterioro de un material, normalmente metálico, a nivel atómico por la interacción con factores físicos, químicos o electroquímicos del entorno, con o sin esfuerzos mecánicos; en los biomateriales metálicos causa pérdida de material, debilita la estructura y compromete su resistencia mecánica (7). En la cavidad bucal, los metales pueden sufrir corrosión y biocorrosión, esta última definida como el deterioro acelerado de los metales por la presencia de biopelículas en su superficie (7). La placa bacteriana y los restos de alimentos forman una capa cuyos procesos metabólicos reducen el pH y alteran la capa pasiva de óxido (8). Se han descrito la corrosión por bacterias, la galvánica y la corrosión por desgaste (9); además, los aparatos metálicos de ortodoncia, incluidos los microimplantes, permanecen en la boca alrededor de dos años en un ambiente considerado corrosivo, sin que la destrucción sea perceptible macroscópicamente (10).

Aunque las aleaciones de titanio son excepcionalmente resistentes a la corrosión por la estabilidad de la capa pasiva de óxido de titanio, se ha informado que los micro implantes sufren corrosión después de su aplicación clínica; cuando el implante se coloca en el hueso, la tensión puede provocar corrosión bajo tensión o agrietamiento de la aleación (11). La distorsión de la punta, entendida como la deformación o fractura de esta zona, adquiere relevancia porque los mini tornillos recuperados pueden presentar variaciones morfológicas que limitan su reubicación (1). Para evaluar estos cambios se emplea la microscopía electrónica de barrido (SEM), que genera imágenes de alta resolución de la superficie de la muestra (12,13), complementada con la espectroscopía de dispersión de energía (EDS) para identificar y cuantificar los elementos presentes.

Una vez alcanzados los objetivos ortodóncicos, los micro implantes se retiran del hueso y, por lo general, los dispositivos recuperados se descartan; sin embargo, factores económicos o la conservación del medio ambiente podrían llevar a los ortodoncistas a considerar su reutilización (11). La corrosión del titanio puede verse exacerbada en condiciones inflamatorias, con liberación de iones metálicos que contribuye a la pérdida de estabilidad de los mini implantes. Además, el implante atraviesa la mucosa y el hueso y genera una inflamación traumática con disminución del

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

pH en las primeras fases exudativas, lo que activa granulocitos polimorfonucleares y macrófagos, que liberan enzimas y agentes oxidantes capaces de alterar la superficie del mini implante y crear un entorno propenso a la inestabilidad (14). En la actualidad no existe información extensa sobre la superficie y la composición elemental de los mini tornillos usados, lo que motivó este estudio.

La evolución de la ortodoncia ha llevado a una gran aceptación de los mini implantes por su influencia en el anclaje esqueletal, que permite mover los dientes de manera más estable y efectiva. La corrosión de su superficie puede contaminar el hueso y conducir al fracaso del dispositivo (11). Este estudio aporta información sobre la corrosión presente en la superficie de los mini implantes retirados y permite al ortodoncista conocer si un mini implante podría reutilizarse en el mismo paciente, en distintas zonas de aplicación de los maxilares o en el mismo sitio. Los estudios sobre el tema son limitados y se han desarrollado solo en países de primer mundo con marcas que no se manejan en Ecuador.

La pregunta de investigación fue: ¿presentan corrosión los mini tornillos al ser retirados de la cavidad oral después de haber sido utilizados para anclaje esqueletal y movimientos dentales en tratamientos de ortodoncia? El objetivo general fue analizar la superficie de los micro implantes retirados en los tratamientos de ortodoncia, determinando si presentaron corrosión y distorsión en la punta. Los objetivos específicos fueron: (1) examinar si la superficie de los micro implantes retirados presentó corrosión; (2) observar si los micro implantes retirados adquirieron distorsión en la punta; (3) considerar si la corrosión que presenta la superficie está relacionada con el tiempo de tracción; y (4) comparar si la corrosión que presenta la superficie está relacionada con la fuerza de tracción. Como hipótesis de investigación (H1) se planteó que los mini tornillos, al ser retirados de la cavidad oral, presentan corrosión; en contraposición, se formuló que no presentan corrosión ni cambios en su superficie que alteren su composición.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación observacional, laboratorial y transversal. La variable dependiente corrosión se definió como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por parte de su entorno y se registró como presente o ausente en la superficie del microimplante (variable cualitativa nominal). La distorsión en la punta, definida como la deformación o fractura de la punta del mini tornillo, se registró del mismo modo. Como variables independientes se consideraron el tiempo de tracción, período transcurrido desde la inserción del mini implante hasta su retiro al obtenerse el resultado esperado, categorizado en menos de 8 meses, entre 8 y 12 meses y entre 12 y 18 meses (cuantitativa discreta); y la fuerza de tracción, cantidad de fuerza aplicada al mini implante para la biomecánica realizada, categorizada en menos de 100 grF, entre 100 y 150 grF y entre 150 y 200 grF (cuantitativa discreta).

Se empleó una muestra por conveniencia de pacientes con tratamiento de ortodoncia atendidos en la clínica de posgrados de odontología de la Universidad San Francisco de Quito que hubieran usado mini implantes durante el tratamiento. La muestra estuvo constituida por 26 mini

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

implantes: 20 retirados de pacientes de ortodoncia (grupo experimental o de pacientes); 4 mini implantes nuevos del grupo control, colocados en hueso de cerdo (referido en la definición de la muestra como hueso artificial), saliva artificial y horno a 37 °C; y 2 mini implantes nuevos como control negativo. Los criterios de inclusión fueron: mini tornillos retirados de tratamientos de ortodoncia que hubieran cumplido una carga de tracción entre 150 y 300 gr de fuerza, que hubieran permanecido en boca entre 2 y 18 meses, de marca Morelli y de titanio o de acero. Se excluyeron los mini tornillos fallidos que perdieron su inserción.

Los mini implantes del grupo experimental fueron retirados por los residentes de posgrado de ortodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, una vez cumplido su ciclo activo para los movimientos dentales; se sumergieron en agua destilada, que no altera la superficie, y se entregaron al investigador principal, quien los almacenó en tubos de ensayo. Los 4 mini tornillos del grupo control se colocaron en hueso de cerdo con saliva artificial y se sometieron a calor en un horno a 37 °C durante 30 días, con una fuerza de tracción de 150 grF. Las muestras del grupo negativo, mini implantes nuevos, se retiraron de su empaque estéril. Las muestras de los grupos experimental y control se lavaron con agua destilada tras su retiro.

Las muestras de los tres grupos se adhirieron con cinta de carbono a la platina del microscopio electrónico de barrido, con una codificación diferente para cada una, para su detección y análisis bajo SEM. En cada zona del mini implante (cuello, cuerpo y punta) se tomaron dos imágenes, una con aumento x100 y otra con x500, y se seleccionaron las que durante la exploración presentaron irregularidades o diferentes contrastes de tonalidades. Además, cada zona de estudio tuvo una lectura mediante espectroscopía de dispersión de energía (EDS), que detectó los elementos químicos presentes y arrojó sus valores en porcentaje de masa. Se registraron el número de muestra, el grupo, el porcentaje de 16 elementos (C, O, Al, Si, Ti, Zn, Na, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Mo, P, S y V), el tiempo y la fuerza de tracción y el material.

El proceso comprendió la recolección de los mini implantes (5 meses), su observación en el microscopio electrónico de barrido para corroborar la existencia o no de corrosión y de distorsión en la punta (2 meses) y la toma de datos de los tres grupos para su comparación (1 mes). Una vez analizadas, las muestras no se almacenaron para futuras investigaciones y se desecharon en el contenedor de desechos cortopunzantes del área de ortodoncia.

La información de la composición elemental obtenida por SEM, de las fuerzas de desalojo y de las observaciones cualitativas de cada implante se registró en fichas de datos, a partir de las cuales se diseñó una tabla de vaciado en Microsoft Excel 2021. Tras su revisión, codificación y depuración, se exportó como base de datos al programa SPSS, IBM v. 26 en español. La normalidad se evaluó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y, al no cumplirse este supuesto, se emplearon pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney) para la comparación entre grupos; además, se calcularon coeficientes de correlación de Pearson entre las variables.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

En cuanto a los aspectos éticos, los participantes no obtuvieron beneficios, pues la información sobre el tiempo de permanencia de los mini tornillos se entregó de forma anonimizada y la publicación de los resultados garantizó la confidencialidad de los pacientes; el riesgo fue nulo, ya que no aportaron datos personales.

## RESULTADOS

Se analizaron 26 mini implantes: 17 (65,4 %) de titanio y 9 (34,6 %) de acero; 20 (76,9 %) correspondieron al grupo de pacientes, 4 (15,4 %) al grupo control y 2 (7,7 %) al grupo nuevo (control negativo). Cada implante se analizó en sus tres tercios funcionales (punta, cuerpo y cuello), lo que generó 78 mediciones, 26 por zona (33,3 % cada una). El grupo de pacientes incluyó 14 implantes de titanio (82,4 % de los de titanio) y 6 de acero (66,7 % de los de acero); el grupo control, 2 de titanio (11,8 %) y 2 de acero (22,2 %); y el grupo nuevo, 1 de titanio (5,9 %) y 1 de acero (11,1 %) (Tabla 1).

***Tabla 1. Organización de los grupos según el material. Valores expresados como f (%).***

| Material | Paciente | Control | Nuevo | Total |
|---|---|---|---|---|
| Titanio | 14 (82,4) | 2 (11,8) | 1 (5,9) | 17 (100) |
| Acero | 6 (66,7) | 2 (22,2) | 1 (11,1) | 9 (100) |
| Total | 20 (76,9) | 4 (15,4) | 2 (7,7) | 26 (100) |

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

El tiempo transcurrido entre la colocación del implante y su análisis se expresó en meses, donde 0 indica implantes nuevos. Lo más frecuente fue el análisis de implantes entre 3 y 5 meses, con 4 (15,4 %), 5 (19,2 %) y 4 (15,4 %) implantes, respectivamente; la distribución completa se muestra en la Tabla 2.

***Tabla 2. Tiempo transcurrido entre la colocación y el análisis del implante (meses).***

| Tiempo (meses) | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| f (%) | 2 (7,7) | 3 (11,5) | 4 (15,4) | 5 (19,2) | 4 (15,4) | 3 (11,5) | 4 (15,4) | 1 (3,8) | 26 (100) |

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

La carga máxima soportada, expresada en gramos fuerza (gF), no cumplió el criterio de normalidad según la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p<0,001$), por lo que se empleó la prueba U de Mann-Whitney. En los implantes de titanio, la carga fue de 153,2 gF (DE 5) en el grupo de pacientes y de 150 gF (DE 0) en el control, sin diferencia significativa entre los grupos ($p=0,93$). En los implantes de acero, el grupo de pacientes soportó 192,5 gF (DE 16) frente a 150 gF (DE 0) del grupo control, con una diferencia significativa ($p=0,041$). Además, se verificó que el acero presentó mejor resistencia que el titanio ($p=0,03$) (Tabla 3).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

***Tabla 3. Carga máxima soportada por el implante (gF), según material y grupo. Media (DE).***

| Material | Grupo | Media (DE) |
|---|---|---|
| Titanio | Paciente | 153,2 (5) |
| | Control | 150 (0) |
| | Total | 143,8 (37,4) |
| Acero | Paciente | 192,5 (16) |
| | Control | 150 (0) |
| | Total | 161,7 (64,6) |

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

Como indicador de corrosión se realizó el análisis químico de los elementos. Algunos presentaron una composición porcentual importante y otros una composición muy baja, incluso nula en la mayoría de los implantes, por lo que se efectuó en primer lugar un análisis general para identificar los elementos de mayor importancia (Tabla 4). Los elementos con mayor porcentaje fueron titanio (39,08 %), carbono (21,17 %), hierro (12,42 %), oxígeno (10,62 %) y aluminio (7,16 %). Se evaluó la normalidad de C, O, Al, Ti, Cr, Fe y Ni y de la fuerza (n=78; medias de 21,17; 10,62; 7,16; 39,08; 2,72; 12,42; 2,50 y 150,0, respectivamente). Ninguna de las variables cumplió el supuesto de normalidad ($p<0,05$), por lo que la estadística inferencial se orientó hacia pruebas no paramétricas.

***Tabla 4. Composición porcentual general de los mini implantes (% en masa).***

| Elemento | Símbolo | Composición | Elemento | Símbolo | Composición |
|---|---|---|---|---|---|
| Carbono | C | 21,17 | Cromo | Cr | 2,72 |
| Oxígeno | O | 10,62 | Manganeso | Mn | 0,26 |
| Aluminio | Al | 7,16 | Hierro | Fe | 12,42 |
| Silicio | Si | 0,29 | Níquel | Ni | 2,50 |
| Titanio | Ti | 39,08 | Molibdeno | Mo | 0,50 |
| Cinc | Zn | 0,02 | Fósforo | P | 0,02 |
| Sodio | Na | 0,11 | Azufre | S | 0,01 |
| Calcio | Ca | 0,16 | Vanadio | V | 0,41 |

*Total: 100,00 %.*

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

En los mini implantes de titanio, los valores más importantes correspondieron a carbono, oxígeno, aluminio y, de manera muy especial, titanio (Tabla 5). La cantidad de oxígeno fue mayor en el grupo control en la punta, con diferencias significativas ($p<0,05$) respecto de su composición en el cuerpo y el cuello, siendo esta última la más baja. Los valores de oxígeno en el grupo de pacientes fueron similares a los del grupo control en la punta (sin diferencia significativa; $p=0,61$) y disminuyeron hacia el cuerpo y el cuello, sin que existieran diferencias significativas. En términos descriptivos, el oxígeno promedio total fue de 13,4 % (DE 7,4) en pacientes, 12,5 % (DE 4,2) en el

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

grupo control y 3,2 % (DE 5,6) en los implantes nuevos, que presentaron 0 % de oxígeno en el cuerpo y el cuello; asimismo, el carbono en la punta de los implantes de pacientes (34,7 %) superó al del cuerpo (7,3 %) y al del cuello (8,5 %).

***Tabla 5. Composición porcentual de los mini implantes de titanio, según grupo y sección. Media (DE).***

| Grupo | Sección | C | O | Al | Ti |
|---|---|---|---|---|---|
| Paciente | Punta | 34,7 (14,7) | 16,1 (6,7) | 12,6 (15,2) | 33,3 (6,3) |
| | Cuerpo | 7,3 (3,7) | 12,5 (2,3) | 6,9 (0,8) | 71,5 (7,4) |
| | Cuello | 8,5 (9,7) | 11,6 (10,5) | 4,6 (1,5) | 71,3 (19,6) |
| | Total | 16,8 (16,3) | 13,4 (7,4) | 8 (9,2) | 58,7 (22) |
| Control | Punta | 36,2 (0) | 17,4 (0) | 3,8 (0) | 42,4 (0) |
| | Cuerpo | 16,4 (0) | 12 (0) | 3,9 (0) | 66,9 (0) |
| | Cuello | 4,8 (0) | 8,1 (0) | 4,8 (0) | 77,9 (0) |
| | Total | 19,1 (14,2) | 12,5 (4,2) | 4,2 (0,5) | 62,4 (16,3) |
| Nuevo | Punta | 48 (0) | 9,6 (0) | 4 (0) | 38,4 (0) |
| | Cuerpo | 3 (0) | 0 (0) | 6,8 (0) | 85,9 (0) |
| | Cuello | 8,1 (0) | 0 (0) | 6,5 (0) | 84,7 (0) |
| | Total | 19,7 (24,6) | 3,2 (5,6) | 5,8 (1,6) | 69,6 (27,1) |

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

En los implantes de acero no se reportó titanio, y fueron importantes los valores de hierro y, especialmente, de níquel (Tabla 6). La cantidad de oxígeno fue más baja que en los implantes de titanio. En el grupo control, el oxígeno fue prácticamente similar en las tres secciones, sin diferencias significativas ($p>0,05$), mientras que en el grupo experimental disminuyó en el cuerpo (4,8 %) y volvió a aumentar en el cuello (6,3 %), con diferencias significativas ($p<0,05$). Los valores promedio totales de oxígeno fueron de 6,7 % (DE 3,3) en pacientes, 8,6 % (DE 0,8) en el grupo control y 3 % (DE 4) en los implantes nuevos, menores en todos los casos que los de sus pares de titanio.

***Tabla 6. Composición porcentual de los mini implantes de acero, según grupo y sección. Media (DE).***

| Grupo | Sección | C | O | Al | Fe | Ni |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Paciente | Punta | 38,2 (17,6) | 9 (1,2) | 16,1 (14,5) | 2,8 (3,1) | 23,4 (6,1) |
| | Cuerpo | 22,5 (10,6) | 4,8 (3,4) | 0,5 (0,2) | 12,5 (2,3) | 41,2 (8,1) |
| | Cuello | 20,6 (14,4) | 6,3 (3,6) | 0,1 (0,1) | 7,4 (2,8) | 41,7 (11,9) |
| | Total | 27,1 (15,9) | 6,7 (3,3) | 5,6 (11) | 7,6 (4,8) | 35,4 (12,2) |
| Control | Punta | 24,4 (0) | 8,2 (0) | 36,2 (0) | 0 (0) | 29,9 (0) |
| | Cuerpo | 34,4 (0) | 8 (0) | 0,3 (0) | 10,5 (0) | 34,9 (0) |
| | Cuello | 35,7 (0) | 9,7 (0) | 0,2 (0) | 9,9 (0) | 32,9 (0) |
| | Total | 31,5 (5,5) | 8,6 (0,8) | 12,2 (18,5) | 6,8 (5,3) | 32,6 (2,3) |
| Nuevo | Punta | 63 (0) | 7,6 (0) | 1,7 (0) | 6,7 (0) | 20,8 (0) |
| | Cuerpo | 15 (0) | 1,1 (0) | 2,2 (0) | 16,1 (0) | 53,2 (0) |
| | Cuello | 9,1 (0) | 0,2 (0) | 1,8 (0) | 6,4 (0) | 55,6 (0) |
| | Total | 29 (29,6) | 3 (4) | 1,9 (0,3) | 9,7 (5,5) | 43,2 (19,4) |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

***Fuente:*** *datos del artículo de investigación original.*

Al correlacionar la fuerza, el tiempo y la cantidad de oxígeno (Tabla 7), no se obtuvieron coeficientes de correlación altos, aunque varios resultaron significativos (p<0,05): a mayor nivel de oxígeno, menor nivel de hierro (r=−0,480; p<0,001); a mayor tiempo de permanencia del implante, mayor cantidad de oxígeno (r=0,278; p=0,014) y menor cantidad de hierro (r=−0,382; p=0,001); y a mayor tiempo, mayor fuerza (r=0,444; p<0,001). También se observó una asociación positiva entre carbono y oxígeno (r=0,457; p<0,001). La fuerza no mostró correlación significativa con el oxígeno (r=0,180; p=0,115), el carbono (r=0,025; p=0,830) ni el hierro (r=0,104; p=0,364).

***Tabla 7. Correlación de Pearson entre las variables (r y significación bilateral).***

| | C | O | Fe | Tiempo | Fuerza |
|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 0,457** | 0,117 | −0,152 | 0,025 |
| | | p<0,001 | p=0,308 | p=0,185 | p=0,830 |
| O | 0,457** | 1 | −0,480** | 0,278* | 0,180 |
| | p<0,001 | | p<0,001 | p=0,014 | p=0,115 |
| Fe | 0,117 | −0,480** | 1 | −0,382** | 0,104 |
| | p=0,308 | p<0,001 | | p=0,001 | p=0,364 |
| Tiempo | −0,152 | 0,278* | −0,382** | 1 | 0,444** |
| | p=0,185 | p=0,014 | p=0,001 | | p<0,001 |
| Fuerza | 0,025 | 0,180 | 0,104 | 0,444** | 1 |
| | p=0,830 | p=0,115 | p=0,364 | p<0,001 | |

*** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); * significativa en el nivel 0,05 (bilateral). Fuente: datos del artículo de investigación original.*

Respecto de la distorsión de la punta, el cambio en la morfología de la punta de los mini implantes, tanto de titanio como de acero, recuperados del grupo de pacientes y del grupo control fue evidente en todas las muestras y se evaluó mediante imágenes obtenidas con SEM, en tomas de x100 y x500, comparando mini implantes nuevos y usados. Adicionalmente, se identificaron alteraciones en las roscas de corte de los mini implantes, con grietas en las roscas de los recuperados de pacientes. La deformación de la punta fue mayor en los mini implantes de titanio que en los de acero.

En relación con los objetivos específicos, el análisis químico mediante EDS evidenció corrosión en la superficie de los mini implantes recuperados de pacientes y del grupo control, indicada por la presencia de oxígeno y su incremento en la punta de los mini implantes de titanio respecto del cuerpo y el cuello; en los de acero, el oxígeno se registró tanto en la punta como en el cuello. Los mini implantes de titanio mostraron mayor corrosión que los de acero, mientras que los mini tornillos nuevos presentaron superficies lisas y los menores porcentajes de oxígeno (3,2 % en titanio y 3 % en acero). La distorsión de la punta se observó en todos los mini implantes recuperados. En cuanto a la relación con las variables de tracción, el tiempo se asoció directamente con la cantidad de oxígeno y con la fuerza, en tanto que la fuerza no se correlacionó de forma directa con el oxígeno.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

# DISCUSIÓN

Los mini implantes proporcionan anclaje para el movimiento dental, por lo que lograr su estabilidad y mantenerla durante el tratamiento es indispensable; el módulo elástico, la resistencia y la biocompatibilidad son consideraciones importantes al elegir su material (1). La degradación del mini implante depende de múltiples factores, entre ellos la composición química, la morfología de la superficie, el biofilm, el pH del entorno oral y la higiene bucal (15). La corrosión puede ocasionar pérdida de espesor, perforaciones y alteraciones en zonas de concentración de tensiones, con disminución de la resistencia mecánica, mayor liberación de iones metálicos y mayor riesgo de fractura (16), y constituye una de las razones del fracaso de los implantes, pues las cargas cíclicas y las altas tensiones en un entorno agresivo favorecen la falla por fatiga (17).

El titanio es el material más utilizado en implantología por su biocompatibilidad, su alta resistencia a la corrosión en fluidos corporales y su bajo módulo elástico, atribuida a una película de óxido muy estable, continua y adherente; no obstante, los mini implantes son más pequeños que los implantes convencionales y deben soportar altas cargas, por lo que se recurre a la aleación Ti-6Al-4V, aunque la resistencia a la corrosión disminuye cuando se utiliza aleación, favoreciendo la liberación de iones metálicos (17). A pesar de esta evidencia, en el presente estudio se encontró corrosión en los mini implantes de titanio, determinada por la presencia de oxígeno y su incremento en la punta respecto del cuerpo y el cuello; los de acero también presentaron oxígeno, indicativo de corrosión, en la punta y el cuello, aunque los de titanio mostraron mayor corrosión que los de acero. Estos hallazgos son concordantes con la hipótesis H1.

Para Safiya y Manjunath, el níquel está presente en el acero inoxidable en una concentración del 10 al 14 % y se le atribuyen acciones cancerígenas, mutagénicas, citotóxicas y alergénicas (17); en este estudio, los mini implantes de acero presentaron un porcentaje significativo de níquel y valores de hierro. En cuanto a la composición elemental, Ioana y colaboradores identificaron, además de los elementos principales, trazas de Fe, S y Ca en mini implantes usados, mientras que en los de titanio de este estudio los elementos principales fueron C, Fe, O y Al (15). Chooryung y colaboradores señalan que en el grupo control solo se detectaron Ti, O y Al, mientras que en los recuperados de pacientes aparecieron también C, Ca y P, probablemente provenientes del tejido óseo y de la sangre; la liberación de elementos podría alterar el proceso inflamatorio (1,15).

En el estudio de Ioana y colaboradores se observaron superficies de corrosión en todas las muestras, independientemente del período de uso, y las zonas expuestas en la cavidad bucal fueron las más afectadas (15); en el presente estudio, las zonas con más corrosión fueron la punta en los mini implantes de titanio y, con igual concentración, el cuello y la punta en los de acero. Otmacic y colaboradores hallaron que los implantes de aleación de titanio tienen una resistencia significativamente mayor a la corrosión general y localizada, y que los productos de higiene bucal influyen en la estabilidad frente a la corrosión (18). A diferencia de lo observado aquí en el grupo control, Celha y colaboradores no evidenciaron corrosión en su estudio in vitro con saliva artificial de pH 6,76 durante 30 a 60 días, con superficies lisas en lecturas SEM a 35x y 1000x (19). Talwar

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

y Bhat demostraron que los microimplantes nuevos de acero y de titanio poseen una superficie lisa, sin corrosión ni deformación, lo que se corrobora en este estudio, donde los mini tornillos nuevos se mostraron lisos y los recuperados de pacientes presentaron cambios en la morfología de la punta y grietas en las roscas (20).

La deformación de la punta puede interferir con la eficiencia de la autoperforación cuando se requiere reubicar el mini tornillo: Chooryung y colaboradores observaron en los recuperados una disminución de la capacidad de corte por la deformación de la punta, además de contaminación superficial (1). En la presente investigación se encontró distorsión en la punta de todos los mini implantes recuperados, con mayor deformación en los de titanio que en los de acero, lo que se relaciona con la mayor resistencia del acero, aunque este también mostró cambios morfológicos. Se requieren más investigaciones para obtener conclusiones precisas basadas en la mejor evidencia científica; dado que la aleación Ti6Al4V incluye aluminio y vanadio, que mejoran las propiedades mecánicas pero pueden implicar citotoxicidad y reacciones tisulares adversas por liberación de iones, se recomienda una investigación específica sobre este aspecto.

## CONCLUSIONES

Los mini tornillos recuperados después de la inserción primaria presentaron contaminación de la superficie por la presencia de oxígeno, lo que indica corrosión y pérdida de porcentaje de la masa del mini implante. Esta alteración se observó tanto en los implantes retirados de pacientes como en los del grupo control, con mayor presencia de oxígeno en la punta de los de titanio y en la punta y el cuello de los de acero, y los de titanio mostraron mayor corrosión que los de acero. El tiempo de tracción influyó en la alteración de la superficie de los mini tornillos recuperados de pacientes de ortodoncia, con una relación directa con el aumento de oxígeno ($r=0,278$; $p=0,014$).

Los mini tornillos recuperados mostraron deformación de la estructura de la punta, evidenciada mediante imágenes SEM, con la consiguiente disminución de la capacidad de corte, más marcada en los de titanio que en los de acero. Los mini tornillos que tuvieron mayor fuerza aplicada en un período más largo de tiempo mostraron mayores cambios de forma y presencia de corrosión; en el análisis de correlación, la fuerza se asoció significativamente con el tiempo ($r=0,444$; $p<0,001$), aunque no de forma directa con el oxígeno ($r=0,180$; $p=0,115$).

No se recomienda la reutilización de los mini tornillos recuperados debido a sus deficiencias biomecánicas y biológicas y a la futura pérdida de estabilidad primaria dada por la deformación morfológica de sus puntas. En conjunto, los resultados concuerdan con la hipótesis de investigación H1 y responden al objetivo general y a los objetivos específicos planteados: examinar la corrosión, observar la distorsión de la punta y considerar su relación con el tiempo y la fuerza de tracción.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

## AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

El artículo de investigación fuente no contiene información para este apartado; por lo tanto, no se consigna contenido.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

El artículo de investigación fuente no contiene información para este apartado; por lo tanto, no se consigna contenido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chooryung J, Kill-Young J, Yoon J. Características biomecánicas y pautas de reinserción para minitornillos de ortodoncia recuperados. Angle Orthodontist. 2014;84(5):878-888.
2. Aslam A, Ebrahim A-A. Miniscrews for orthodontic anchorage: a review of available systems. Journal of Orthodontics. 2018;45(2):102-114.
3. Gil L, Maestre V, Herrera A, Rebolledo M. Factores que inciden sobre el éxito y/o fracaso de mini-implantes en ortodoncia: una revisión sistemática exploratoria. Duazary. 2022:229-242.
4. Gutierrez P, Hernández R, Perea MA. Microtornillos: Una revisión. Avances en Periodoncia e Implantología Oral. 2014;26(1).
5. Ochoa J, Peralta P, Rojas M, Rouillon J. Estabilidad de microtornillos en ortodoncia. Revista Ecuatoriana de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud Pública. 2022:54-59.
6. Cornelis M, De Clerck H, Tulloch C. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics Author links open overlay panel. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2007:S52-S58.
7. Mystkowska J, Niemirowicz K, Lysik D, Tokajuk G. The Role of Oral Cavity Biofilm on Metallic Biomaterial Surface Destruction–Corrosion and Friction Aspects. International Journal of Molecular Sciences. 2018:1-18.
8. Knutson K, Berzins D. Corrosion of orthodontic temporary anchorage devices. European Journal of Orthodontics. 2013;35:500-506.
9. Salazar J. Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). Tecnología en Marcha. 2015:127-136.
10. Gomes F, Da Silva A, Dal Paz J. Influência Da Corrosão Na Resistência À Fratura de Mini-Implantes Ortodônticos De Titânio E Aço Inoxidável: Uma Revisão Da Literatura. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences. 2023:31-47.
11. Pradnya P, Om Prakash K, Ritu D, Taposh K, Dinesh K. Surface deterioration and elemental composition of retrieved orthodontic miniscrews. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2015:88-100.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 312-324
DOI:
https://doi.org/10.56519/sx194m12

12. Hernández A, Ventura J, Christoph R. Aplicaciones de la Microscopia Electrónica de Barrido y Análisis Elemental de componentes electrónicos y apoyo a la investigación científica en El Salvador. Nanotecnia. Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación. 2019.
13. Kang K, Echarri J, Llorente C. Servicio De Microscopía Electrónica De Barrido Y Microanálisis Del Limf – Facultad de Ingeniería. Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia UNLP. 2013.
14. Meneses A, Laquihuacanaco G. Corrosión en los mini-implantes de ortodoncia: una revisión de la literatura. Revista Estomatológica Herediana. 2022.
15. Ioana T, Boeru F, Antoniac L. Surface Analysis of Orthodontic Mini-Implants after Their Clinical Use. Journal of Functional Biomaterials. 2024:1-12.
16. Laquihuanaco GM, Meneses A, Yileng L. Corrosión en los mini-implantes de ortodoncia: una revisión de la literatura. Revista Estomatológica Herediana. 2022:279-286.
17. Safiya S, Manjunath G. Mini-Implant Materials: An Overview. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. 2013:15-20.
18. Otmacic H, Ivanko M, Kamenar E. Corrosion of Dental Alloys Used for Mini Implants in Simulated Oral Environment. International Journal of Electrochemical Science. 2021.
19. Celha C, Segurado M, Dias F. Evaluation of citotoxicity and corrosion resistance of orthodontic mini implants. Dental Press Journal of Orthodontics. 2016.
20. Talwar A, Bhat S. A Comparative Evaluation of Surface and Elemental Changes in Stainless Steel and Titanium Orthodontic Mini-screw Implants: A Multi-arm Randomized Control Trial. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 2024.
21. Santos M, Santiago A, Liparini P. Análise do processo de corrosão na falha clínica de mini-implantes ortodônticos. Revista Odontológica UNESP. 2018:376-382.
22. Morelli. Catálogo Morelli. 2022.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

# PLANIFICACIÓN TESTAMENTARIA Y PREVENCIÓN DE CONTROVERSIAS SUCESORIAS EN ECUADOR

# TESTAMENTARY PLANNING AND PREVENTION OF INHERITANCE DISPUTES IN ECUADOR

Fernando Andrés Montalvo Ramos[1], Jeniffer Yadira Reinoso Cruz[2], Nelson Francisco Freire Sanchez[3], Lorena Isabel Becerra Erazo[4]

{fernando.montalvo@unach.edu.ec[1], jeniffer.reinoso@unach.edu.ec[2], nffreire@unach.edu.ec[3], lorena.becerra@unach.edu.ec[4]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: Este trabajo de investigación examina la autonomía de la voluntad como principio rector del derecho sucesorio ecuatoriano y su materialización en el testamento como instrumento jurídico preventivo frente a los conflictos hereditarios. En el ordenamiento jurídico ecuatoriano, la libertad testamentaria reconocida en el Código Civil enfrenta tensiones permanentes con las restricciones normativas impuestas por las asignaciones forzosas y la legítima rigurosa, lo cual genera un escenario de litigiosidad sucesoria que afecta la certeza jurídica de las familias y la voluntad real del causante. En primer lugar, la investigación analiza los fundamentos constitucionales y civiles que sustentan la autonomía de la voluntad en el sistema sucesorio nacional, identificando los límites establecidos por el legislador. Posteriormente, se estudia la función preventiva del testamento frente a las causas más recurrentes de disputas hereditarias, destacando el rol estratégico del notario público en la configuración de disposiciones testamentarias técnicamente eficaces. Por último, se examinan los mecanismos alternativos y complementarios al testamento tales como la mediación, el arbitraje y la partición extrajudicial como expresiones ampliadas de la autonomía de la voluntad en sede sucesoria. Metodológicamente, el estudio adopta un enfoque cualitativo sustentado en los métodos dogmático-jurídico y hermenéutico, los cuales permiten interpretar de forma sistemática la normativa vigente, la jurisprudencia de la Corte Nacional de Justicia y las Cortes Provinciales, así como la doctrina especializada nacional y comparada.**

***Palabras clave: Autonomía de la voluntad; testamento; función preventiva; disputas hereditarias; derecho sucesorio ecuatoriano***

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0002-9126-3257
[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0000-5714-0096
[3]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0001-9737-2262
[4]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0009-0002-4158-7875

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

**ABSTRACT : This study examines the principle of testamentary freedom as the guiding principle of Ecuadorian inheritance law and its manifestation in the will as a legal instrument designed to prevent inheritance disputes. Within the Ecuadorian legal system, the freedom to make a will recognised in the Civil Code faces constant tensions with the regulatory restrictions imposed by compulsory allocations and the strict reserved share, creating a scenario of inheritance litigation that affects the legal certainty of families and the true wishes of the deceased. The research first analyses the constitutional and civil law foundations underpinning the autonomy of the will within the national succession system, thereby identifying the limits that the Ecuadorian legislature has imposed on that freedom. It then examines the preventive function of the will in relation to the most common causes of inheritance disputes, highlighting the strategic role of the notary public in drafting technically effective testamentary provisions. Finally, the study examines alternative and complementary mechanisms to wills, such as mediation, arbitration and extrajudicial partition at the individual level, as broader expressions of testamentary freedom in matters of succession. Methodologically, this research adopts a qualitative approach underpinned by a legal and doctrinal methodology, which enables a systematic interpretation of current legislation, the case law of the National Court of Justice and the Provincial Courts, as well as the doctrine of leading national and international authors in the field of succession law.**

***Keywords: Testamentary freedom; wills; preventive function; inheritance disputes; Ecuadorian inheritance law***

## INTRODUCCIÓN

La autonomía de la voluntad emerge como un principio jurídico capital, cuya protección en el ámbito sucesorio se materializa fundamentalmente a través del testamento. Este instrumento jurídico, solemne por naturaleza y profundamente personal en su esencia, constituye una de las máximas expresiones de la potestad dispositiva de la persona para regular su patrimonio más allá de su existencia. No obstante, en el ordenamiento jurídico ecuatoriano esta libertad testamentaria no es absoluta; el legislador ha establecido límites estrictos mediante las asignaciones forzosas contempladas en el Código Civil destacando la legítima rigurosa, la mejora y la porción conyugal, configurando un modelo orientado a equilibrar la voluntad individual con la protección solidaria de los herederos.

El derecho sucesorio constituye una de las ramas más sensibles del ordenamiento jurídico civil, pues en ella convergen las relaciones familiares, el patrimonio y la voluntad humana frente a la inevitabilidad de la muerte. En Ecuador, el régimen sucesorio encuentra su eje normativo principal en el Código Civil, cuerpo legal que regula la transmisión del patrimonio del causante hacia sus herederos y legatarios. Sin embargo, la determinación y distribución de la herencia pueden generar desacuerdos cuando no existe una disposición testamentaria, cuando las asignaciones no se ajustan a los derechos legalmente reconocidos o cuando surgen dificultades

para identificar los bienes y ejecutar la voluntad del causante. Estas circunstancias justifican el examen de los instrumentos jurídicos que permiten ordenar anticipadamente la transmisión patrimonial y reducir determinados focos de incertidumbre, sin presuponer que toda sucesión intestada o testamentaria origine necesariamente un conflicto.

La relevancia de esta problemática radica en que la ausencia de disposiciones testamentarias, la omisión de legitimarios, la falta de precisión en la individualización de los bienes y el incumplimiento de las solemnidades legales pueden generar controversias durante la determinación y distribución del patrimonio hereditario. Estas circunstancias permiten identificar diversos puntos de tensión entre la voluntad del causante y los derechos de los sucesores, cuya resolución puede requerir actuaciones judiciales o mecanismos consensuales. Sin embargo, la incidencia y frecuencia de estas situaciones no deben presumirse como un fenómeno estadísticamente demostrado sin información empírica específica. Desde una perspectiva jurídico-dogmática, interesa determinar de qué manera una planificación testamentaria técnicamente adecuada puede reducir los riesgos de interpretación contradictoria, impugnación y desacuerdo entre los sucesores.

Esta tensión entre la libertad testamentaria y las restricciones legales configura el núcleo problemático de la investigación. La cuestión central no consiste únicamente en determinar el margen de disposición patrimonial que reconoce el ordenamiento al testador, sino en establecer de qué manera una planificación sucesoria técnicamente estructurada, respetuosa de las asignaciones forzosas y de las solemnidades legales, puede contribuir a reducir los riesgos de controversia entre los sucesores. En consecuencia, el testamento se examina no solo desde su dimensión dispositiva, sino también desde su potencial preventivo, entendido como la posibilidad de anticipar situaciones de desacuerdo, precisar la voluntad del causante y facilitar la posterior ejecución de sus disposiciones, sin desconocer que la existencia de un testamento no excluye por completo la posibilidad de impugnaciones o conflictos hereditarios.

En este escenario, la intervención del notario público adquiere relevancia en la configuración formal y jurídica del instrumento testamentario. El artículo 19, literal a), de la Ley Notarial establece entre sus deberes receptar, interpretar y dar forma legal a la exteriorización de voluntad de quienes requieren su ministerio. Esta atribución permite situar la actuación notarial como un componente de seguridad jurídica preventiva, especialmente en lo relativo a la adecuada instrumentación de la voluntad del testador y al cumplimiento de las exigencias legales. No obstante, su intervención no constituye una garantía absoluta de ausencia de controversias ni sustituye el análisis jurídico particular que pueda requerir la planificación sucesoria (13).

A partir de esta delimitación, el objetivo general consiste en analizar en qué medida la planificación testamentaria, dentro del régimen jurídico ecuatoriano, puede contribuir a prevenir controversias sucesorias. De forma específica, se examinan los límites legales de la autonomía testamentaria; se identifican los elementos jurídicos y notariales que inciden en la claridad y eficacia de las disposiciones de última voluntad; y se determinan las condiciones de aplicación de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

los mecanismos alternativos y de la partición extrajudicial. La premisa de trabajo sostiene que el testamento puede reducir ciertos riesgos de conflicto cuando respeta las asignaciones forzosas, cumple las solemnidades y expresa de forma precisa la voluntad del causante, pero no garantiza por sí mismo la inexistencia de litigios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y jurídico-documental, con alcance descriptivo, analítico e interpretativo. Su objeto no fue medir estadísticamente la frecuencia de los conflictos hereditarios ni evaluar empíricamente el comportamiento de los usuarios del sistema notarial, sino determinar, a partir del ordenamiento jurídico ecuatoriano y de la literatura especializada, las condiciones normativas bajo las cuales la planificación testamentaria puede contribuir a prevenir controversias sucesorias. Por esta razón, los resultados se circunscriben a hallazgos de interpretación jurídica y sistematización documental.

La unidad principal de análisis estuvo constituida por las normas que regulan la sucesión por causa de muerte, la autonomía patrimonial, las asignaciones forzosas, las solemnidades testamentarias, la función notarial y los mecanismos alternativos de solución de controversias. Se examinó la Constitución de la República del Ecuador, especialmente sus disposiciones relativas a la propiedad y a los métodos alternativos de solución de conflictos; el Código Civil, en particular las reglas sobre definición y otorgamiento del testamento, asignaciones forzosas, legítimas, acción de reforma, sucesión mixta y partición; la Ley Notarial; la Ley de Arbitraje y Mediación; y su Reglamento. La revisión normativa atendió al contenido y a la función de cada disposición dentro del sistema, evitando interpretar aisladamente artículos que forman parte de un régimen sucesorio integrado.

El corpus jurisprudencial comprendió los pronunciamientos de la Corte Nacional de Justicia individualizados en el apartado de referencias, utilizados para examinar el alcance de la libertad de testar y la protección de los asignatarios forzosos. Su empleo fue cualitativo y argumentativo: se consideraron los criterios jurídicos que podían relacionarse directamente con el problema de investigación, sin atribuir a las decisiones un alcance general que no se desprendiera de su contenido. La doctrina nacional y extranjera se seleccionó por su relación temática con la autonomía testamentaria, las legítimas, las formalidades del testamento, la función notarial y los mecanismos de resolución de controversias. El derecho comparado se empleó como parámetro de contraste, no como fuente directamente aplicable al ordenamiento ecuatoriano.

Se aplicaron principalmente los métodos dogmático-jurídico y hermenéutico. El primero permitió identificar, ordenar y relacionar las normas que integran el régimen sucesorio ecuatoriano, así como precisar sus presupuestos, límites y consecuencias. El segundo permitió interpretar las disposiciones atendiendo a su tenor, ubicación sistemática, finalidad y relación con los principios constitucionales pertinentes. De manera complementaria, se utilizó el análisis jurisprudencial para extraer los criterios relevantes de las decisiones examinadas, y el método comparativo para contrastar determinados aspectos del sistema ecuatoriano con referencias doctrinales e

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

institucionales extranjeras, particularmente en materia de formalidades testamentarias y localización de actos de última voluntad.

El procedimiento analítico se organizó en cuatro operaciones. Primero, se identificaron las bases constitucionales y civiles de la autonomía testamentaria y sus límites legales. Segundo, se sistematizaron los riesgos jurídicos que pueden afectar la eficacia de las disposiciones de última voluntad: omisión de legitimarios, insuficiente individualización de bienes, inobservancia de solemnidades y ambigüedad en la expresión de la voluntad. Tercero, se examinaron las competencias notariales y los instrumentos institucionales de conservación y localización de testamentos. Cuarto, se determinaron las condiciones y restricciones para utilizar mediación, arbitraje y partición extrajudicial en controversias sucesorias.

La validez del análisis se procuró mediante la contrastación interna entre normas de distinto nivel, disposiciones del mismo cuerpo legal, criterios jurisprudenciales y doctrina especializada. Se distinguieron las reglas vigentes de las propuestas de mejora institucional y se evitó inferir relaciones causales o resultados estadísticos no respaldados por evidencia empírica. Entre las limitaciones del estudio se encuentra, precisamente, su naturaleza documental: no se incorporaron entrevistas a notarios, abogados o herederos, ni bases de datos judiciales que permitan cuantificar la incidencia de litigios sucesorios. En consecuencia, las conclusiones se limitan a establecer posibilidades, condiciones y límites jurídicos de la planificación testamentaria como instrumento preventivo.

## RESULTADOS

El examen jurídico-documental permitió establecer cuatro hallazgos principales sobre la planificación testamentaria en Ecuador. Estos resultados no representan mediciones de litigiosidad ni verificaciones empíricas de la conducta de los sucesores; constituyen una sistematización de las reglas aplicables y de las condiciones jurídicas que inciden en la eficacia preventiva del testamento.

1. Configuración normativa de la autonomía testamentaria y delimitación de sus límites

El primer resultado consiste en la identificación de un modelo de autonomía testamentaria jurídicamente limitada. La Constitución no formula una libertad de testar ilimitada como derecho autónomo, pero el reconocimiento de la propiedad en todas sus formas y de la libertad para desarrollar actividades económicas proporciona un marco constitucional para comprender la facultad de disposición patrimonial. Su ejercicio por causa de muerte se concreta y delimita, de manera específica, en el régimen sucesorio del Código Civil (1,2).

En el plano civil, el artículo 1037 del Código Civil define el testamento como un acto más o menos solemne por el cual una persona dispone del todo o de una parte de sus bienes para que sus disposiciones produzcan efecto después de su fallecimiento, conservando la facultad de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

revocarlas mientras viva. De esta definición se desprenden cuatro elementos jurídicos relevantes para la planificación: la manifestación individual de voluntad, el contenido patrimonial, la eficacia posterior a la muerte y la revocabilidad. La planificación testamentaria debe considerar simultáneamente estos elementos y las normas imperativas que limitan la disposición del patrimonio (2).

La sistematización de las asignaciones forzosas permitió precisar que el artículo 1194 del Código Civil comprende la porción conyugal, las legítimas y la cuarta de mejoras en las sucesiones de los descendientes, mientras que las asignaciones alimenticias se encuentran reguladas separadamente en el artículo 1195. A su vez, el artículo 1207 exige distinguir la mitad legitimaria del acervo de la legítima rigorosa individual que corresponde a cada legitimario. Cuando existen descendientes con derecho a suceder, la mitad legitimaria se distribuye entre ellos por cabezas o estirpes; la mitad restante se divide en cuarta de mejoras y cuarta de libre disposición. Si no existen descendientes con derecho a suceder, la mitad restante constituye, en principio, la porción de libre disposición, sin perjuicio de las demás asignaciones y obligaciones legales (2).

El análisis también permitió diferenciar los mecanismos de tutela de los legitimarios. El artículo 1239 reconoce la acción de reforma del testamento a quien no recibió lo que legalmente le corresponde; el artículo 1241 establece la consecuencia jurídica del legitimario pasado en silencio; y el artículo 1244 regula la acción del cónyuge sobreviviente para integrar la porción conyugal. Estas disposiciones no deben confundirse, pues responden a supuestos normativos diferenciados. De igual manera, el artículo 1034 regula la sucesión en parte testamentaria y en parte intestada: las disposiciones testamentarias se cumplen y el remanente se adjudica conforme a las reglas de la sucesión intestada, con las reglas de imputación previstas en la propia norma (2).

El resultado de esta primera dimensión es, por tanto, una delimitación sistemática: la voluntad del causante tiene eficacia jurídica, pero no desplaza los derechos sucesorios que el legislador protege mediante asignaciones forzosas y acciones específicas. La planificación no puede presentarse como una facultad para excluir discrecionalmente a los sucesores protegidos, sino como una actividad de ordenación patrimonial que debe operar dentro de esos límites.

## 2. Identificación de los riesgos jurídicos que inciden en la prevención de controversias

El segundo hallazgo consiste en la clasificación de cuatro focos de riesgo jurídico que pueden afectar la ejecución de una sucesión: ausencia de testamento, omisión o tratamiento incorrecto de legitimarios, deficiente individualización de bienes e incumplimiento de solemnidades o ambigüedad en las disposiciones. Esta clasificación se obtiene del contraste entre las reglas de sucesión intestada, legítimas, interpretación testamentaria y formalidades del testamento; no equivale a una jerarquización estadística de las causas de litigio.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

La ausencia de testamento determina que la transmisión se ordene mediante las reglas de sucesión intestada. La consecuencia identificada no es que toda sucesión intestada produzca necesariamente un conflicto, sino que el causante no habrá utilizado el instrumento testamentario para expresar preferencias dispositivas dentro del margen legal. En ese escenario, la distribución se rige por el ordenamiento, que sustituye la voluntad no manifestada por las reglas legales correspondientes (2,3).

La omisión de legitimarios o la asignación de cuotas incompatibles con sus derechos puede activar los mecanismos de protección previstos en los artículos 1239, 1241 y 1244 del Código Civil, según el supuesto. De ello se desprende que la identificación previa de los sucesores legalmente protegidos y la determinación del acervo hereditario son operaciones necesarias para formular disposiciones compatibles con el régimen de legítimas y porción conyugal (2).

La insuficiente individualización de los bienes puede generar dificultades de interpretación y ejecución, especialmente cuando las disposiciones utilizan descripciones imprecisas o no permiten identificar con claridad el objeto asignado. Aunque el artículo 1097 del Código Civil orienta la interpretación hacia la sustancia de las disposiciones y no exclusivamente hacia las palabras utilizadas, esta regla interpretativa no reemplaza la necesidad de describir de manera suficiente los bienes y derechos objeto de asignación (2). Por ello, la identificación registral, catastral y material de los bienes constituye una medida de prevención documental, sin que deba afirmarse que elimina toda posibilidad de controversia.

Finalmente, el cumplimiento de las solemnidades constituye una condición de validez formal del testamento solemne. El artículo 1052 regula su otorgamiento ante notario y tres testigos, o ante cinco testigos, mientras que los artículos 1054, 1055 y 1056 contienen exigencias relativas a los datos del otorgamiento, lectura y suscripción. El artículo 1064 establece las consecuencias de la omisión de formalidades legalmente exigidas. La observancia de este régimen reduce el riesgo de cuestionamientos formales, pero no excluye controversias sobre capacidad, interpretación, derechos de asignatarios u otras cuestiones jurídicamente relevantes (2).

## 3. Determinación del alcance de la función notarial y de los mecanismos de localización testamentaria

El tercer hallazgo delimita la contribución de la función notarial a la prevención jurídica. El artículo 19, literal a), de la Ley Notarial atribuye al notario el deber de receptar, interpretar y dar forma legal a la exteriorización de voluntad de quienes requieren su ministerio. Esta competencia permite identificar una intervención relevante en la configuración formal del instrumento y en la adecuación jurídica de la voluntad expresada, pero no autoriza a sostener que la actuación notarial garantiza la ausencia de litigios o sustituye la asesoría particular que corresponda en cada caso (13).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

También se identificó que la Ley Notarial contempla instrumentos de organización y localización de los actos de última voluntad: el artículo 19, literal f), prevé la organización de un índice especial de testamentos en cada notaría, y el literal h) establece la remisión anual del índice del protocolo a la autoridad judicial provincial correspondiente. Por consiguiente, no es correcto afirmar que el ordenamiento ecuatoriano carece absolutamente de mecanismos de registro o identificación de testamentos. El hallazgo más preciso es que el régimen contempla índices notariales y remisión de información, lo cual permite plantear, como cuestión de mejora institucional, el examen de mecanismos de sistematización, interconexión y consulta. El Registro General de Actos de Última Voluntad de España ofrece un referente comparado para estudiar esa posibilidad, sin que su diseño pueda trasladarse automáticamente al contexto ecuatoriano (13,16).

4. Delimitación de las condiciones para los mecanismos alternativos y la partición extrajudicial

El cuarto hallazgo consiste en establecer que la mediación, el arbitraje y la partición extrajudicial pueden complementar la planificación sucesoria, pero su procedencia depende de presupuestos distintos. El artículo 190 de la Constitución reconoce los métodos alternativos de solución de conflictos en materias susceptibles de transacción. En el ámbito legal, la mediación se caracteriza por la voluntariedad de las partes, mientras que el arbitraje requiere un convenio arbitral jurídicamente eficaz. Por ello, una previsión unilateral del testador que recomiende acudir a mediación o arbitraje no equivale, por sí sola, a un acuerdo vinculante de todos los futuros intervinientes (1,17,19).

La partición extrajudicial presenta un fundamento normativo específico. El artículo 1345 del Código Civil permite que los coasignatarios que tengan la libre disposición de sus bienes y concurran al acto realicen la partición por sí mismos. El artículo 18, numeral 37, de la Ley Notarial contempla la solemnización notarial de la partición de bienes hereditarios, con la petición, declaración de las partes, reconocimiento de firmas y documentos que acrediten la propiedad del causante. En consecuencia, el acuerdo extrajudicial no depende únicamente de la voluntad testamentaria, sino de la concurrencia de los requisitos legales, de la participación de los interesados y del respeto a los derechos legalmente protegidos (2,13).

En conjunto, los cuatro hallazgos permiten formular un resultado integrador: la planificación testamentaria posee potencial preventivo cuando articula la voluntad del causante con las asignaciones forzosas, las exigencias formales, la adecuada identificación de los bienes, la intervención notarial y los mecanismos consensuales disponibles. Su alcance es jurídico y preventivo, no absoluto: el testamento ordena la transmisión patrimonial dentro de la ley, pero no suprime las controversias que puedan surgir por derechos protegidos, interpretación o desacuerdo entre sucesores.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

# DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la prevención de controversias sucesorias no puede explicarse por la sola existencia de un testamento. Su eficacia depende de la compatibilidad entre la voluntad del causante y las normas imperativas que protegen a determinados sucesores, así como de la claridad del contenido dispositivo y del cumplimiento de las formalidades legales. Esta conclusión permite matizar las aproximaciones que presentan la libertad testamentaria como una potestad patrimonial plena: en Ecuador, la autonomía se ejerce dentro de un régimen de asignaciones forzosas y mecanismos de reforma que condicionan el contenido y los efectos de las disposiciones de última voluntad (1,2).

Desde la doctrina civil, la autonomía privada ofrece el fundamento conceptual para reconocer la facultad de ordenar intereses patrimoniales, pero su ejercicio en materia sucesoria presenta particularidades derivadas de la protección familiar y de la eficacia post mortem del acto. La doctrina sobre formalidades testamentarias permite, además, comprender que las solemnidades no son exigencias meramente instrumentales: cumplen una función de autenticidad, certeza y comprobación de la voluntad. Por ello, la técnica testamentaria debe integrar tanto la dimensión sustantiva —respeto de legítimas y derechos protegidos— como la dimensión formal del otorgamiento (4,8,10,15).

La clasificación de riesgos jurídicos identificada en los resultados también permite precisar el alcance de la función preventiva. La individualización de los bienes, la identificación de legitimarios y la expresión inequívoca de la voluntad constituyen medidas razonables de reducción de incertidumbre jurídica. Sin embargo, no se dispone en este estudio de datos empíricos que permitan determinar cuánto disminuyen los litigios ni cuál de esos factores tiene mayor incidencia práctica. Por tanto, la afirmación defendible es que tales medidas reducen fuentes normativas y documentales de ambigüedad, no que hayan demostrado estadísticamente una disminución de la litigiosidad sucesoria.

En cuanto a la intervención notarial, el análisis revela una contribución relevante, aunque delimitada por las competencias previstas en la Ley Notarial. La recepción, interpretación y formalización de la voluntad, junto con la organización de índices especiales de testamentos, aporta seguridad documental. No obstante, el contraste con el modelo español muestra que la existencia de índices notariales y la existencia de un registro general consultable son diseños institucionales distintos. La eventual mejora ecuatoriana debe evaluarse a partir de su viabilidad normativa, tecnológica y administrativa, sin presentar el referente extranjero como una solución automáticamente transferible (13,16).

Los mecanismos alternativos exigen una cautela semejante. La mediación preserva la libertad de las partes para participar y alcanzar acuerdos; el arbitraje requiere un convenio que satisfaga las exigencias legales. En consecuencia, una cláusula testamentaria puede orientar o recomendar una vía de solución, pero no debe atribuirse a la voluntad unilateral del causante la capacidad de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

sustituir el consentimiento jurídicamente requerido. La partición extrajudicial, en cambio, cuenta con una habilitación normativa expresa cuando concurren los presupuestos del Código Civil y de la Ley Notarial. Esta diferenciación evita confundir la planificación preventiva con la imposición de procedimientos a quienes no han consentido en ellos (2,13,17,19,20).

El estudio tiene una limitación central: su diseño documental no permite medir la frecuencia de los conflictos, comprobar el comportamiento de las notarías ni evaluar la eficacia práctica de las propuestas institucionales. Futuras investigaciones podrían complementar este análisis con revisión de expedientes sucesorios, entrevistas a notarios y profesionales del derecho, y datos sobre el uso de mecanismos de mediación y partición. Esa ampliación permitiría contrastar los riesgos jurídicos identificados con la experiencia práctica, sin alterar la conclusión normativa alcanzada: el testamento es un instrumento preventivo condicionado, cuya eficacia depende de su legalidad, claridad y adecuada articulación con los derechos de los sucesores.

## CONCLUSIONES

La autonomía testamentaria en Ecuador se encuentra jurídicamente limitada por las asignaciones forzosas y por los mecanismos de protección reconocidos a los legitimarios y al cónyuge sobreviviente. En respuesta al objetivo de delimitar sus fundamentos y restricciones, se concluye que la voluntad del causante puede ordenar la transmisión de su patrimonio únicamente dentro del marco establecido por el Código Civil. La planificación sucesoria debe partir de la identificación de los sucesores protegidos, la determinación del acervo y la aplicación correcta de las reglas de legítimas, mejoras, porción conyugal y sucesión mixta.

El testamento puede contribuir a prevenir controversias cuando expresa de manera clara la voluntad del causante, individualiza suficientemente los bienes, respeta los derechos sucesorios legalmente reconocidos y cumple las solemnidades exigidas. La intervención notarial aporta seguridad en la recepción y formalización de esa voluntad, mientras que los índices especiales previstos en la Ley Notarial constituyen instrumentos de organización y localización de los actos de última voluntad. Sin embargo, ni el testamento ni la actuación notarial garantizan por sí solos la inexistencia de conflictos; su contribución consiste en reducir riesgos jurídicos y documentales susceptibles de prevención.

La mediación, el arbitraje y la partición extrajudicial pueden complementar la planificación sucesoria, pero su utilización está condicionada por la naturaleza de los derechos involucrados y por los requisitos legales de cada mecanismo. La mediación exige voluntariedad; el arbitraje requiere consentimiento expresado en un convenio jurídicamente eficaz; y la partición extrajudicial procede cuando concurren los presupuestos establecidos en la legislación civil y notarial. En consecuencia, la prevención sucesoria exige articular la voluntad del causante con los derechos de los sucesores y con los mecanismos legales disponibles, sin atribuir a las disposiciones testamentarias efectos que el ordenamiento no reconoce.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial No. 449; 20 oct. 2008.
2. Congreso Nacional del Ecuador. Código Civil. Codificación No. 2005-010. Registro Oficial Suplemento No. 46; 24 jun 2005.
3. Larrea Holguín J. Manual de derecho sucesorio ecuatoriano. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones; 2008.
4. Mazeaud H, Mazeaud L, Mazeaud J. Lecciones de derecho civil: las obligaciones y las sucesiones. Vol. 3. Buenos Aires: Ediciones Jurídicas Europa-América; 2000.
5. Falconí J. Tratado de derecho sucesorio ecuatoriano. 4a ed. Quito: Editorial Jurídica del Ecuador; 2019.
6. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico General de Procesos. Registro Oficial Suplemento No. 506; 22 may 2015.
7. Smith J, Velasco M. Comparative succession law: restrictions on testamentary freedom in civil law jurisdictions. Global Jurist. 2018;18(3):112-130.
8. Beuker MR. Combining legal and economic theory: an interdisciplinary approach to Dutch and Polish family provisions in succession law. Review of European and Comparative Law. 2021;47(4):49-65. doi:10.31743/recl.12840.
9. Bonivento Fernández J. Los principales contratos civiles y su vinculación con el derecho sucesorio. Bogotá: Editorial Temis; 2015.
10. Braun A. Testamentary responsibility. Edinburgh Law Review. 2024;28(3):325-355. doi:10.3366/elr.2024.0917.
11. Corte Nacional de Justicia del Ecuador. Sala de lo Civil, Mercantil y Familia. Sentencia No. 306-2010. Gaceta Judicial. Año CXI, Serie XVIII, No. 11, p. 3845; 17 may 2010.
12. Corte Nacional de Justicia del Ecuador. Sala de lo Civil y Mercantil. Sentencia No. 107-2013; 2013.
13. Ecuador. Ley Notarial. Decreto Supremo No. 1404. Registro Oficial No. 158; 11 nov 1966. Texto reformado.
14. Morales R. La función notarial y la fe pública en la prevención de litigios civiles. Revista Iberoamericana de Derecho Notarial. 2021;14(2):45-62.
15. Reid KGC, de Waal MJ, Zimmermann R, editors. Comparative Succession Law. Volume I: Testamentary Formalities. Oxford: Oxford University Press; 2011. doi:10.1093/acprof:oso/9780199696802.001.0001.
16. Ministerio de Justicia de España. Registro General de Actos de Última Voluntad (Internet). Madrid: Ministerio de Justicia; (citado 21 nov 2026). Disponible en: https://www.mjusticia.gob.es/es/entidad/registros/registro-general-actos-ultima-voluntad
17. Congreso Nacional del Ecuador. Ley de Arbitraje y Mediación. Codificación No. 14. Registro Oficial No. 417; 14 dic 2006.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 325-336
DOI:
https://doi.org/10.56519/stkbfs31

18. Pérez A. Métodos alternativos de solución de conflictos en el derecho patrimonial testado. Anuario de Derecho Civil y Arbitraje. 2022;8(1):51-70.
19. Reyes Torres EA, Pachano Zurita AC. Resolución de conflictos testamentarios por mediación y arbitraje: análisis en el derecho ecuatoriano y comparado. Iuris Dictio. 2023;31(31):14. doi:10.18272/iu.i31.2857.
20. Ecuador. Reglamento a la Ley de Arbitraje y Mediación. Decreto Ejecutivo No. 165. Registro Oficial Suplemento No. 524; 26 ago 2021.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

# APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: SUS CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS EN LAS HABILIDADES DE EXPRESIÓN ORAL

# MEANINGFUL LEARNING: ITS CHARACTERISTICS AND BENEFITS IN SPEAKING SKILLS

Leonardo Mauricio Martínez Paredes [1], Jessica María Guaranga Lema[2]

{leonardo.martinez@unach.edu.ec[1], jessica.guaranga@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 30/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/11/2026 / Fecha de publicación:24/11/2026

**RESUMEN: El aprendizaje significativo es el proceso por el cual la información nueva se integra con conocimientos previos pertinentes mediante relaciones basadas en el significado. Se caracteriza por la presencia de saberes que sirven de anclaje, la organización del material de forma que pueda relacionarse con ellos y la disposición del estudiante para establecer esas conexiones. Esta revisión narrativa examinó cómo se aplican estas características al desarrollo de la expresión oral en inglés como lengua extranjera y qué beneficios se han documentado. La síntesis incluyó 24 artículos identificados mediante búsquedas temáticas y verificados en registros editoriales. El reporte metodológico se orientó por los elementos aplicables de PRISMA 2020. Se examinaron estudios sobre repetición de tareas, proyectos, narración digital, retroalimentación y conversación asistida por tecnología. Se observaron mejoras en algunas medidas de fluidez, precisión de la pronunciación, complejidad sintáctica y desempeño oral, así como una mayor disposición a comunicarse en ciertos contextos. Algunos indicadores léxicos y gramaticales no mostraron mejoras significativas. La diversidad de diseños y mediciones limita la atribución de estos resultados al aprendizaje significativo como mecanismo específico. La síntesis orienta el diseño de actividades que activan saberes previos, organizan los recursos nuevos en torno a un propósito comunicativo e incorporan oportunidades para revisar la producción y comprobar si el alumnado puede aplicar esos recursos en tareas nuevas. El desempeño inmediato, la retención y la transferencia requieren evaluaciones diferenciadas.**

***Palabras clave: aprendizaje significativo, expresión oral, inglés como lengua extranjera, enseñanza por tareas, retroalimentación***

**ABSTRACT: Meaningful learning is the process through which learners integrate new information with relevant prior knowledge by establishing relationships based on meaning. It involves prior knowledge that can anchor new ideas, learning material organized, linked to that**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0002-8166-5914

[2]Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), https://orcid.org/0000-0002-8451-9736

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

**knowledge, and a learner's willingness to make those connections. This narrative review examined how these characteristics apply to speaking development in English as a foreign language and what benefits have been documented. The thematic synthesis included 24 articles identified through topic-based searches and verified against publication records. Methods reporting was informed by applicable PRISMA 2020 items. The review examined studies of task repetition, projects, digital storytelling, feedback, and technology-assisted conversation. Studies reported gains on selected measures of fluency, pronunciation accuracy, syntactic complexity, and speaking performance, along with greater willingness to communicate in some settings. Some lexical and grammatical measures showed no significant improvement. Variation in study designs and measures limits attribution of these outcomes to meaningful learning as a specific mechanism. The synthesis informs the design of speaking activities that activate prior knowledge, organize new resources around a communicative purpose, and provide opportunities to revise spoken production and assess whether learners can use those resources in new tasks. Immediate performance, delayed retention, and transfer should be assessed separately.**

***Keywords: meaningful learning, speaking skills, English as a foreign language, task-based instruction, feedback***

# INTRODUCTION

Speaking in English as a foreign language (EFL) that requires learners to coordinate decisions about content, lexical retrieval, and grammatical organization under the time constraints of interaction. A learner may recognize an expression in a text, pronounce it in an exercise, and still struggle to retrieve it when explaining an idea or answering an unexpected question. This difficulty has implications for how classroom performance is interpreted. An intervention may reduce pauses in a rehearsed presentation without producing comparable changes in spontaneous conversation. Research on speaking skills therefore needs to specify the task used to observe them and the inferences that can reasonably be drawn from performance on that task.

## Meaningful learning and its characteristics

In Ausubel's theory, meaningful learning occurs when learners integrate new information with relevant knowledge they already possess. Bryce and Blown (1) describe how existing concepts can provide an anchor for new ideas and explain why teaching needs to establish what learners understand about a topic. The connection is substantive when it concerns the underlying idea and can be expressed in different words. It is nonarbitrary when the new information is linked to a relevant concept through a discernible relationship, such as cause and effect. A learner's existing understanding can guide the interpretation of new material and could be refined in turn, and refined as new relationships established.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

Three conditions help characterize the process. First, learners need relevant prior knowledge to which new material can be related. Brief explanations and follow-up questions can help teachers identify what learners already understand. Second, the material needs a structure that makes the relationship between old and new ideas intelligible to those learners. A model or advance organizer can make a relationship explicit. Third, learners need to engage with the material with the intention of making those connections. Explaining an idea in their own words or revising a relationship after a question can provide evidence of that engagement (1).

In an English course, prior knowledge includes experience with the topic, discourse schemas developed in other languages, and resources within the learner's existing vocabulary of English. In addition, knowing how to structure a recommendation can help the learner organize a message. New expressions for justifying a choice linked to that familiar structure and used to state a reason in English. Asking learners to justify the choice in their own words and respond to a request for clarification helps reveal how they use those connections. A subsequent task with a different topic or interlocutor can provide evidence of transfer when it requires the same communicative function.

In EFL instruction, concept maps can represent relationships that learners need to explain during an oral presentation. In a study of 80 learners, Tsai (2) compared the use of expert-generated maps with learner-generated maps. Both groups improved in oral presentation performance from pretest to posttest. The group that constructed its own maps showed better selection and organization of information and stronger coherence between the spoken discourse and its visual supports. The between-group difference in oral presentation performance was nonsignificant because both groups used maps; the study compares two ways of using them in multimodal presentations.

Fluency includes dimensions of speed, breakdown, and repair. Suzuki and Kormos (3) investigated relationships between cognitive processes and temporal features of speech. Tavakoli (4) examined challenges in fluency assessment, including the interpretation of pauses and the dependence of measures on the task. A pause between ideas may signal discourse organization. Repeated pauses within a unit may reflect difficulty formulating speech. Accuracy has to do with specified grammatical or phonological targets. Complexity reflects the range or elaboration of linguistic resources, and comprehensibility concerns the effort listeners expend to understand the speech. Conversation also requires turn management, follow-up questions, and the resolution of misunderstandings.

In a meta-analysis of 49 reports, Chau and Huensch (5) estimated a weighted correlation of 0.57 between intelligibility and comprehensibility and of 0.32 between intelligibility and perceived accentedness. Task type moderated several of these relationships. When assessing a meaningful learning activity, these findings support the use of distinct indicators for whether listeners recover

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

the message, how much effort they expend to understand it, and which pronunciation features affect the interaction.

Speaking instruction often combines several components to serve a single purpose. In a narrative task, learners may choose an episode, select details for a particular audience, and rehearse the sequence of events. In a project, they may negotiate decisions, submit a product, and defend it in response to questions. Feedback received in either setting can guide the revision of a communication strategy. The contribution of each component is difficult to isolate when all components change simultaneously. This difficulty is particularly relevant to interventions involving applications or conversational agents, in which practice time, access outside class, and the type of support available may also vary.

The overall aim of this review was to examine the characteristics of meaningful learning relevant to speaking in EFL and to analyze recent evidence on the associated benefits. Three specific objectives guided the synthesis. The first was to identify observable instructional conditions, such as activating prior knowledge and establishing a communicative purpose. The second was to compare the dimensions of speech measured and the outcomes reported across instructional strategies. The third was to examine limits to generalization and propose criteria for assessing retention and transfer. The review asked which speaking practice conditions are consistent with meaningful learning and which conclusions about outcomes are supported by research published during the selected period.

## MATERIALS AND METHODS

### Research design

It conducted a qualitative narrative literature review with a thematic synthesis of studies on meaningful learning and speaking in English as a foreign language. In addition, published quantitative findings incorporated descriptively. Applicable items from the PRISMA 2020 reporting guideline, used to describe the information sources, eligibility criteria, document selection, data extraction, and synthesis method (6). Selection was purposive. The review proceeded without a registered protocol or independent duplicate screening, and verifiable counts were unavailable for some selection stages. The review was classified as narrative, and reporting covered the stages that could be documented.

### Population or sample

The unit of analysis was an article published in an academic journal. The documentary sample comprised 24 articles. The PRISMA guideline cited as a methodological reference external to the axis for the current work. The search combined topic-based queries with direct verification on publishing platforms such as Cambridge Core, Springer Nature Link, ScienceDirect, and Wiley

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

Online Library, and on journal websites. English search terms covered meaningful learning, prior knowledge, speaking, task repetition, projects, digital storytelling, feedback, anxiety, and willingness to communicate. Also the research phrases included “Ausubel meaningful learning,” “EFL speaking oral task repetition,” and “EFL project-based learning speaking.”

Eligible articles were peer-reviewed and first published by a journal from 2021 through 2026. Studies were eligible which provided a basis for understanding the relationship between prior knowledge and meaningful learning, investigated relevant speaking or affective outcomes in English, or contributed methods for interpreting those outcomes. Duplicate records, preprints, and studies unrelated to the review question were excluded. Relevance was assessed using titles, abstracts, and full texts where available. DOIs were verified, and the information extracted was cross-checked against publication records.

**Setting**

The review was conducted online using published documents. The articles examined English-language teaching settings, primarily secondary and higher education classrooms, with some studies in primary education. The settings were those of the original studies and included in-person, online, and device-assisted practice. The review involved no participant recruitment or fieldwork at an educational institution.

**Measurements**

Data were collected by reviewing the articles and extracting relevant information. In addition, the data extracted from each article included the educational context, study design, sample size or composition when reported, type of activity, comparator, instruments, and relevant outcomes. The review involved no manipulation of variables and no administration of surveys, interviews, or tests. Indicators of fluency, pronunciation, comprehensibility, accuracy, linguistic complexity, interaction, anxiety, and willingness to communicate extracted from the original studies. Performance measures, such as oral tests, rubrics, and speech records, were distinguished from self-reported data obtained through questionnaires or interviews.

Findings were grouped by theme and compared by study design, task type, and assessment timing. Where the articles provided sufficient information, immediate performance was distinguished from delayed retention and transfer to new tasks. Outcome heterogeneity was addressed through descriptive synthesis. Furthermore, the combined effects were not estimated, nor was a formal assessment of the risks of bias was conducted.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

# RESULTS

## Connecting prior knowledge to a communicative purpose

The analysis identified four conditions for applying the concept of meaningful learning to the design of speaking activities. The first was activating knowledge that learners could draw on to construct a message. Familiar experiences help learners generate ideas, and discourse models show how to organize those ideas for an audience. The second condition was presenting information in a recognizable structure. A brief example can show how to give a reason, illustrate it with an example, and end with a proposal. Scaffolding is relevant when it enables learners to reconstruct that structure using their own vocabulary and adapt it to a new topic (1,2).

The third condition was a clear purpose for speaking. A task, which requires choosing among options, asks learners to give reasons, listen to complaints, and be ready to revise their proposal. A clear communicative purpose makes it possible to assess whether the learner's words served a specific function. The fourth condition was an opportunity to revise and reapply what had been learned. Revision can be observed by comparing recordings or examining how a learner incorporates a clarification into a subsequent turn. Reapplication changes one feature of the task while retaining the communicative function targeted for transfer. Figure 1 presents these four conditions as criteria for designing and interpreting speaking activities.

The conditions can operate together within a single activity. To recommend an itinerary, a learner might select local places, use arrows to sequence the route, justify the stops, and respond to someone with less time available. After receiving feedback, the learner can make a second recommendation under different constraints. In this example, the conceptual relationships include the proximity of the places and how well the activities match the listener's interests. The linguistic resources include sequencing markers, expressions of preference, and language for negotiating an adjustment. Observing the process makes it possible to identify which resources are used with support and which the learner uses independently in the second situation.

A familiar topic can also elicit superficial responses when the procedure requires learners to reproduce set phrases. The quality of the explanation help to determine how learners drew on prior knowledge. An intervention can include a diagnostic question, a learner-generated outline, and a record of the learner's first spoken formulation. Comparing these products with performance on a subsequent task makes it possible to examine whether the learner incorporates new relationships and expresses them in English. The subsequent task should preserve the construct of interest. When conceptual complexity, the audience, and planning time all change at once, differences are harder to attribute to transfer.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

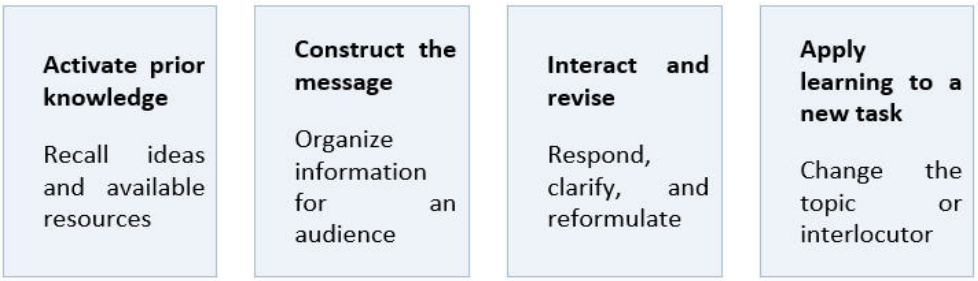


***Figure 1. Instructional conditions for meaningful speaking practice***

Dao and Hiver (7) studied 105 learners of English using two interactive tasks. One involved collaborative planning and the other visual comparison with information distributed among participants. Beliefs about interaction predicted aspects of engagement and lexical learning. Task type was also associated with participation and achievement of the task goal. The study helps clarify what can be observed during a purposeful activity, including each participant's contribution, whether an agreement is reached, and how vocabulary is used. These findings concern interaction and lexical learning in the tasks analyzed.

**Planning, task repetition, and practice spacing**

Repeating a task allows making planning resources available by reducing the number of decisions about content. In the study by Kakitani and Kormos (8), which analyzed data from 116 university students, oral practice at intervals of one or seven days produced different trajectories during training. Both schedules were associated with similar gains on fluency tests at seven and 28 days. This finding qualifies the interpretation of performance during practice. Faster progress within the practice sessions alone cannot establish the superiority of one schedule at the end of follow up.

Chen et al. (9) compared collaborative planning in the first language, in English, and in both languages with a no-planning condition. The 128 participants performed a picture-based narrative task four times. There was no overall effect of planning language on fluency, but its contribution varied with English proficiency. Higher proficiency participants benefited more from first language planning on measures of formulation and monitoring, whereas lower proficiency participants encountered difficulties under that condition. The improvements observed across repetitions pertain to the narrative that participants practiced.

In the study by Duong et al. (10), 90 university students learning English as a foreign language (EFL) were assigned to three conditions that varied in their exposure to video input, including a condition without such input. All participants performed the task again after two days. The authors found no significant effects of the treatments on the lexical or fluency measures analyzed.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

The study shows that re-exposure to a model and another opportunity to produce the same speech can provide a plausible instructional structure without yielding a detectable difference. The ability to use an expression depends in part on the learner's initial receptive target and the demands of retrieving it during the task.

Hanzawa et al. (11) mapped 74 empirical studies and identified two purposes of oral task repetition: facilitating immediate performance on the same task and developing skills applicable to new tasks. Hanzawa and Suzuki (12) found higher perceived engagement under spaced practice conditions and a tendency to overestimate progress under massed practice. Róg (13) reported that, among 52 young adults who immediately repeated an English-language task, lexical diversity increased and fluency improved marginally. Enjoyment was associated with some measures, but the interaction between enjoyment and repetition was statistically nonsignificant. These findings distinguish the practice experience, immediate performance, and delayed retention.

Instruction can combine an initial repetition for revision with a later task that introduces a controlled change. For example, after narrating an incident, a learner might retell it using temporal connectives that help the listener follow the account. In another session, the learner can reconstruct a different episode using the same kinds of temporal relationships. This distinction separates improvement when reformulating one task item from the use of a discourse resource in another, so that repetition can help address a specific difficulty, and variation requires learners to select and adapt the resources they use.

**Projects and digital storytelling**

Benlaghrissi and Ouahidi (14) assigned 91 Moroccan secondary school students to mobile assisted projects, projects without devices, or conventional instruction for one semester. The mean oral posttest scores, out of 20 points, were 13.84, 11.59, and 9.58, respectively. The projects distributed language production across preparation, discussion, recording, and presentation. An individual assessment helps determine whether each participant was able to organize a message and respond to questions. The observed differences pertain to the combined intervention, which incorporated resources for comprehension and production alongside the devices.

Zhussupova and Shadiev (15) examined digital storytelling over seven weeks with preservice English teachers in a multilingual classroom. The case study documented improvements in fluency, coherence, and cohesion, among other dimensions, using an academic speaking rubric. Developing personal or cultural stories enabled learners to draw on prior experiences. The format allowed learners to record, edit, and repeat segments. A presentation with questions; therefore provides additional evidence about how a learner adjusts when interacting with another speaker.

Zhong et al. (16) compared video assisted projects with conventional instruction in 96 first year students at a Chinese polytechnic institution, in groups of 49 and 47 participants. After 12 weeks,

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

the findings favored the intervention on some measures of syntactic complexity, pronunciation accuracy, and fluency. There were no significant differences in lexical complexity or syntactic accuracy. Figure 2 compares mean overall fluency, speech rate, and self-repair scores on the posttest. An instructional sequence that requires learners to justify ideas and edit presentations can provide opportunities to elaborate utterances and revise pronunciation. In addition, expanding the range of vocabulary used spontaneously may require additional retrieval practice across varied contexts.

Project assessment should identify the evidence provided by each deliverable. A script shows how learners planned and selected content. A recording captures prepared oral production and allows for analysis of pausing, rate, or pronunciation. A brief oral defense demonstrates the ability to answer questions and reformulate a response. A second defense on a different topic provides information about transfer. The choice of assessment instruments depends on the competence the course aims to develop. If interaction is the objective, a rehearsed presentation is retained as one component of the project, and the primary assessment might incorporate turn taking, clarification, and follow-up on another speaker's ideas.

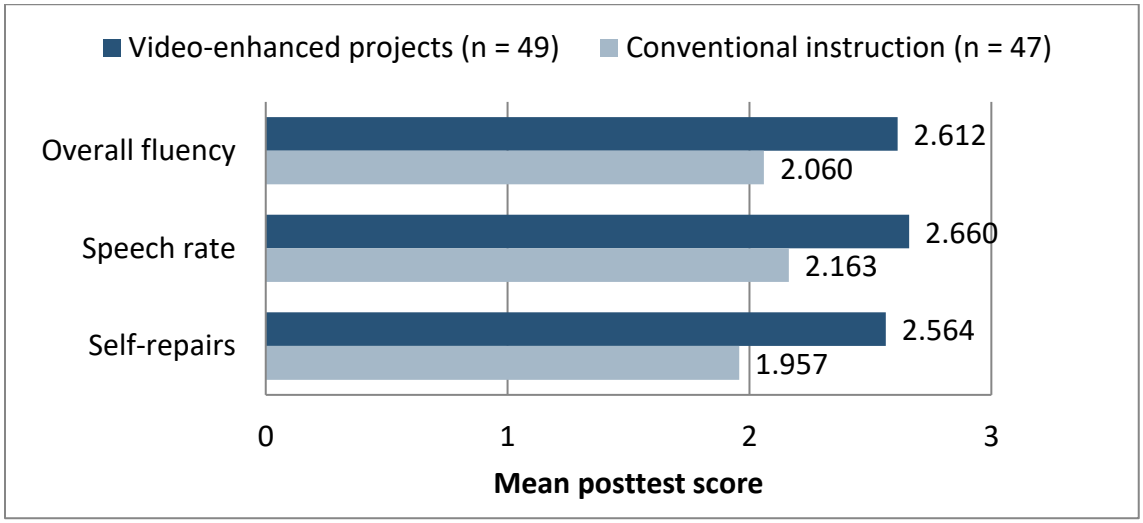


***Figure 2. Fluency outcomes for video-enhanced projects***

***Source:*** *Table 5 of Zhong et al. (16). The graph shows group mean posttest scores. The article reports between-group contrasts of p = 0.015, 0.033, and 0.007, respectively. The plotted means do not represent change from baseline.*

## Feedback and revision of spoken production

Huang et al. (17) found that peer feedback improved the comprehensibility of spoken English in the group studied, with no comparable improvement in accentedness. The value of this practice depends on the feature being observed, the way feedback is phrased, and whether the learner

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

has another opportunity to produce the message. Feedback about a word that caused difficulty in comprehension directs attention to a specific problem. A peer's intervention add value by clarifying how they understood the message, being possible to check whether the modification improves understanding. Instruction support this process through examples, specific criteria, and brief turns for revision.

Ha (18) recorded the practices of 10 teachers before and after an eight week professional development program. The study reported changes in the frequency, types, and targets of corrective feedback. The outcome assessed was teaching practice. In designing a speaking activity, immediate correction may be appropriate when a problem prevents the listener from understanding a key relationship. Delayed correction can preserve the flow of a discussion and defer formal observation until a second version.

As part of a feedback sequence, the learner is able to review a segment, explain the original intention, and formulate an alternative. This cycle helps document how the learner uses the feedback. A transfer assessment can determine whether the change appears in a later task without a specific prompt. Recording the change in a prepared version allows confirming that the learner revised the targeted segment. Using the resource in a new situation requires retrieving and selecting it under different conditions. Table 2 links both kinds of evidence to indicators which could be are observed in practice.

**Technology-assisted conversation and participation**

Tai (19) compared out-of-class practice with Google Assistant with interaction with speakers of English as a first or second language in a sample of 89 students. The study documented improvements in speaking performance with assisted practice. Tai and Chen (20) studied 85 schoolchildren over three weeks. On the posttest, both groups that used generative agents outperformed the group receiving conventional instruction. There was no significant difference between individual and paired practice. The mode of practice alone leaves open the question of how many turns each participant takes.

Fathi et al. (21) reported improvements in speaking proficiency and willingness to communicate after an intervention mediated by artificial intelligence. The distinction between these outcomes allows observed performance to be examined separately from the inclination to participate. Du and Daniel (22) synthesized 24 empirical studies published from 2017 to 2023 on conversational agents for speaking practice. Their review characterizes this area of research as emerging. Variation in formats, populations, and tasks are important to document exposure, conversational objectives, and the type of feedback provided.

Hoang et al. (23) recorded improvements between pretests and posttests after incorporating mobile virtual reality into speaking practice for 23 university students. The single-group design

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

limits causal attribution. In a study of 83 participants, Huang and Kakham (24) observed a favorable outcome for speaking proficiency and no overall between-group difference in anxiety. The analysis by activity identified lower anxiety during pair work and presentations, illustrating the value of recording task type separately.

Zhang et al. (25) studied 131 university students in a six-week intervention. On the questionnaires, the group, using a speaking assistant reported greater enjoyment and willingness to communicate and lower anxiety. These measures captured self-reported experiences. Estimating changes in language production requires additional indicators, such as the turns that learners initiate, the duration of their contributions, or tests assessed by listeners. Interpretation is more precise when the study reports whom the learner interacted with and whether practice continued after the tool was withdrawn.

***Table 1. Selected studies on speaking practice and performance***

| Study | Practice and outcome measure | Finding and scope |
|---|---|---|
| Kakitani and Kormos (8) | Speaking practice at one-day or seven-day intervals. The analysis included 116 university students. | The two practice groups showed similar fluency gains at 7 and 28 days. |
| Duong et al. (10) | Videos and task repetition with 90 university students. | No significant effects were detected for fluency or lexical use. |
| Benlaghrissi and Ouahidi (14) | Mobile-assisted projects, projects without devices, or conventional instruction with 91 students. | The mobile-assisted project group performed better on the speaking posttest. |
| Zhussupova and Shadiev (15) | Digital storytelling for academic speaking. | Context-specific evidence from a case study with preservice teachers. |
| Zhong et al. (16) | Quasi-experimental comparison of video-enhanced projects with 96 students. | Advantages on selected measures of pronunciation, syntax, and fluency. |
| Huang et al. (17) | Peer feedback with 32 students. | Comprehensibility improved. No comparable change was observed in accentedness. |
| Tai and Chen (20) | Individual or paired practice with generative agents among 85 schoolchildren. | Both formats outperformed conventional instruction on the posttest. |
| Fathi et al. (21) | AI-mediated interaction, speaking tests, and willingness to communicate. | The study reported gains in speaking performance and willingness to communicate. |

## Assessment of observed benefits

The evidence of benefits grouped into three domains. The first was performance under specified conditions. The findings that lend themselves most readily to interpretation identify a change in a specific measure on a specific task. For example, pronunciation accuracy on a posttest may improve while syntactic accuracy remains unchanged (16). The second domain was participation.

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

Willingness to communicate and a sense of safety may facilitate access to practice (21,24,25). The third domain concerned the relationship with meaningful learning processes. The interventions provide opportunities for making connections to prior knowledge and revising spoken production, but few of the selected studies directly compare the effects of activating prior knowledge with an equivalent practice condition.

A sound fluency assessment can report both speech rate and patterns of pausing. Measuring change at the individual level requires comparable units and an explicit account of whether time spent in silence is included. Transcription can identify segments that were reformulated or restarted. The interpretation of the number of repairs depends on their function. A repair may reflect difficulty with formulation or serve as a useful strategy for preventing a misunderstanding. Analyzing the different dimensions of fluency and examining task design help to explain why the same intervention improves some measures and produces mixed results on others (3,4,8,10).

In pronunciation assessment, intelligibility measured by the proportion of words understood or by listeners' ability to identify details in the message. Comprehension estimated from judgments of the effort required to understand. When assessment focuses on segmental or suprasegmental features, the instrument should specify the segments, stress patterns, or prosodic features evaluated. Using more than one rater and a documented rubric allow estimating the consistency of judgments. To assess interaction, relevant acts of initiation, requests for clarification, and responses that build on information from the interlocutor can be recorded.

A classroom assessment design combine an initial sample, a supported performance, an immediate performance on a varied task, and a delayed performance. The initial sample establishes a baseline. The supported performance documents decisions and opportunities for correction. Immediate performance on a varied task indicates the extent of adaptation to a controlled change. Delayed performance allows for the examination of retention. If it uses an equivalent but unfamiliar task, it also provides information on transfer. Table 2 shows how a pedagogical feature can be linked to observable evidence.

***Table 2. Indicators for assessing a speaking sequence***

| Component | Evidence during practice | Evidence in a different situation |
|---|---|---|
| Activation of prior knowledge | Explains relationships among ideas and incorporates them into the speaking plan. | Selects relevant examples for a new question. |
| Purpose and interaction | Presents a decision and responds to a request for clarification. | Adapts the response to a different interlocutor or constraint. |
| Feedback | Identifies a difficulty and reformulates the segment in question. | Applies the revision without prompting in another exchange. |
| Fluency and comprehensibility | Records pauses and repairs. A listener identifies the central message. | Maintains clarity in a parallel task with equivalent preparation. |

| | | |
|---|---|---|
| Maintenance | Records immediate performance using the established rubric. | Repeats the assessment after a specified interval using an equivalent task. |

**Classroom implementation and assessment sequence**

One possible application is to organize two sessions around a decision that learners can discuss using information from their surroundings. In the first session, each learner explains which space at their institution they would recommend for a cultural activity. The question prompts learners to recall how they have used the space, identify its features, and establish criteria such as capacity, accessibility, and availability. An initial one-minute speaking sample provides a record of how fully learners develop their reasons and what linguistic resources they use to connect them. The teacher presents a model exchange in which one person recommends a location, another raises an objection, and the first responds with an alternative. The structure of the exchange could be represented with keywords and connectives so that learners retain control over the content of their proposals (1,2).

During the interaction phase, each participant receives different information about the event constraints. The exchange has a clearly defined outcome. Participants must agree on a location and give two reasons for their choice. The information gap creates a need for clarification. An observer can record questions that elicit missing details and instances in which a reason needs to be rephrased. For beginners, support might include expressions for asking someone to repeat a point, justifying a preference, and comparing two options. At intermediate levels, conflicting constraints introduced to observe how learners prioritize criteria and make concessions. At both levels, the communicative purpose remains the same and linguistic complexity is matched to the learners' available repertoire (3,4).

Revision might focus on a short excerpt. If the listener understood the choice but misinterpreted a condition, the learner is able to listen to the excerpt, identify the ambiguity, and rephrase that part of the response. If the difficulty arose when responding to a complaint, the revision could compare a response that merely repeats the proposal with one that acknowledges the problem and offers an alternative. A second performance of the same task allows the adjustment to be observed. Recording the feedback, how it was interpreted, and the subsequent reformulation captures aspects of the process that an overall score may miss. Feedback should be limited to a number of points that gives each learner enough time to practice the changes (8,12,17,18).

In the second session, a new scenario retains the need to propose, justify, and negotiate while changing the setting and audience. For example, the learner can advise a visiting group that must choose a meeting place subject to scheduling or mobility constraints. A brief rubric could help to assess whether the proposal is comprehensible, whether the reasons address the constraints, and whether the response takes up the objection raised. To examine speech rate, the teacher can

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

record the timing of the speech samples and keep planning time constant. This helps distinguish speaking for longer from speaking at a faster rate. The follow-up task is informative to the extent that it makes comparable demands while requiring learners to select expressions in a different context (3,4,8,10,11).

The delayed assessment use a third, parallel scenario, with the elapsed interval reported. If a learner continues to speak clearly on the rehearsed task, there is evidence that this level of performance has been maintained. An appropriate response to a new interlocutor provides additional evidence of transfer within that family of tasks. A decline on the new version may reflect reliance on vocabulary from the original context, limited resources for repairing misunderstandings, or a more demanding task prompt. Comparing performance records helps identify the most plausible explanation and determine what needs further practice.

In classrooms with access to devices, individual recordings or an initial conversation with an agent, provide additional opportunities for rehearsal. Records can capture the number of spoken contributions actually made and document the feedback received. In settings with limited resources, the same sequence is implemented using information cards, rotating pairs, and teacher observation. In either setting, a participation measure should indicate how much each learner contributed, especially when the group shares responsibility for the final product. The sequence illustrates an application derived from the synthesis, and its indicators would require validation if used as research instruments (14–16,19–23).

## DISCUSSION

Recent evidence supports the use of meaningful learning as a framework for designing and interpreting speaking practice. Work on prior knowledge and content organization (1,2), together with studies on fluency, repetition, and feedback (3,4,8,10–12,17,18), suggests several plausible mechanisms. Activating prior knowledge may help learners select content. A second performance may reduce the cognitive demands of organizing ideas. Feedback followed by another attempt allows learners to focus on identified difficulties. Testing each mechanism requires study designs that collect evidence about the learning process and isolate the contribution of the main components.

The findings of Duong et al. (10) and Zhong et al. (16) help clarify how the results should be interpreted. Additional exposure and a second performance yielded no significant differences in the first study. The second study documented advantages on selected measures after a 12-week project-based intervention. The studies differed in duration, intensity, population, task, and instruments. These differences prevent the discrepancy from being attributed to any single factor. They suggest that the estimated benefit depends on the outcome assessed and the

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

structure of the intervention. An overall estimate of effectiveness reveals less about learning than examining which aspects of speech improve, under what conditions, and on which assessments.

Research on conversational agents describes opportunities to respond and to practice outside the classroom (19–22,24,25). Evaluating the benefits requires documenting time spent using the agent, actual spoken output, feedback quality, and the relationship between agent-supported practice and activities involving other people. If one group practices for longer than another, the comparison estimates the effect of the intervention as implemented. A study seeking to isolate the contribution of the agent should balance practice time across conditions and specify which features of the interaction differ. It could also compare conversation with the agent and performance on a subsequent task with human interlocutors to determine whether learners can adapt their linguistic repertoire to less predictable turns and questions.

In settings with limited resources, speaking activities sequenced by using locally available materials, short models, and opportunities to revise in pairs. Mobile phones, video, and simulation allow expanding opportunities for practice where access is sufficient (14–16,23). Resources should be selected according to what they contribute to the speaking activity and its assessment. An equitable distribution of speaking turns is particularly important in group projects. Learners can produce a sophisticated group product even when some members have few opportunities to speak. A record of individual contributions or an individual oral defense can help determine how speaking opportunities were distributed.

The review is limited by purposive selection, uneven access to full texts, and methodological heterogeneity. The text may over represent technology based on interventions and university settings in certain countries. Because the search was not exhaustive, the proportion of studies that yielded favorable or null results cannot be estimated. A future study could compare activities with equivalent practice time and different levels of prior knowledge activation, assess the quality of the connections made in oral explanations, and examine whether these gains persist on a delayed assessment. The design could also incorporate independent ratings of comprehensibility and interactions with different listeners. This approach would help determine which aspects of progress are specific tasks and which extend to other communicative purposes.

## CONCLUSIONS

Meaningful learning in English speaking instruction involves connecting prior knowledge with new linguistic resources, organizing content around a communicative purpose, and revising spoken output in light of evidence about how well it was understood. Familiarity with the topic supports preparation when it helps learners make connections that they can explain and adapt. Repetition is valuable when incorporates targeted adjustments and culminates in an opportunity to reuse the same resources in a different situation.

The reviewed studies documented selective benefits for fluency, pronunciation, syntactic complexity, and speaking performance, as well as favorable outcomes on participation measures in some settings. Null results were also reported for specific measures. This variability warrants describing the activity, the outcome studied, and the assessment conditions separately. Projects, digital storytelling, task repetition, and assisted conversation offer opportunities to connect content and oral expression. The available evidence provides a stronger basis for estimating the effects of complete interventions than for attributing those effects to an isolated mechanism.

A speaking intervention evaluated more precisely when it includes a baseline sample, a task with an explicit communicative demand, opportunities for feedback, and a follow-up assessment that changes either the topic or the interlocutor. Comparing practiced and novel tasks helps establish the extent of transfer. Designs that include delayed assessment, comparable practice time, and measures of both spoken production and interaction can clarify how long the benefits last and how widely they apply across educational settings.

## REFERENCES

1. Bryce TGK, Blown EJ. Ausubel's meaningful learning re-visited. Curr Psychol. 2024;43:4579–98. doi: 10.1007/s12144-023-04440-4
2. Tsai KJ. Concept mapping for enhancing multimodal communication in an EFL classroom. SAGE Open. 2025;15(3). doi: 10.1177/21582440251368978
3. Suzuki S, Kormos J. The multidimensionality of second language oral fluency: interfacing cognitive fluency and utterance fluency. Stud Second Lang Acquis. 2023;45(1):38–64. doi: 10.1017/S0272263121000899
4. Tavakoli P. Assessment of second language fluency. Lang Teach. 2025;58(3):312–28. doi: 10.1017/S0261444824000417
5. Chau T, Huensch A. The relationships among L2 fluency, intelligibility, comprehensibility, and accentedness: a meta-analysis. Stud Second Lang Acquis. 2025;47(1):282–307. doi: 10.1017/S0272263125000014
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71
7. Dao P, Hiver P. L2 task-based interaction: exploring how learners' interaction mindsets and task perceptions shape learner engagement, task completion, and lexical learning. Stud Second Lang Acquis. 2026 Jun 24:1–33. Online ahead of print. doi: 10.1017/S027226312610182X
8. Kakitani J, Kormos J. The effects of distributed practice on second language fluency development. Stud Second Lang Acquis. 2024;46(3):770–94. doi: 10.1017/S0272263124000251

9. Chen L, Suzuki Y, Lambert C. L1 and L2 use in pre-task planning and task repetition: the role of proficiency. Appl Linguist. 2026;47(3):578–97. doi: 10.1093/applin/amaf059
10. Duong PT, Montero Perez M, Nguyen LQ, Desmet P, Peters E. The impact of input, input repetition, and task repetition on L2 lexical use and fluency in speaking. Stud Second Lang Learn Teach. 2023;13(1):101–24. doi: 10.14746/ssllt.29727
11. Hanzawa K, Suzuki Y, Yanagisawa A, Fukuta J. A scoping review of oral task repetition: evolving concepts for speaking skills development. Res Methods Appl Linguist. 2026;5(1):100292. doi: 10.1016/j.rmal.2025.100292
12. Hanzawa K, Suzuki Y. How do learners perceive task repetition? Distributed practice effects on engagement and metacognitive judgment. Mod Lang J. 2023;107(2):451–78. doi: 10.1111/modl.12843
13. Róg T. The interaction between task repetition and oral task enjoyment: effects on speech complexity, accuracy, and fluency. Lang Teach. 2026;59(4):539–57. doi: 10.1017/S0261444825100840
14. Benlaghrissi H, Ouahidi LM. The impact of mobile-assisted project-based learning on developing EFL students' speaking skills. Smart Learn Environ. 2024;11:18. doi: 10.1186/s40561-024-00303-y
15. Zhussupova R, Shadiev R. Digital storytelling to facilitate academic public speaking skills: case study in culturally diverse multilingual classroom. J Comput Educ. 2023;10:499–526. doi: 10.1007/s40692-023-00259-x
16. Zhong J, Ismail L, Zheng R. Improving Chinese EFL learners' oral proficiency through video-enhanced project-based learning: a CAF perspective. SAGE Open. 2025;15(4):1–14. doi: 10.1177/21582440251403309
17. Huang Y, Lee AH, Ballinger S. The characteristics and effects of peer feedback on second language pronunciation. J Second Lang Pronun. 2023;9(1):47–70. doi: 10.1075/jslp.22034.hua
18. Ha XV. Effects of a professional development program on teachers' oral corrective feedback practices. System. 2022;110:102917. doi: 10.1016/j.system.2022.102917
19. Tai TY. Effects of intelligent personal assistants on EFL learners' oral proficiency outside the classroom. Comput Assist Lang Learn. 2024;37(5–6):1281–310. doi: 10.1080/09588221.2022.2075013
20. Tai TY, Chen HHJ. Improving elementary EFL speaking skills with generative AI chatbots: exploring individual and paired interactions. Comput Educ. 2024;220:105112. doi: 10.1016/j.compedu.2024.105112
21. Fathi J, Rahimi M, Derakhshan A. Improving EFL learners' speaking skills and willingness to communicate via artificial intelligence-mediated interactions. System. 2024;121:103254. doi: 10.1016/j.system.2024.103254
22. Du J, Daniel BK. Transforming language education: a systematic review of AI-powered chatbots for English as a foreign language speaking practice. Comput Educ Artif Intell. 2024;6:100230. doi: 10.1016/j.caeai.2024.100230

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 337-354
DOI:
https://doi.org/10.56519/bs39t772

23. Hoang DTN, McAlinden M, Johnson NF. Extending a learning ecology with virtual reality mobile technology: oral proficiency outcomes and students' perceptions. Innov Lang Learn Teach. 2023;17(3):491–504. doi: 10.1080/17501229.2022.2070626
24. Huang Y, Kakham P. The impacts of AI conversational agents on EFL learners' oral proficiency and foreign language speaking anxiety. Front Educ. 2026;11:1799269. doi: 10.3389/feduc.2026.1799269
25. Zhang C, Meng Y, Ma X. Artificial intelligence in EFL speaking: impact on enjoyment, anxiety, and willingness to communicate. System. 2024;121:103259. doi: 10.1016/j.system.2024.103259

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

# ANÁLISIS BIOÉTICO DE LA REGULACIÓN DE LA CONFIDENCIALIDAD DE DATOS GENÉTICOS

# BIOETHICAL ANALYSIS OF THE REGULATION OF GENETIC DATA CONFIDENTIALITY

Denisse Isabel Suaste Pazmiño[1]

{ua.denissesuaste@uniandes.edu.ec[1]}

Fecha de recepción: 28/08/2026 / Fecha de aceptación: 29/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: Los datos genéticos son una herramienta importante en la medicina de precisión para la prevención de enfermedades y promoción del bienestar. Sin embargo, su uso genera varios dilemas bioéticos respecto al respeto de los derechos humanos, derechos del paciente o derechos del participante en investigaciones sobre la confidencialidad y privacidad de las personas. El objetivo es analizar las implicaciones éticas de la confidencialidad de datos genéticos. Los métodos son la revisión sistematizada, mediante recolección, valoración crítica, selección y resumen de la evidencia científica presente en artículos científicos y otros materiales. La información genética genera múltiples beneficios en la salud individual a mediano y largo plazo. En la obtención de datos se requiere de la aplicación del consentimiento informado para asegurar a la persona el propósito de la recolección de dicha información, su uso y eliminación posterior. Aunque, se requiere de legislaciones que regulen a las instituciones de salud, seguros sanitarios y empresas que no manipulen ni coaccionen a las personas para realizarse pruebas genéticas que podrían afectar a su acceso socio económico y sanitario a largo plazo. La regulación legal de la obtención de datos genéticos es esencial para garantizar la protección de la intimidad de los pacientes; así como, el ejercicio responsable de los equipos de salud de la confidencialidad para no afectar a la dignidad, moral, economía y salud de las personas.**

***Palabras Clave: Confidencialidad, Perfil genético, Bioética, Iris, América Latina***

**ABSTRACT: Genetic data is an important tool in precision medicine for disease prevention and wellness promotion. However, its use generates several bioethical dilemmas regarding respect for human rights, patient rights or participant rights in research on the confidentiality and privacy of people. The objective is analyze the ethical implications of the confidentiality of genetic data. The methods systematized review, through collection, critical assessment, selection and summary of the scientific evidence present in scientific articles and other materials. Genetic information generates multiple benefits in individual health in the medium and long term. When obtaining data, the application of informed consent is required to assure the person of the purpose of collecting said information, its**

[1]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-4429-5915

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

**use and subsequent elimination. Although, legislation is required to regulate health institutions, health insurance and companies that do not manipulate or coerce people to undergo genetic tests that could affect their long-term socio-economic and health access. Legal regulation of the obtaining of genetic data is essential to guarantee the protection of patients' privacy; as well as the responsible exercise of confidentiality by health teams so as not to affect the dignity, morality, economy and health of people.**

***Keywords: Confidentiality, Genetic profile, Bioethics, Iris, Latin America***

## INTRODUCCIÓN

Desde 1948 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha definido a la salud como el alcance máximo de bienestar y calidad de vida, concepto que con el tiempo se ha ido modificando según los avances científicos y biotecnológicos que ha desarrollado la humanidad.(1) Además, reconociendo a dicho término dentro de la Declaración Universal de Derechos Humanos en el artículo 25 como un derecho de todo ser humano, a recibir atención sanitaria cuando este lo requiera para garantizar salud. La interpretación de este derecho ha ido fluctuando, gracias a las investigaciones científicas que han modificado las maneras de tratar y/o curar las enfermedades humanas (2).

Actualmente, todo el desarrollo biotecnológico ha permitido detectar tempranamente patologías que hace 20 – 40 años no tenían cura o tratamiento eficaz. Entre los avances más relevantes y utilizados, se encuentra la medicina de precisión, que acorde al Instituto Nacional del Cáncer (NIH) permite dar una atención sanitaria enfocada exclusivamente en la persona, acorde a sus propias necesidades utilizando la información contenida en los genes y molecular del individuo, así como, factores exógenos que influyen en el estado de salud del individuo: entorno y estilo de vida (3).

Esta área de la medicina se ha implementado también para la ejecución de ensayos clínicos con seres humanos para crear alternativas de tratamiento o fármacos que sean óptimos y adaptables a cada individuo según su información genética, haciendo aún más dinámico el proceso de atención, gracias a la secuenciación del genoma humano. Con ello, permitirá reducir el riesgo de efectos secundarios indeseables y aumentando la eficacia y eficiencia del tratamiento para cada paciente (4).

Las nuevas tecnologías de secuenciación genómica permiten ver de forma masiva o de siguiente generación varios fragmentos del Ácido desoxi ribonucleico (ADN) en la misma secuenciación, que a través de programas bioinformáticos crean bases de datos que permiten la interpretación de variantes genéticas para identificar genes responsables o alterados susceptibles a producir una enfermedad.(4) Es entonces que, la obtención de las bases génicas de un paciente se ha considerado a nivel mundial como un factor esencial a registrar en la atención sanitaria para el futuro, pues de esta forma, no solamente reduciría el riesgo de desarrollo de patologías crónicas o degenerativas prevenibles, sino también, dar una atención integral y de calidad a todas las personas, lo cual además, reduciría la inversión económica de los Estados en este tipo de enfermedades (4,5).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

Aunque, la utilización del ADN y las bases génicas de una persona representan un notable beneficio para dar una atención centrada en el paciente o para la investigación biomédica para generar tratamientos más efectivos, se requiere de responsabilidad legal y ética por parte de los profesionales para la administración de las bases de datos génicas de los pacientes/participantes, principalmente las garantías de confidencialidad y privacidad de dicha información (6).

En este sentido, la Conferencia General de las Naciones Unidas en 2003 estableció la Declaración de Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos, destacando la importancia de respetar la dignidad humana en protección de los derechos y libertades esenciales para la recolección, tratamiento, uso y almacenamiento de datos genéticos – proteómicos humanos y muestras biológicas; así como, el respeto de la identidad de la persona acorde al derecho universal a la libertad (2,5).

Además, se busca proteger los derechos del paciente en la atención sanitaria, ya que algunos genes están específicamente relacionados a la etnia y el género, lo cual aumenta el riesgo de estigmatización – segregación – discriminación por el perfil genético o su información asociada para el acceso a la atención en salud o seguro médico, u oportunidades laborales debido a la divulgación de dicha data. Es por ello que, en 1972 el Gobierno de los Estados Unidos inició un proceso de regulación del uso de información genética y la voluntariedad de las personas para entregar y almacenar sus datos genéticos a largo plazo, actualizando en 2008 a la Ley publica 110-233 – *Acta sobre la no discriminación de la información genética* (7).

Desde entonces, los Estados se han comprometido con la regulación jurídica del uso de la información genética de los pacientes o participantes, bajo el compromiso de proteger los derechos humanos de las personas para no afectar su dignidad e integridad humana, y que permitan potenciar la vida humana, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades prevenibles, pero a la vez de cuidar la confidencialidad y privacidad de los datos. El análisis bioético y legal de las implicaciones del uso de los datos genéticos de una persona requiere de un estudio exhaustivo que garantice el reconocimiento de los derechos humanos, de propiedad intelectual y de sujetos de investigación; por lo cual, la presente revisión bibliográfica se centrará en resolver la pregunta ¿Cuáles son las implicaciones bioéticas y legales del uso de los perfiles genéticos de los pacientes?

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación utilizó la metodología de una revisión bibliográfica, mediante la recolección, valoración crítica de artículos científicos en bases de datos científicas-académicas.

### Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos publicados durante el periodo 2020 – 2024 en idioma inglés como español, donde se expresa explícitamente los dilemas bioéticos y legales respecto al uso de los perfiles genéticos, uso de datos ADN e Iris de los pacientes para ensayos clínicos

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

aleatorizados en fase experimental con humanos, revisiones sistematizadas donde se haya utilizado datos genéticos de pacientes.

**Criterios de exclusión**

La revisión y análisis estableció parámetros excluyentes: revisiones bibliográficas o sistemáticas no relacionadas al tema, ensayos clínicos en animales o ensayos clínicos no aleatorizados, estudios cuasi experimentales con datos no genéticos de los participantes.

**Base de datos**

La búsqueda de artículos científicos se realizó en seis bases de datos: SCOPUS, PUBMED, COCHRANE, SciELO, DIALNET. Para optimizar la búsqueda en las bases de datos se utilizaron una serie de palabras clave extraídas del tesauro DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud). La búsqueda se concretó con el uso de operadores booleanos "AND" para relacionar las palabras clave, "OR" para introducir otros términos sinónimos o que se relacionan entre sí, y se cerraba el paréntesis antes de iniciar la búsqueda.

Se identificaron: 156 estudios obtenidos de las bases de datos de la búsqueda primaria y mediante la búsqueda manual se añadieron: 10 artículos científicos. Toda la evaluación permitió finalmente definir los artículos definitivos para la realización de la presente revisión bibliográfica (n=15). Para determinar el grado de confianza de la información recolectada, se utilizó la metodología CASPe (8); y se han seguido las recomendaciones del Diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematyc review and Meta-analyses) para realizar la evaluación de la calidad metodológica (9–11). (**Figura 1**)

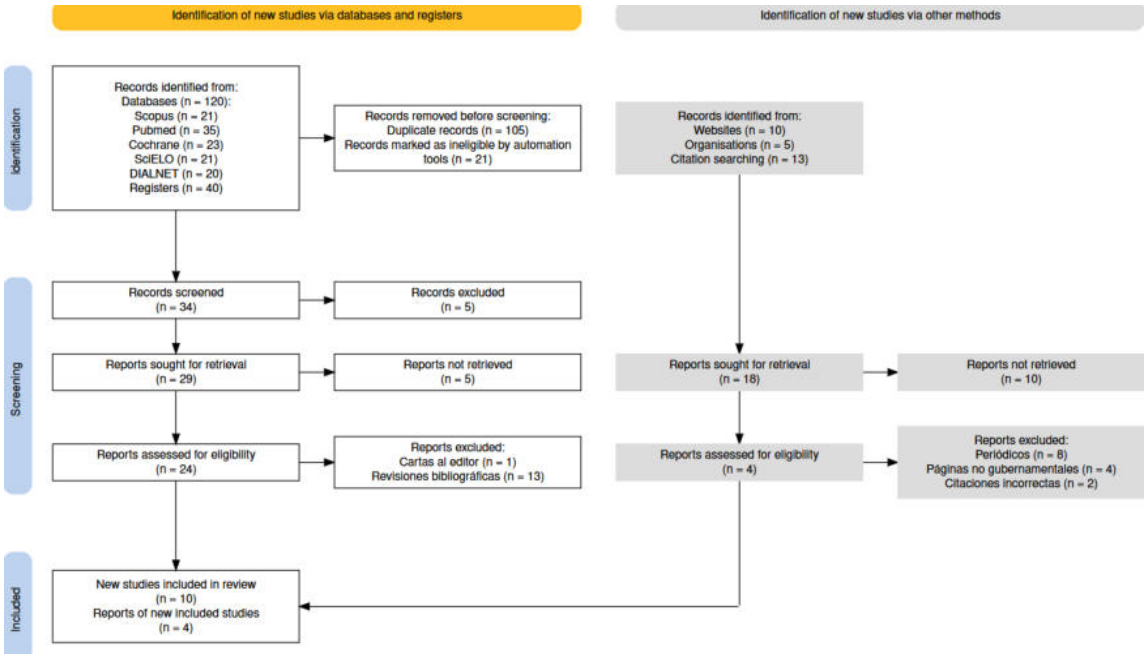


***Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA de selección y exclusión de artículos.***
***Fuente:*** *Moher, et al. (2009). Page, et al (2021).*

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

## RESULTADOS

La Investigación con seres humanos busca generar resultados que beneficien a la vida, calidad de vida y salud humana. En el presente siglo se ha centrado mayoritariamente en la investigación genómica, mediante la utilización y secuenciación del material genético humano, ya sea a través de la obtención de muestras sanguíneas, tejidos, secreciones y/o análisis del iris ocular (12,13).

La examinación de esta información tiene un sin número de aplicaciones biomédicas que han beneficiado en la prevención de enfermedades de carácter genéticas desde el periodo gestacional hasta la adultez, así como, en el desarrollo de la farmacogenética, e investigación de la salud pública y genética poblacional. Con el desarrollo acelerado de la tecnología médica el análisis de la secuenciación del genoma humana, incluyendo del ADN, ARN y exoma permite obtener datos moleculares para dar con un análisis y diagnóstico más exacto, principalmente para la predicción de posibles tumores y células cancerígenas a mediano y largo plazo, mediante análisis bioinformático comparando la secuenciación obtenida con la secuencia de un genoma humano de referencia para poder identificar cualquier variante o mutación en la secuencia de estudio (14,15).

Desde la medicina genómica y de precisión se busca alcanzar la meta del derecho N°25 de la Declaración Universal de Derechos Humanos respecto a dar acceso a la atención de salud integral que vele por alcance máximo de bienestar en la persona.(2) En este caso, centrándose en las necesidades individuales de cada persona, para ello, la investigación genética ha dado avances significativos para mejorar la calidad de atención dentro de esta área de la medicina (12).

Aunque ha mejorado la calidad de atención dentro de estas prácticas médicas, la obtención de datos genéticos y personales de los pacientes representa un potencial riesgo en cuanto a la protección de la confidencialidad e intimidad de las personas, así como, a su reputación y dignidad (16,17). Es entonces que, la obtención de los datos genéticos de una persona ha generado la necesidad de regular desde el punto de vista jurídico y bioético, tanto a las investigaciones como a la medicina genómica y de precisión, respecto a la obtención, almacenamiento y definiciones explicitas del uso de la información genética de cada individuo; que además garanticen la protección de los derechos humanos y derechos de pacientes, así como, la salud física – mental (16,18).

En este sentido, desde la bioética a través de la Declaración de Helsinki y la Declaración de Derechos Humanos y Bioética se exige dentro del área de investigación, y mediante la Declaración de Lisboa en la atención clínica se esclarezca a las personas los procedimientos a realizar: *¿cómo?, ¿cuándo?, ¿quién/es van a realizar los procedimientos?, ¿dónde?, ¿con qué instrumentos?,* y toda aquella información competente que requiera la persona ante la toma de decisiones mediante la declaración del consentimiento informado (19–21). El consentimiento informado es un derecho que tienen los individuos a recibir la información competente a los procedimientos, así como, las garantías de protección de su condición de salud y médica, diagnósticos y tratamientos que le apliquen, y a sus datos personales; por lo

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

que no podrá ser develado a terceras personas sin previo consentimiento del individuo o si bajo régimen legal deba ser vulnerada dicha confidencialidad en protección de la vida y salud de terceros (21).

Al respecto del uso, manejo, almacenamiento, alcance y acceso de la información genética debe ser aún más específica. La Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos refiere al respecto en el art. 5 que tanto los datos genéticos como proteómicos humanos solo podrán ser utilizados dentro del área de diagnóstico, asistencia sanitaria, investigación médica y científica, medicina forense y procedimientos civiles o penales, cuya finalidad sea proteger la salud, vida y calidad de vida de los pacientes, generar beneficios potenciales a largo plazo con nuevas herramientas biomédicas; y en el art. 6 promoviendo a que los Estados generen políticas de protección de datos en todas las fases de obtención y usa de datos genéticos y proteómicos humanos; así como, la creación de comités de ética de investigación y asistencial para la elaboración, control y vigilancia de cumplimiento de normativas y directrices jurídico – éticos sobre dicha información (16).

Es esencial que los Estados se comprometan en la protección de derechos de sus ciudadanos, y actualmente, los derechos ya no solo se limitan a *dar acceso a salud,* sino a la protección de los datos en salud que las personas entregan en cada una de las atenciones, y ello incluye a los datos genéticos y de identidad. Hoy en día, la recolección de estos datos pueden realizarse desde el anonimato, como sucede con los donantes de esperma y óvulos, y sin embargo, se han suscitado situaciones en las cuales las organizaciones responsables de salvaguardar el anonimato de los donantes se les ha exigido que develen a terceros la información de los donantes sin consentimiento, bajo el motivo de dar a conocer la filiación biológica del infante (18,22).

En España, por ejemplo, se garantiza dentro de la Ley 14/2006 la protección del anonimato, dignidad e intimidad de los donantes, impidiendo que los padres o el infante soliciten información al respecto (23). Sin embargo, varios movimientos sociales han buscado dentro de la Unión Europea la derogación de las legislaciones protectoras del anonimato de los donantes de gametos para que los infantes producto de técnicas de reproducción asistida (TRA) puedan conocer su origen biológico, a través de la Recomendación 2156/2019. Este documento prohíbe el uso de gametos de forma anónima debiendo entregarse a la persona producto de TRA una vez cumplida la mayoría de edad legal la información del donante, así como, dándole también la posibilidad de aplicar su derecho a no acceder a dicha información sobre su filiación biológica (24).

Entre otras razones señaladas para el establecimiento de la Recomendación 2156/2019, se encuentra el acceso a los datos genéticos y de filiación del donante en *protección a la salud del producto*, puesto que, representa potenciales beneficios en el caso de que este desarrolle una enfermedad en la cual requiera trasplante de órganos o tejidos, que en cuya caso, al provenir de un familiar directo podría ayudarlo a recuperar su salud y calidad de vida a largo plazo; principalmente, en los casos de patologías específicas según la etnia, género y edad (5,24).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

Este tipo de acontecimientos generan cuestionamientos éticos dentro de la era post genómica, ya que en la medicina de precisión y la investigación genómica los datos genéticos y personales (de estilo de vida, filiación, biométrica, ambientales, geográficos, económicos, sociales) que se requieren por parte del paciente/participante pueden entregarse a terceros que afectarían el respeto de la confidencialidad y el respeto de la intimidad personal y familiar; llevando a que actualmente las personas se nieguen a entregar datos o material genético para ser registrados o analizados en la historia clínica (18,25).

Partiendo desde el reconocimiento de que toda persona tiene derecho a la privacidad, que obliga a la protección de la vida íntima de la persona, incluyendo hoy en día a la información del genoma humano, ya que la vulneración de dicha información representa un alto riesgo sobre los derechos humanos y del paciente a la *no discriminación bajo ninguna circunstancia* y *a la libertad* establecidos.(2,20,21) En el Informe Explicativo del Convenio de Oviedo elaborado por el Consejo de Europa, en el Art. 11 se reitera el respeto a la confidencialidad de la genética de una persona y prohibiendo todo acto de discriminación que pudiese suscitarse durante el proceso de obtención, análisis, almacenamiento y uso del genoma individual y de su herencia genética, que incluso podría afectar al resto de su progenie. Además, en el Art. 84 y Art. 86 prohíbe la exposición de los datos genéticos o la aplicación de pruebas genéticas predictivas para fines privados ajenos a la atención clínica requerida por el paciente, para ser entregados a terceros, como aseguradoras de salud o instituciones donde labore el paciente. En el Art. 13 sección B también hace referencia a la prohibición de la modificación del genoma de la descendencia por razones transhumanistas, ajenas a la prevención de enfermedades congénitas, de diagnóstico o terapéutico; donde se busque obtener embriones de determinado sexo o características físicas (26).

Estas garantías de protección de datos genéticos en Europa es un precedente a considerar por el resto de los países en el mundo para la elaboración y ejecución de legislaciones que garanticen la protección de derechos genómicos del paciente o participante en investigación. En Estados Unidos la Comisión para la Igualdad de Oportunidades en el Empleo (EEOC) se asegura del cumplimiento del Título II de la Ley de No Discriminación por Información Genética (GINA) 2008, principalmente sobre la información obtenida de pruebas genéticas aplicadas tanto al paciente como a sus familiares o de los antecedentes patológicos familiares, que pudiesen ser utilizados para limitar el acceso a empleo u oportunidades laborales de ascenso – capacitación – beneficios, o en la toma de decisiones laborales, así como, la ilegalidad del acoso por cualquier medio o despedido intempestivo debido a los datos genómicos en el entorno laboral (27).

Esta legislación también pone en consideración la protección de la confidencialidad de la información genética para reducir el riesgo de actos de discriminación o acoso al respecto, estableciendo como ilegal que la entidad a cargo de la obtención y análisis del genoma de una persona fracturen la cadena de resguardo físico – electrónico – digital de la data genómica y la historia clínica de cada paciente, por lo que sugiere que se almacenen por separado. Todo ello, con el propósito de limitar el acceso de terceros a cualquiera de estos documentos en busca de afectar al propietario de la información en cuanto al acceso a oportunidades de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

empleo o discriminación o acoso laboral. En adición, considera que existen excepciones sobre la divulgación de datos genéticos, como en el caso de funcionarios gubernamentales dedicados a la investigación del cumplimiento de la Ley GINA o bajo solicitud judicial (27).

Aunque, las diferentes legislaciones son claras respecto a la protección de las bases de datos genéticas obtenidas de cada paciente, se genera otra preocupación respecto al almacenamiento de la muestra biológica de la cual se obtuvo dicha información génica, puesto que, no todas las instituciones están en la capacidad de mantener a largo plazo muestras biológicas y por tanto deben ser eliminadas. Sin embargo, la eliminación o comercialización de estas muestras también requiere del consentimiento informado por parte de la persona proveedora, continuando con el reconocimiento y respeto de su autonomía informada. No se puede sesgar u ocultar la información al paciente al respecto, la muestra obtenida es parte de su constitución humana, y en el ejercicio responsable del principio de No Maleficencia y Justicia, las instituciones deben garantizar que el proceso de eliminación de la muestra se cumpla acorde a las leyes vigentes en cada territorio y que no se cosifique al ser humano vendiendo ilegalmente las muestras obtenidas a terceros sin importar el propósito para el que se fuese a utilizar (5,20,28).

## DISCUSIÓN

La generación de investigaciones centradas en el genoma humano ha beneficiado en el desarrollo de alternativas terapéuticas y diagnosticas más eficientes para tratar y/o curar enfermedades que hace un siglo se consideraban imposibles. La medicina de precisión y genómica ha aprovechado de estos avances biotecnológicos para mejorar la calidad de atención sanitaria, haciéndola realmente individualizada en respuesta a los derechos de cada ser humano sobre el respeto y acceso a la salud (2–4,21). Porto, P. (2023) menciona que el uso de la información genética a través de la medicina de precisión ha transformado la atención del paciente, enfocándose en la prevención de la enfermedad y promoción de la salud aplicando acciones proactivas individualizadas acorde a las alteraciones detectadas en el mapa genético de cada persona (29).

Aunque esta rama de la medicina ha facilitado la detección temprana de múltiples enfermedades, así como, la creación de tratamientos y pruebas diagnósticas más eficaces; la obtención tanto de las muestras como de los datos genéticos, su almacenamiento y posibles usos a largo plazo generan dilemas morales y éticos, principalmente en pacientes cuya condición de salud o edad los vuelve más vulnerables y menos autónomos para decidir sobre si mismos, sus datos y atención sanitaria. Acorde a Brothers & Rothstein (2015) desde el punto de vista bioético, la obtención del material genético para su posterior análisis genera conflictos éticos respecto al almacenamiento, disposición, accesibilidad y protección de las bases de datos genómicas sobre la privacidad, confidencialidad y discriminación, que limiten el acceso a otros beneficios en atención sanitaria debido a la base de datos genética de una persona (30).

En el caso de la privacidad, se centra en el almacenamiento y disposición a terceros de los datos de salud obtenidos de cada paciente cuando este no pueda tomar las decisiones en

relación a su salud por si mismo o sobre la propiedad de dicha información (31). Joly & Knoppers (2015) consideran que la privacidad esta estrechamente relacionada con la confidencialidad, puesto que, para garantizar que los datos genéticos de una persona no sean accesibles a terceros sin autorización, el equipo médico a cargo de ellos deben garantizar al paciente que su información solamente podrá ser de acceso a otros bajo su previa autorización, y que en las debidas excepciones (por solicitud judicial o riesgo de salud a terceros) habrá sido informado previamente al respecto sobre las razones para entregar su información de forma pública, ya se en base de datos física – digital y/o electrónica (32).

Para garantizar el respeto al derecho de la privacidad y la confidencialidad de la atención e información obtenida del paciente esta garantizada dentro de la Declaración de Lisboa sobre derechos del paciente y la Declaración de Helsinki sobre los derechos de los participantes en investigaciones con seres humanos, mencionándose respectivamente la importancia de la aplicación del consentimiento informado escrito y verbal, así como, las aclaraciones que el paciente o participante requieran para asegurarle que en toda la cadena de obtención – custodia – almacenamiento – eliminación de las muestras y datos no generarán ningún prejuicio para la vida, salud y dignidad de las personas (19,21,30).

Acorde a Beauchamp & Childress (2013) el consentimiento informado es el reflejo del respeto a la autonomía del paciente, así como, una aplicación efectiva del principio de beneficencia y no maleficencia al garantizar en este caso la protección de sus datos y la reducción del riesgo de vulnerabilidad o afecciones a la moral y dignidad por actos de discriminación debido a los datos genéticos de su salud, y un acto de justicia al garantizar que la toma de decisiones es propia de la persona. Aunque, la aplicación del consentimiento informado sea efectiva, no significa que el paciente no pueda ser sujeto a un acto de discriminación, puesto que las instituciones laborales o los seguros de salud podrían obligar a la ejecución de pruebas genéticas en pacientes, afectando la autonomía de la persona sobre sus decisiones, datos personales y controles sanitarios posteriores (33).

Para reducir estos riesgos, es necesario la implementación y vigilancia de ejecución de políticas públicas de resguardo de la privacidad y confidencialidad de la información sanitaria y genética de los pacientes, así como, que las solicitudes de test genéticos estén debidamente justificados por riesgos de salud asociados al tipo de trabajo a cargo del paciente, y más no para ocasionar un daño a la moral a través de un despido intempestivo justificado en la condición de salud de la persona (27). Además, se requiere una regulación del acceso a la información por parte de seguros y empresas de salud a nivel local, regional e internacional que discrimine a los pacientes por sus riesgos de salud asociados a la base genómica de cada persona (16,27,28,34).

## CONCLUSIONES

La obtención de datos genéticos representa un gran avance en la atención sanitaria centrada en las necesidades del paciente, principalmente para la detección o prevención de enfermedades y asignación de un tratamiento individualizado. Sin embargo, desde el proceso de la obtención y almacenamiento de la muestra hasta la decodificación del genoma y su

descripción, se requiere garantizar una adecuada cadena de custodia, almacenamiento y usos posteriores en respeto a los derechos de los pacientes sobre su privacidad y ejecución efectiva de la confidencialidad entre el equipo médico y el paciente; asegurándole que terceras personas no accedan a dicha información con el propósito de perjudicar la salud, dignidad y moral del paciente.

En este sentido, se requiere de la participación de las instituciones de salud, sistema de salud y Estado para la creación, regulación y vigilancia de políticas públicas y leyes que garanticen la protección de los datos genéticos de los pacientes, que liberen a las personas de riesgos de discriminación o divulgación de sus datos a terceros que pudiesen afectar socio económicamente y a la dignidad de las personas y sus familiares directos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas. Oficina de las Naciones Unidas en Ginebra. 2023 [citado 17 de octubre de 2024]. Salud. Disponible en: https://www.ungeneva.org/es/about/topics/health
2. United Nations. United Nations. United Nations; 1948 [citado 27 de enero de 2023]. La Declaración Universal de Derechos Humanos | Naciones Unidas. Disponible en: https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights
3. Instituto Nacional del Cáncer. Diccionario de cáncer del NCI - Instituto Nacional del Cáncer. 2011 [citado 7 de octubre de 2024]. Definición de medicina de precisión. Disponible en: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/medicina-de-precision
4. Hurtado C. Medicina de precisión: conceptos, aplicaciones y proyecciones. Rev Médica Clínica Las Condes. 1 de enero de 2022;33(1):7-16.
5. Conferencia General de las Naciones Unidas. International Declaration on Human Genetic Data [Internet]. 2003 [citado 7 de octubre de 2024]. Disponible en: https://www.aaas.org/sites/default/files/SRHRL/PDF/IHRDArticle15/International%20Declaration%20on%20Human%20Genetic%20Data_Sp.pdf
6. Consumer Advice [Internet]. 2023 [citado 8 de octubre de 2024]. Mantener la privacidad de la información delicada sobre el ADN de las personas. Disponible en: https://consumidor.ftc.gov/alertas-para-consumidores/2023/06/mantener-la-privacidad-de-la-informacion-delicada-sobre-el-adn-de-las-personas
7. Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress. Genetic Information Nondiscrimination Act of 2008 [Internet]. 2008 [citado 8 de octubre de 2024]. Disponible en: https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ233/pdf/PLAW-110publ233.pdf
8. Red CASPe [Internet]. 2022 [citado 7 de febrero de 2023]. Programa de lectura crítica CASPe. Disponible en: https://redcaspe.org/plantilla_ensayo_clinico_v1_0.pdf
9. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med. 2009;6(7):e1000097.

10. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 29 de marzo de 2021;372:n71.
11. Moher D. Reporting guidelines: doing better for readers. BMC Med. 14 de diciembre de 2018;16(1):233.
12. National Human Genome Research Institute. NIH National Human Genome Research Institute. 2024 [citado 17 de octubre de 2024]. The Human Genome Project. Disponible en: https://www.genome.gov/human-genome-project
13. Green ED, Watson JD, Collins FS. Human Genome Project: Twenty-five years of big biology. Nature. octubre de 2015;526(7571):29-31.
14. Wang Y, Zheng D. The importance of precision medicine in modern molecular oncology. Clin Genet. 2021;100(3):248-57.
15. Qin D. Next-generation sequencing and its clinical application. Cancer Biol Med. 1 de febrero de 2019;16(1):4-10.
16. Juárez Martín AI. Implicaciones bioéticas del manejo de datos genéticos en contextos latinoamericanos. Antropológica. 5 de julio de 2023;LXI(131-134):135-48.
17. Pérez AE, Cobas ME. Datos genéticos y datos de salud. Una aproximación a su estudio. Rev Boliv de Derecho. 30 de julio de 2020;30:428-53.
18. Agudelo Motta ML, Osorio Ortega DF, Rubio Roa AC, Beltrán OI. Privacidad y confidencialidad de los datos genéticos y genómicos de uso diagnóstico en Colombia. Legislación comparada con Australia. Revista Latinoamericana de Bioética [Internet]. junio de 2022 [citado 15 de octubre de 2024];22(1). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-47022022000100029&script=sci_arttext
19. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [Internet]. 2017 [citado 5 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/
20. UNESCO. Declaración Universal de Bioética y Derechos Humanos. UNESCO; 2005.
21. Asamblea Mèdica Mundial. Declaración de Lisboa de la Asociación Médica Mundial sobre los Derechos del Paciente [Internet]. WMA - The World Medical Association; 2015 [citado 17 de octubre de 2024]. Disponible en: https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-lisboa-de-la-amm-sobre-los-derechos-del-paciente/
22. Riaño-Galán I, Martínez González C, Gallego Riestra S. Cuestiones éticas y legales del anonimato y la confidencialidad en la donación de gametos. An Pediatría. 1 de mayo de 2021;94(5):337.e1-337.e6.
23. Jefatura del Estado. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [citado 17 de octubre de 2023]. BOE-A-2006-9292 Ley 14/2006, de 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/l/2006/05/26/14/con
24. Parliamentary Assembly. Anonymous donation of sperm and oocytes: balancing the rights of parents, donors and children. 2019. Report No.: 2156.
25. Jiménez GJ. Intimidad de la información genética predictiva en oncología: Un enfoque desde el bioderecho. Rev Iberoam Bioét. 30 de junio de 2023;(22):1-18.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 355-366
DOI:
https://doi.org/10.56519/6n5p7543

26. González JJ. El Convenio de Oviedo y su adecuación a las nuevas técnicas de intervención del genoma humano. Bioderecho.es. 2019;(10):18 págs.-18 págs.
27. Comisión para la Igualdad de Oportunidades en el Empleo. US EEOC. [citado 23 de octubre de 2024]. Discriminación por Información Genética. Disponible en: https://www.eeoc.gov/es/discriminacion-por-informacion-genetica
28. Martínez Lorente A, Rosello Sastre E, Jesús Fernández Aceñero M, Zaragoza Macián L, Azúa Romeo J, Alfaro-Cervelló C, et al. Recomendaciones de la SEAP-IAP para la recolección, el almacenamiento y el uso de materiales biológicos de origen humano y los datos relacionados, destinados a la investigación. Consideración genérica de biobanco y revisión ético-legal (Parte II). Rev Esp Patol. 1 de octubre de 2024;57(4):250-7.
29. Almeida PP. Bioética y medicina personalizada en el envejecimiento: explorar las complejidades. Rev Bioét. 27 de octubre de 2023;31:e3588PT.
30. Brothers KB, Rothstein MA. Ethical, legal and social implications of incorporating personalized medicine into healthcare. Pers Med. 2015;12(1):43.
31. Beauchamp TL, Childress JF. Principles of Biomedical Ethics. New York, USA: Oxford University Press; 2013.
32. Joly Y, Knoppers BM. MA: Privacy and Confidentiality. En: Routledge Handbook of Medical Law and Ethics. New York, USA: Routledge; 2015. p. 52-66.
33. Rothstein MA, Anderlik MR. What is genetic discrimination, and when and how can it be prevented? Genet Med Off J Am Coll Med Genet. 2001;3(5):354-8.
34. Guerrero Moreno ÁA. La regulación de los datos genéticos y las bases de datos de ADN. Criterio Jurídico. 6 de octubre de 2008;8(2):223-44.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

# FEMICIDIO VINCULADO AL CRIMEN ORGANIZADO: INSUFICIENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN CRIMINALISTICA EN ECUADOR

# FEMICIDE LINKED TO ORGANIZED CRIME: SHORTCOMINGS IN FORENSIC INVESTIGATION IN ECUADOR

Martha Paola Guaraca Pajuña[1], Gabriela Yosua Medina Garces[2]

{martha.guaraca@unach.edu.ec[1], yosua.medina@unach.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 12/09/2026 / Fecha de aceptación: 19/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El femicidio es una de las formas más graves de violencia de género y, en Ecuador, su investigación se ha vuelto más compleja por el avance del crimen organizado, que introduce amenazas, control territorial y múltiples responsables. El objetivo fue analizar las insuficiencias de la investigación criminalística en los casos de femicidio vinculados al crimen organizado, considerando la violencia de género, el manejo de evidencias y las limitaciones de los procedimientos periciales. Se realizó una revisión documental de tipo narrativo, con enfoque cualitativo, alcance descriptivo y análisis retrospectivo de literatura científica, informes institucionales y normativa en SciELO, Redalyc, ScienceDirect y repositorios académicos, con descriptores en español e inglés; al tratarse de una revisión narrativa, no se aplicó el diagrama PRISMA y la información se organizó en categorías temáticas. Los resultados evidencian que, con datos de la Fundación ALDEA, Valdivieso-Cobo et al. reportaron 321 casos en 2023, de los cuales 172 (53,6 %) correspondieron a sistemas criminales; que ONU Mujeres analizó 15 sentencias de 134 de acceso público (10 asesinatos, 3 femicidios, un homicidio y un sicariato); y que, en 1.301 casos de delitos contra la vida de mujeres (2014-2021), el 54 % carecía de información sobre los hijos de las víctimas. Se identificaron dificultades criminalísticas, periciales, de clasificación del delito (femicidios no íntimos) e institucionales. No obstante, las fuentes no permiten cuantificar las fallas de los procedimientos en el país ni atribuirlas exclusivamente al crimen organizado. Se concluye que es necesario fortalecer la capacitación, los protocolos, la cadena de custodia y la coordinación interinstitucional, con perspectiva de género y debida diligencia.**

[1]Universidad Nacional de Chimborazo,Maestria en Criminalistica y Ciencias Forenses, Riobam,ba-Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-3499-4327,

[2]Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba. Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-0828-0979

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

***Palabras clave: femicidio, crimen organizado, investigación criminalística, cadena de custodia, perspectiva de género, Ecuador***

**ABSTRACT: Femicide is one of the most serious forms of gender-based violence and, in Ecuador, its investigation has become more complex due to the expansion of organized crime, which introduces threats, territorial control, and multiple perpetrators. The objective was to analyze the shortcomings of forensic investigation in cases of femicide linked to organized crime, considering gender-based violence, evidence handling, and the limitations of expert procedures. A narrative documentary review was conducted, with a qualitative approach, descriptive scope, and retrospective analysis of scientific literature, institutional reports, and regulations in SciELO, Redalyc, ScienceDirect, and academic repositories, using descriptors in Spanish and English; as it is a narrative review, the PRISMA diagram was not applied, and the information was organized into thematic categories. The results show that, using data from the ALDEA Foundation, Valdivieso-Cobo et al. reported 321 cases in 2023, of which 172 (53.6%) corresponded to criminal systems; that UN Women analyzed 15 of 134 publicly available court rulings (10 murders, 3 femicides, one homicide, and one contract killing); and that, in 1,301 cases of crimes against women's lives (2014-2021), 54% lacked information on the victims' children. Difficulties were identified in forensic work, expert analysis, crime classification (non-intimate femicides), and institutional response. Nevertheless, the sources do not allow nationwide quantification of procedural failures or attribute them exclusively to organized crime. It is concluded that training, protocols, chain of custody, and inter-institutional coordination need to be strengthened, with a gender perspective and due diligence.**

***Keywords: femicide, organized crime, forensic investigation, chain of custody, gender perspective, Ecuador***

## INTRODUCCIÓN

La violencia extrema contra las mujeres constituye una problemática social y de salud pública relacionada con las desigualdades de género y las relaciones de poder. En Ecuador, este fenómeno ha adquirido características particulares debido al incremento de la violencia vinculada al crimen organizado, contexto en el que las mujeres pueden convertirse en víctimas de amenazas, represalias, explotación y enfrentamientos entre grupos delictivos. En este sentido, las muertes violentas de mujeres no se producen exclusivamente en el contexto de relaciones afectivas o familiares, sino que también pueden estar relacionadas con dinámicas de criminalidad organizada, disputas territoriales y mecanismos de control ejercidos por estructuras delictivas sobre determinadas comunidades (1),(2).

Según el artículo 141 del código Orgánico Integral Penal (COIP), el femicidio se configura cuando una persona provoca la muerte de una mujer como consecuencia de relaciones de poder expresadas a través cualquier forma de violencia, por el hecho de ser mujer o por su condición de

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

género. Sin embargo, cuando estos hechos se vinculan con el crimen organizado, su investigación puede presentar mayores dificultades debido a la participación de varios responsables, la utilización de armas de fuego, la planificación de los ataques y los posibles intentos de ocultar información sobre lo sucedido. Estas circunstancias requieren que las investigaciones consideren no solamente las condiciones en las que se produjo la muerte, asi como las condiciones del entorno y las dinámicas delictivas que pudieron influir en la ocurrencia de los hechos (1,3).

En ecuador, la magnitud de este problema se refleja en los registros de organizaciones de la sociedad civil. Según la fundación ALDEA, durante el año 2025 se registraron 411 muertes violentas de mujeres por razones de género, donde 256 estuvieron relacionadas con sistemas criminales. Estas cifras permiten observar la importancia que ha adquirido esta forma de violencia y la necesidad de fortalecer los mecanismos de investigación para identificar las circunstancias de cada caso. Siendo importante hay que considerar que estos datos corresponden al monitoreo de la sociedad civil y no deben confundirse con los registros oficiales del femicidio en Ecuador.

En este contexto, es necesario diferenciar tres conceptos relacionados con la problemática estudiada. En primer lugar, el femicidio corresponde a una figura penal establecida en el artículo 141 del Código Orgánico Integral Penal (COIP), cuya determinación depende del cumplimiento de los elementos jurídicos contemplados en dicha normativa. En segundo lugar, las muertes violentas de mujeres constituyen una categoría descriptiva que comprende los fallecimientos ocasionados por actos de violencia, independientemente de que sean calificados jurídicamente como femicidio. La expresión femicidio en sistemas criminales, utilizada por la Fundación ALDEA, corresponde a una categoría de monitoreo que permite identificar y analizar hechos ocurridos en contextos relacionados con estructuras delictivas y dinámicas de criminalidad organizada.

Esta diferenciación permite abordar las estadísticas disponibles sin confundir los registros de la sociedad civil con la tipificación penal establecida en Ecuador. La investigación criminalística desempeña un papel fundamental para esclarecer los hechos y aportar elementos objetivos que permitan identificar al responsable. Durante la inspección de la escena del crimen puede encontrarse diferentes indicios, como manchas de sangre armas de fuego, proyectiles, huellas dactilares, prendas de vestir, cabellos, dispositivos electrónicos y otros elementos que pueden contribuir a la reconstrucción de los acontecimientos.

Las técnicas de laboratorio forense adquieren especial importancia, debido a que permiten examinar los indicios recolectado mediante procedimientos de identificación biológica, análisis de ADN, estudios balísticos, pruebas toxicológicas y análisis de huellas. Asimismo, la revisión de teléfonos celulares, mensajes, registros de comunicación y otros elementos digitales que puedan aportar información sobre posibles amenazas, contactos involucrados y la planificación de los acontecimientos. La integración de estos resultados facilita la comprensión de los hechos y permite orientar a investigaciones hacia la identificación de quienes ejecutaron el delito y de las personas que pudieron participar en su organización o planificación (3).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

La efectividad de estos procedimientos depende de una adecuada intervención en la escena del crimen, de la disponibilidad de recursos técnicos y humanos, y de la coordinación entre las instituciones encargadas de la investigación ,Entre las dificultades que pueden afectar el desarrollo de las investigaciones se encuentra la pérdida o contaminación de indicios, la recolección incompleta de evidencias , las limitaciones en los análisis periciales y la falta de integración de la información obtenida .A esto se le suman las dificultades para acceder a determinados territorios afectados por la presencia de grupos criminales, así como los problemas de registro y clasificación de las muertes violentas de mujeres (3).

Por otra parte, la cadena de custodia es un procedimiento esencial para asegurar la autenticidad e integridad de los indicios, desde su ubicación y recogida hasta su presentación en el proceso judicial. En Ecuador, la fiscalía general del Estado dicta directrices para el manejo, embalaje, transporte, almacenamiento y análisis de las evidencias, con el fin de impedir su perdida, contaminación o alteración. El acatamiento de estos procedimientos permite sustentar los resultados de los análisis periciales y asegurar que los elementos obtenidos durante la investigación puedan emplearse de manera adecuada como medios de prueba (3,4).

En este contexto, Monteiro y da Fonte Carvalho (4) examinaron la obligación de investigar del Estado ecuatoriano en los casos de femicidio entre 2014 y 2021, subrayando la relevancia de la debida diligencia para asegurar el derecho de las víctimas a la verdad, la justicia y la reparación. A su vez, el Protocolo Nacional para investigar Femicidios y otras Muertes Violentas de mujeres y niñas determina procedimientos que guía la actuación de fiscales, investigadores de las pericias correspondientes. Si bien estos instrumentos representan avances significativos, es preciso analizar si su aplicación atiende de manera adecuada las particularidades de los femicidios vinculados al crimen organizado.

Asimismo, resulta fundamental entender que la investigación de estos delitos no puede reducirse a la identificación del cuerpo de la víctima ni a la de quien cometió directamente el asesinato. Igualmente, debe tomar en cuenta los posibles motivos, los historiales de violencia, las amenazas preexistentes, los vínculos entre los implicados y los indicios que permitan detectar una eventual participación de organizaciones criminales. Con este fin, es preciso integrar las contribuciones de la criminalística, la medicina legal, la genética forense, la balística, la informática forense y demás disciplinas que ayudan a esclarecer lo ocurrido. Dicha integración hace posible llevar a cabo investigaciones más completas y evitar que ciertos elementos relevantes queden excluidos del análisis (5)(6)(4).

En conjunto, el femicidio relacionado con el crimen organizado constituye un reto para el sistema de investigación criminalística de Ecuador, dada la complejidad de los hechos y las dificultades que pueden surgir en la identificación, recolección, conservación e interpretación de las evidencias. Por ello, es preciso analizar las limitaciones técnicas, metodológicas e institucionales que pueden incluir en el esclarecimiento de los delitos, tomando en cuenta tanto los

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

procedimientos establecidos como las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo las investigaciones.

El presente articulo tiene como objetivo analizar las insuficiencias de la investigación criminalística en los casos de femicidio vinculadas al crimen organizado en Ecuador, considerando la violencia de género, el manejo de evidencias físicas, biológicas y digitales, y las limitaciones de los procedimientos periciales. Se plantea como hipótesis que las deficiencias técnicas, metodológicas y de coordinación institucional dificultan la reconstrucción de los hechos, la identificación de los responsables y el esclarecimiento de estos delitos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y correspondió a una investigación documental de tipo narrativo, con alcance descriptivo y análisis retrospectivo de fuentes publicadas. Su propósito fue examinar las insuficiencias descritas en la literatura científica, académica e institucional sobre la investigación criminalística del femicidio vinculado al crimen organizado en Ecuador. El análisis consideró las etapas de identificación, fijación, recolección, preservación y procesamiento pericial de indicios en escenarios de muertes violentas de mujeres. Asimismo, abordó los procedimientos técnico-científicos forenses, la aplicación de la perspectiva de género, la identificación de los responsables y la reconstrucción de los hechos en contextos relacionados con estructuras delictivas organizadas.

La búsqueda bibliográfica comprendió publicaciones científicas, trabajos académicos, informes institucionales y documentos normativos disponibles en bases de datos, repositorios universitarios y plataformas especializadas. Se consultaron SciELO, Redalyc y ScienceDirect, así como los repositorios de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), la Universidad de Cuenca, la Universidad Andina Simón Bolívar y FLACSO Andes. También se consideraron documentos de ONU Mujeres y de la Defensoría del Pueblo, además de publicaciones especializadas sobre investigación de femicidios, violencia criminal y efectos del crimen organizado en mujeres, niñas y adolescentes.

Para orientar la búsqueda se utilizaron descriptores en español e inglés: femicidio, crimen organizado, investigación criminalística, investigación forense, muertes violentas de mujeres, escena del crimen, indicios biológicos, cadena de custodia, evidencia forense, perspectiva de género, femicide, organized crime, criminal investigation, forensic investigation, crime scene investigation, forensic evidence y gender-based violence. Los términos se combinaron mediante los operadores booleanos AND, OR y NOT, según la relación entre los conceptos y la pertinencia temática de los resultados.

Se priorizaron publicaciones correspondientes al periodo 2021-2026. De manera excepcional, se incorporaron trabajos anteriores cuando aportaban fundamentos conceptuales o metodológicos relevantes para comprender la investigación del femicidio y sus procedimientos, como el estudio

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
ISSN: 3091-2008
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

de Proaño Reyes (2019). También se consideraron normativas y protocolos anteriores que continuaban vigentes al momento de realizar el estudio. Se incluyeron artículos científicos, tesis, informes y documentos institucionales que abordaran el femicidio, su posible relación con el crimen organizado, las limitaciones institucionales, el procesamiento de escenas, la identificación de indicios, los procedimientos periciales, la aplicación de protocolos con enfoque de género y las circunstancias de las muertes violentas de mujeres.

Se excluyeron las publicaciones duplicadas, los documentos sin respaldo académico o institucional y aquellos cuyo contenido no guardaba relación directa con el objetivo del estudio. También se descartaron los trabajos que abordaban exclusivamente homicidios generales o delincuencia organizada sin desarrollar aspectos relacionados con la violencia contra las mujeres, el femicidio o los procedimientos de investigación criminalística.

La selección documental se realizó mediante etapas sucesivas. Primero, se identificaron las publicaciones en las bases de datos y repositorios señalados; después, se eliminaron los registros duplicados. A continuación, se examinaron los títulos y resúmenes para determinar su pertinencia y, posteriormente, se valoró el contenido de los textos completos que cumplían los criterios de inclusión. Finalmente, se seleccionaron los documentos que aportaban información útil para las categorías de análisis. La exclusión se fundamentó principalmente en duplicidad, falta de relación temática o insuficiencia de información académica e institucional. Debido a que el trabajo se planteó como una revisión narrativa documental y no como una revisión sistemática, no se aplicó el diagrama de flujo PRISMA. Además, no se contó con un registro numérico consolidado de documentos identificados, duplicados, excluidos e incluidos; por tanto, no se presentan cantidades de selección que no puedan verificarse.

La información obtenida se organizó en categorías temáticas: características del femicidio en contextos de criminalidad organizada; procesamiento de la escena del crimen; identificación y conservación de indicios físicos y biológicos; técnicas periciales; cadena de custodia; aplicación de la perspectiva de género; y limitaciones técnicas, operativas e institucionales. Se efectuó un análisis comparativo del contenido de las fuentes para reconocer coincidencias, diferencias, aportes y limitaciones. También se consideró la importancia de relacionar los resultados periciales con los antecedentes del caso, las circunstancias de la muerte, la información testimonial y los posibles vínculos entre los involucrados. Finalmente, los hallazgos se integraron en una síntesis descriptiva orientada a caracterizar las dificultades que pueden obstaculizar el esclarecimiento de femicidios relacionados con la criminalidad organizada en Ecuador. Se respetó la autoría de los documentos consultados mediante la atribución correspondiente de las fuentes.

## RESULTADOS

La revisión documental permitió identificar que el crimen organizado constituye un escenario relevante en el estudio de las muertes violentas de mujeres en Ecuador. Valdivieso-Cobo et al.

(2024) analizaron las causas de los femicidios en Ecuador y reportaron 321 casos durante el año 2023, de los cuales 172 fueron clasificados por la Fundación ALDEA como femicidios en sistemas criminales. Estos datos permiten reconocer la presencia de muertes violentas de mujeres en contextos relacionados con estructuras delictivas, aunque es importante diferenciar los registros de las organizaciones de la sociedad civil de las cifras oficiales de femicidio (7).

Por su parte, Gavilánez Díaz (2025) examinó el comportamiento territorial de los homicidios de mujeres y su relación con variables vinculadas a la criminalidad organizada durante el periodo 2014-2023 (8). De manera complementaria, Díaz-Sánchez et al. (2025) analizaron 1.325 registros de femicidios y muertes violentas de mujeres y niñas en Ecuador, correspondientes al periodo 2014-2022, considerando características de las víctimas, los agresores y la ubicación de los casos (9).

**Características de las muertes violentas de mujeres en contextos criminales**

Cevallos Calero (2022) destacó la utilidad del análisis geográfico, las características del agresor y la victimología como elementos complementarios para diferenciar el femicidio del asesinato. Estos aspectos permiten considerar no solamente las circunstancias en las que se encuentra el cuerpo, sino también el entorno y los antecedentes relacionados con la víctima (10).

Asimismo, Díaz-Sánchez et al. (2025) examinaron características de las víctimas, los agresores y la ubicación de los hechos, lo que aporta elementos para comprender las diferentes circunstancias en las que ocurren las muertes violentas de mujeres. Sin embargo, la presencia de actividades criminales o la ubicación de un hecho no permiten establecer por sí solas que una muerte corresponda a un femicidio (9).

**Insuficiencias en el procesamiento de la escena del crimen**

Proaño Reyes (2019) analizó la investigación del femicidio desde una perspectiva de género y destacó los riesgos de manipulación de la escena, contaminación de indicios y modificaciones realizadas antes de la intervención de los especialistas. También señaló que el lugar donde se encuentra el cuerpo no siempre corresponde al sitio donde ocurrió la muerte, por lo que resulta necesario examinar otros espacios relacionados con el hecho (11).

La autora destacó la utilidad de reconstruir los acontecimientos mediante líneas de tiempo, diagramas de vínculos y el análisis de las relaciones entre la víctima y el posible agresor. De manera complementaria, Rodríguez Ferrín e Hidalgo Angulo (2026) identificaron dificultades en la recolección y valoración de elementos probatorios, además de necesidades de capacitación y coordinación institucional. Estos aportes resaltan la importancia de realizar una intervención técnica que permita conservar los indicios y reconstruir adecuadamente las circunstancias del delito (12).

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

**Limitaciones en la aplicación de la perspectiva de género**

Guillén Pachacama (2025) examinó la aplicación de la perspectiva de género en las investigaciones periciales de femicidio mediante entrevistas a víctimas indirectas. La autora destacó que los testimonios de familiares y personas cercanas pueden aportar información sobre antecedentes de violencia, relaciones de poder y circunstancias previas a la muerte (13).

Por otra parte, Díaz-Sánchez et al. (2025) señalaron limitaciones relacionadas con la información disponible para identificar las motivaciones de género en los registros analizados. Este aspecto evidencia la importancia de complementar los datos de la investigación con antecedentes de violencia, testimonios y demás elementos que permitan comprender las circunstancias de cada caso (9).

**Insuficiencias en la respuesta institucional y judicial**

Monteiro y da Fonte Carvalho (2024) analizaron el deber de investigación y la respuesta estatal frente a las muertes violentas de mujeres en Ecuador durante el periodo 2014-2021. Su estudio examinó 1.301 casos de delitos contra la vida de mujeres. Entre los hallazgos, reportaron que el 54 % de los casos carecía de información sobre los hijos de las víctimas, mientras que en el 80 % no se identificaron otras víctimas secundarias (14).

Estos resultados evidencian dificultades en el registro y documentación de información relevante durante los procesos investigativos. A su vez, los hallazgos de Rodríguez Ferrín e Hidalgo Angulo (2026) sobre la capacitación y coordinación institucional permiten reconocer que las limitaciones no se presentan únicamente en el procesamiento de indicios, sino también en la articulación de las entidades responsables de investigar estos delitos (12).

**Comparación de los estudios revisados**

La revisión de las investigaciones permitió identificar diferentes aspectos relacionados con la investigación de muertes violentas de mujeres en Ecuador. Los estudios abordaron la magnitud del fenómeno, las características de los hechos, el procesamiento de las escenas, la aplicación de la perspectiva de género y las dificultades institucionales.

Para organizar los principales aportes y establecer su relación con el tema de estudio, se presenta la siguiente tabla comparativa.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

*Tabla 1. Comparación de los estudios revisados.*

| Fuente | País y año | Diseño | Muestra | Hallazgos relevantes | Relación con el crimen organizado |
|---|---|---|---|---|---|
| Valdivieso-Cobo et al. (2024) (7) | Ecuador, 2023 | Estudio documental y descriptivo | 321 casos registrados por Fundación ALDEA. | Se reportaron 321 femicidios, de los cuales 172 fueron clasificados como femicidios en sistemas criminales. | Evidencia la presencia de muertes violentas de mujeres clasificadas en contextos de sistemas criminales. |
| Gavilánez Díaz (2025) (8) | Ecuador, 2014-2023 | Investigación cuantitativa con análisis territorial | Registros estadísticos de homicidios y variables criminales; cantidad exacta no especificada. | Analizó diferencias territoriales en los homicidios de mujeres y su relación con variables vinculadas a la criminalidad. | Aporta información sobre la distribución territorial de la violencia y su posible relación con estructuras criminales. |
| Díaz-Sánchez et al. (2025) (9) | Ecuador, 2014-2022 | Estudio cuantitativo con regresión probit | 1.325 registros de femicidios y muertes violentas de mujeres y niñas. | Analizó características de las víctimas, los agresores y la ubicación de los casos, considerando limitaciones de la información disponible sobre las motivaciones de género. | Contribuye a examinar las características y clasificación de las muertes violentas de mujeres, aunque no estudia directamente su relación con organizaciones criminales. |
| Cevallos Calero (2022) (10) | Ecuador, 2022 | Investigación jurídica y criminológica | Análisis documental y georreferencial; cantidad de casos no especificada. | Destacó la utilidad del análisis geográfico, las características del agresor y la victimología para diferenciar femicidio y asesinato. | El análisis geográfico puede complementar la investigación de muertes violentas ocurridas en territorios afectados por actividades criminales. |
| Proaño Reyes (2019) (11) | Ecuador, 2019 | Investigación jurídica y criminalística | Análisis documental; muestra de casos no especificada. | Identificó riesgos de alteración y contaminación de indicios, así como la importancia de reconstruir los hechos y analizar las relaciones entre víctima y agresor. | Aporta criterios para investigar escenas de muertes violentas de mujeres en las que pueden existir intervenciones de terceros o estructuras criminales. |
| Rodríguez Ferrín e Hidalgo Angulo (2026) (12) | Ecuador, 2026 | Investigación cualitativa y documental | Análisis documental; cantidad de documentos no especificada. | Identificaron dificultades en la recolección y valoración de pruebas, además de necesidades de capacitación y coordinación institucional. | Estas limitaciones pueden afectar el esclarecimiento de muertes violentas de mujeres en escenarios relacionados con la criminalidad organizada. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Guillén Pachacama (2025) (13) | Ecuador, 2025 | Estudio cualitativo de caso | Entrevistas a víctimas indirectas; número de participantes no especificado. | Destacó el valor de los testimonios para recuperar antecedentes de violencia, relaciones de poder y circunstancias previas a la muerte. | La información testimonial puede ayudar a reconocer posibles razones de género en casos donde intervienen terceros. |
| Monteiro y da Fonte Carvalho (2024) (14) | Ecuador, 2014-2021 | Investigación documental y jurídica | Información de 1.301 casos de delitos contra la vida de mujeres. | El 54 % de los casos no registraba información sobre los hijos de las víctimas y en el 80 % no se identificaron otras víctimas secundarias. | Evidencia limitaciones institucionales en el registro y documentación de información relevante para la investigación. |

En conjunto, los resultados muestran que las insuficiencias identificadas abarcan diferentes etapas de la investigación, desde la preservación de la escena y la valoración de indicios hasta la documentación de información y la aplicación de la perspectiva de género. También se reconoce la importancia de considerar el contexto territorial y las posibles conexiones con estructuras criminales para orientar las investigaciones. Sin embargo, las fuentes revisadas presentan diferentes enfoques y alcances, por lo que no permiten cuantificar de manera general las fallas de los procedimientos criminalísticos en Ecuador ni atribuirlas exclusivamente al crimen organizado.

## DISCUSIÓN

La revisión documental permite interpretar que las insuficiencias de la investigación criminalística en los femicidios vinculados al crimen organizado en Ecuador se relacionan con la complejidad de los escenarios delictivos y la dificultad para identificar razones de género. Valdivieso-Cobo et al. (2024) analizan la magnitud del femicidio en sistemas criminales, mientras ONU Mujeres (2024) examina la violencia, las amenazas y la vulnerabilidad de las mujeres en estos contextos (7,8). Ambos reconocen la influencia de las estructuras criminales. Una muerte relacionada con organizaciones delictivas no constituye necesariamente un femicidio: debe determinarse si existieron relaciones de poder y violencia por razones de género, conforme al artículo 141 del Código Orgánico Integral Penal (1).

Sobre las muertes violentas, ONU Mujeres (2024) examina casos judicializados, mientras Gavilánez Díaz (2025) estudia las variaciones territoriales de los homicidios de mujeres y su asociación con factores de criminalidad organizada (8 ,9). Cevallos Calero (2022) señala que el análisis geográfico, las características del agresor y la victimología ayudan a diferenciar el femicidio de otros homicidios (10). La clasificación puede dificultarse cuando no se reconstruyen las circunstancias del hecho ni los antecedentes de violencia de género. Sin embargo, las asociaciones territoriales no demuestran causalidad. Es necesario contrastar el lugar de los

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

hechos, los vínculos de la víctima y las circunstancias de la muerte con los resultados periciales. El Modelo de Protocolo Latinoamericano para la Investigación de Muertes Violentas de Mujeres por Razones de Género orienta la identificación de posibles motivaciones de género.

En el procesamiento de la escena, Proaño Reyes (2019) advierte sobre los riesgos de alteración y contaminación, mientras Rodríguez Ferrín e Hidalgo Angulo (2026) destacan limitaciones en la valoración de pruebas, la capacitación y la coordinación institucional (11, 12). Una intervención deficiente y la pérdida de información sobre los indicios dificultan reconstruir los acontecimientos. El problema podría agravarse por restricciones de acceso o amenazas. El Protocolo Nacional para Investigar Femicidios y Otras Muertes Violentas de Mujeres y Niñas de Ecuador establece la importancia de identificar, fijar, recolectar y conservar indicios, garantizando la cadena de custodia (3). No obstante, las fuentes no permiten determinar el cumplimiento nacional de estos procedimientos.

La perspectiva de género también evidencia limitaciones investigativas. Guillén Pachacama (2025) destaca las entrevistas a víctimas indirectas para recuperar antecedentes de violencia y relaciones de poder, mientras ONU Mujeres (2024) identifica dificultades para reconocer femicidios no íntimos en contextos de organizaciones criminales (13, 14). Centrarse en lesiones físicas o en el autor material puede excluir información sobre las motivaciones. Ramos Lira et al. (2016), en México, señalan que los discursos sobre seguridad y criminalidad pueden dificultar el reconocimiento de la violencia contra las mujeres. Interpretar una muerte como consecuencia de conflictos criminales puede limitar el análisis de género. Además, la sentencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos en González y otras («Campo Algodonero») vs. México resalta el deber de investigar estas muertes con debida diligencia y sin estereotipos. En Ecuador, debe incorporarse desde las primeras diligencias mediante antecedentes y testimonios, sin sustituir la valoración objetiva de indicios físicos, biológicos y digitales.

En el ámbito institucional, Monteiro y da Fonte Carvalho (2024) identifican limitaciones en el registro de información sobre víctimas secundarias y en el deber de investigación; ONU Mujeres (2024) describe amenazas y restricciones de acceso a servicios en territorios afectados por organizaciones criminales (14). Las deficiencias documentales pueden dificultar identificar a las personas afectadas y recuperar antecedentes, mientras la inseguridad puede limitar testimonios y diligencias. Se requiere fortalecer la coordinación entre Fiscalía, Policía Nacional y laboratorios forenses para integrar información criminalística, pericial y testimonial. Esto se relaciona con los estándares de debida diligencia de la Corte Interamericana. Sin embargo, las fuentes no establecen cuántas investigaciones ecuatorianas de femicidio vinculadas al crimen organizado han sido afectadas.

En conjunto, las insuficiencias investigativas constituyen un problema multidimensional, con dificultades técnicas, metodológicas, institucionales y de clasificación jurídica. Los estudios coinciden en la necesidad de una investigación integral. Los problemas en el procesamiento de la

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 367-380
DOI:
https://doi.org/10.56519/32tgw472

escena, la interpretación de indicios, el reconocimiento de razones de género y la coordinación institucional pueden afectar el esclarecimiento. Respecto a la hipótesis, la evidencia documental permite considerar que estas deficiencias podrían dificultar la reconstrucción de los hechos y la identificación de responsables; sin embargo, no demuestra causalidad ni establece su frecuencia en Ecuador. La revisión señala la necesidad de fortalecer protocolos, capacitación, conservación de evidencias y articulación institucional. También evidencia la importancia de investigaciones empíricas que evalúen el cumplimiento de los procedimientos criminalísticos y determinen las dificultades presentes en los femicidios relacionados con estructuras criminales, con criterios técnicos y enfoque integral.

## CONCLUSIONES

Se pudo comprender que el femicidio relacionado con el crimen organizado representa un desafío importante para la investigación criminalística en Ecuador, debido a que estos hechos pueden desarrollarse en escenarios donde existen amenazas, intimidación, participación de varias personas y dificultades para obtener información. Esta situación demuestra que investigar la muerte violenta de una mujer requiere ir más allá del levantamiento del cadáver y del reconocimiento de las lesiones, ya que también es necesario conocer las circunstancias que rodearon el hecho, los antecedentes de violencia y las posibles relaciones con estructuras delictivas. De esta manera, se reconoce que una investigación incompleta puede dejar sin respuesta aspectos fundamentales para esclarecer lo sucedido y establecer las responsabilidades correspondientes.

El articulo permitió identificar que una de las principales necesidades de la investigación criminalística está relacionada con el manejo adecuado de los indicios y la integración de los resultados periciales. La contaminación de la escena, la pérdida de evidencias, las dificultades en la cadena de custodia y la falta de coordinación entre las instituciones pueden afectar la reconstrucción de los acontecimientos y la valoración de las pruebas. Por esta razón, es importante que los procedimientos sean desarrollados con responsabilidad, precisión y conocimientos técnicos, desde la primera intervención en el lugar de los hechos hasta el análisis realizado en los laboratorios forenses. Asimismo, se considera necesario fortalecer la capacitación de los profesionales y mejorar la articulación entre la Fiscalía, la Policía Nacional y los especialistas forenses, para que cada evidencia pueda aportar información confiable al proceso investigativo.

Finalmente, se concluye que la investigación de los femicidios vinculados al crimen organizado debe abordarse desde una perspectiva integral, en la que la criminalística y las ciencias forenses trabajen conjuntamente con el análisis del contexto social y la perspectiva de género. No todas las muertes violentas de mujeres ocurridas en escenarios de criminalidad organizada pueden clasificarse automáticamente como femicidios, por lo que es indispensable examinar cada caso de manera individual y determinar si existen elementos que evidencien razones de género. También resulta necesario prestar atención a los testimonios de familiares, los antecedentes de

violencia y las posibles amenazas que pudieron existir antes del hecho. En este sentido, el principal reto para Ecuador no consiste únicamente en mejorar las técnicas de investigación, sino en garantizar que cada muerte violenta de una mujer sea investigada con seriedad, sin prejuicios y con la debida diligencia, respetando los derechos de las víctimas y sus familias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nacional A. Código Orgánico Integral Pena. 2027.
2. Asamblea Nacional del Ecuador. CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP. 2014;1–114.
3. ALDEA F. Mapa de femicidios del Ecuador 2025. 2026;1–17.
4. Estado FG del. Quito: Fiscalía General del Estado [Internet]. 2026. Fiscalía entregó manuales para la investigación penal, medicina legal y ciencias forenses. Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/fiscalia-entrega-los-manuales-para-la-investigacion-penal-medicina-legal-y-ciencias-forenses/
5. Monteiro V da FCM. Deber de investigación y femicidio en Ecuador_ Respuesta estatal a las víctimas (2014-2021).pdf. 2024:18-32.
6. Estado FG del. Fiscalía entregó manuales para la investigación penal, medicina legal y ciencias forenses. 2026;9–11.
7. Estado FG del. Quito: Fiscalía General del Estado [Internet]. 2021. Protocolo Nacional para Investigar Femicidios y Otras Muertes Violentas de Mujeres y Niñas (2021). Available from: https://www.fiscalia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/11/Protocolo-Nacional.pdf
8. Monteiro V da FCM. Deber de investigación y femicidio en Ecuador_ Respuesta estatal a las víctimas (2014-2021).pdf. 2024:18-32.
9. Valdivieso-Cobo CA, Loor-Pesantes EV, Erazo-Yánez NA, Jiménez-Montenegro JM. Análisis de las causas de los femicidios en Ecuador [Analysis of the causes of femicides in Ecuador]. Verdad y Derecho Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2024 Dec 20;3(especial4):11–23. doi:10.62574/6HMRN921
10. De Ciencias F, Karoline E, Díaz G. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ECONOMISTA. 2014.
11. Díaz-Sánchez JP, Lanchimba C, Albuja D, Ramírez Y. Unveiling the determinants of femicide in Ecuador: a comprehensive analysis. Frontiers in Sociology. 2025;9:1452438. doi:10.3389/FSOC.2024.1452438 PubMed PMID: 39830691.
12. ONU Mujeres. Estudio Cualitativo sobre el impacto del crimen organizado en mujeres, niñas y adolescentes [Internet]. 2024 [cited 2026 Nov 14]. p. 66. Available from: https://ecuador.unwomen.org/sites/default/files/2024-12/estudio_cualitativo_sobre_el_impacto_del_crimen_organizado_en_mujeres_ninas_y_adolescentes_ecuador.pdf
13. De Ciencias F, Karoline E, Díaz G. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ECONOMISTA. 2014.

14. Perfil Georeferencial E. REPÚBLICA DEL ECUADOR PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE JURISPRUDENCIA DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE ABOGADO.
15. Proaño Reyes Glasi. Femicidio: una investigación con perspectiva de género [Internet]. 2019 [cited 2026 Nov 14]. Available from: https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/iurisdictio/es/article/download/1457/1770
16. Alexandra Rodríguez Ferrín S, Laica Eloy Alfaro de Manabí U, Coautor E, Heidi Hidalgo Angulo D. Femicidio: análisis desde la línea de investigación y elementos probatorios [Internet]. Available from: https://orcid.org/0000-0001-5318-2715
17. Guillén Pachacama S. Perspectiva de género aplicada en investigaciones periciales de femicidio a través de entrevistas a víctimas indirectas: Un estudio de caso. Andares: Revista de Derechos Humanos y de la Naturaleza. 2025 Jul 7;(8):81–92. doi:10.32719/29536782.2025.8.7
18. Monteiro V, Da Fonte Carvalho M. Deber de investigación y femicidio en Ecuador: Respuesta estatal a las víctimas (2014-2021). Andares: Revista de Derechos Humanos y de la Naturaleza. 2024 Jul 15;(6):18–32. doi:10.32719/29536782.2024.2.2
19. ONU Mujeres. Estudio Cualitativo sobre el impacto del crimen organizado en mujeres, niñas y adolescentes [Internet]. 2024 [cited 2026 Nov 14]. p. 66. Available from: https://ecuador.unwomen.org/sites/default/files/2024-12/estudio_cualitativo_sobre_el_impacto_del_crimen_organizado_en_mujeres_ninas_y_adolescentes_ecuador.pdf
20. Estudio cualitativo sobre el impacto del crimen organizado en mujeres, niñas y adolescentes. Quito; 2024 Nov.
21. Estudio cualitativo sobre el impacto del crimen organizado en mujeres, niñas y adolescentes. Quito; 2024 Nov.
22. Monteiro V, Da Fonte Carvalho M. Deber de investigación y femicidio en Ecuador: Respuesta estatal a las víctimas (2014-2021). Andares: Revista de Derechos Humanos y de la Naturaleza. 2024 Jul 15;(6):18–32. doi:10.32719/29536782.2024.2.2

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

# EVALUACIÓN FORMATIVA EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS NATURALES EN EDUCACIÓN BÁSICA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

# FORMATIVE ASSESSMENT IN THE TEACHING OF NATURAL SCIENCES IN ELEMENTARY AND SECONDARY EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW

Luis Enrique Castillo Armijos[1], Judith Jaqueline Maldonado Rivera[2]

{lecastillo25@utpl.edu.ec[1], jjmaldonado@utpl.edu.ec[2]}

Fecha de recepción: 19/08/2026 / Fecha de aceptación: 26/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El presente estudio analiza la implementación de la evaluación formativa en ciencias naturales dentro del contexto de educación básica y sus efectos en el aprendizaje. Se empleó un enfoque cualitativo utilizando el modelo PRISMA para revisar sistemáticamente la bibliografía en Dialnet, SciELO, Web of Science y Scopus entre 2015 y 2025. Se seleccionaron 11 estudios según criterios de inclusión y exclusión, que respondieron a la pregunta de investigación ¿Qué evidencia científica existe sobre la aplicación de la evaluación formativa en la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica y sus efectos en el aprendizaje? Los resultados evidencian la relevancia de la evaluación formativa por su papel en la retroalimentación, el aprendizaje significativo y la autorregulación del estudiante. Asimismo, se concluye que la evaluación formativa, cuando se integra con herramientas adecuadas, una retroalimentación efectiva y la capacitación docente, posibilita una mejor comprensión de los conceptos, así como el fortalecimiento de las habilidades científicas y el fomento del aprendizaje autónomo. Esto contribuye a mejorar la enseñanza y promover aprendizajes relevantes en ciencias naturales, específicamente, en el ámbito de educación básica.**

***Palabras clave: evaluación formativa; ciencias naturales; educación básica; retroalimentación***

**ABSTRACT: The current study analyzes the implementation of formative assessment in natural sciences within the context of elementary education and its effects on learning. A qualitative approach was assigned using the PRISMA model to systematically review the literature in Dialnet, SciELO, Web of Science and Scopus between 2015 and 2025. Eleven studies were selected according to inclusion and exclusion criteria that addressed the research question ¿What scientific evidence exist about the application of formative assessment in the**

[1]Universidad Técnica Particular de Loja, https://orcid.org/0009-0007-2638-9607
[2]Universidad Técnica Particular de Loja, https://orcid.org/0000-0002-9114-002X

**learning of natural sciences in elementary education and its effects on learning? The results show the relevancy of formative assessment for its role in giving feedback, meaningful learning, and the self-regulation of the student. Furthermore, it is concluded that formative assessment, when integrated with appropriate tools, effective feedback and teachers training, it allows a better comprehension of concepts, strengthening of scientific skills and opens the possibility of autonomous learning. This helps to improve teaching and allows meaningful learning in natural sciences, particularly in the context of elementary education.**

***Keywords: formative assessment; natural science; elementary education; feedback***

## INTRODUCCIÓN

La evaluación ha sido históricamente concebida como un mecanismo de medición y certificación del aprendizaje; sin embargo, en las últimas décadas ha adquirido un enfoque pedagógico más integral orientado a la mejora continua del proceso educativo. En este contexto, la evaluación formativa ha cobrado relevancia como una estrategia clave para promover el aprendizaje significativo, la reflexión metacognitiva y la autorregulación de los estudiantes, especialmente en áreas como las ciencias naturales, donde la comprensión conceptual y el razonamiento científico resultan fundamentales (1).

Además, la evaluación formativa se basa en la pedagogía que pone al alumno en el centro y tomando en cuenta la variedad de estilos, ritmos y necesidades educativas. Bajo esta perspectiva, fomenta prácticas evaluativas que son inclusivas, flexibles y se enfocan en el desarrollo integral del alumno, en lugar de limitarse a la simple calificación. El estudio de Saldaña (1) sostiene que la evaluación formativa debe ofrecer una retroalimentación que dé respuesta a tres preguntas fundamentales: ¿hacia dónde voy?, ¿cómo voy? y ¿qué sigue? potenciando la responsabilidad, la autorregulación y la autonomía del alumno sobre su propio proceso de aprendizaje.

En la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica, la evaluación formativa no solo permite verificar el nivel de logro de los estudiantes, sino que también facilita la identificación de ideas previas, concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje, posibilitando ajustes oportunos en la práctica docente. Desde una perspectiva constructivista, la evaluación se convierte en un proceso dinámico que acompaña la construcción del conocimiento científico mediante la indagación, la experimentación y la reflexión crítica (2).

Los conceptos teóricos de la evaluación formativa están íntimamente relacionados con el carácter del conocimiento científico cuando se trata de la enseñanza de las ciencias naturales. Entender esta área requiere de indagación, experimentación, análisis de datos y formulación de explicaciones basadas en pruebas, todos estos procesos necesitan una evaluación constante y contextualizada. Según Lara et al. (3), la evaluación formativa posibilita la valoración de estos procesos, sin limitarse a los resultados finales logrados por los alumnos.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

No obstante, la implementación efectiva de la evaluación formativa enfrenta desafíos relacionados con la formación docente, la disponibilidad de instrumentos adecuados, la alineación con lineamientos curriculares y las políticas educativas. Diversos estudios han señalado que, aunque los docentes reconocen su importancia, su aplicación en el aula suele ser heterogénea y en muchos casos, limitada a prácticas evaluativas tradicionales (3).

Frente a este panorama, la presente investigación plantea analizar la evaluación formativa en la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica, a partir de tres ejes fundamentales: los fundamentos teóricos que la sustentan, las estrategias e instrumentos empleados en su implementación y sus efectos en el aprendizaje de los estudiantes. Para ello, se desarrolló una revisión sistemática de literatura basada en el modelo PRISMA, que permitió sintetizar y analizar evidencia científica reciente y relevante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se enmarco en un paradigma pospositivista, reconociendo a una realidad educativa objetiva, asumiendo que el conocimiento es una aproximación sujeta a interpretación y contextualización. Desde esta perspectiva, no se buscó establecer verdades absolutas sobre la evaluación formativa, sino construir una síntesis crítica y fundamentada del conocimiento científico disponible, a través de procedimientos sistemáticos basados en el modelo PRISMA, que minimizaron sesgos en la selección de estudios y garantizaron transparencia en el análisis.

Este paradigma fue relevante porque la evaluación formativa es un fenómeno educativo complejo, influenciado por contextos pedagógicos, prácticas docentes, retroalimentación y dinámicas de aprendizaje, que exigieron un análisis crítico y reflexivo basado en evidencia científica.

En el marco de este paradigma el estudio tomo un enfoque cualitativo, fundamentado en la búsqueda, recolección, análisis e interpretación de datos obtenidos de fuentes científicas documental, dado que la evaluación formativa en la enseñanza de las ciencias naturales es un fenómeno contextual y complejo que abarca prácticas pedagógicas, interacciones entre maestros y alumnos, procesos de retroalimentación y dinámicas educativas dentro del aula, que no podía examinarse solo desde un enfoque cuantitativo.

A raíz de este enfoque, se planteó la pregunta de investigación: ¿Qué evidencia científica existe sobre la aplicación de la evaluación formativa en la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica y sus efectos en el aprendizaje? A partir de ella se desprendieron los siguientes objetivos específicos: describir los fundamentos teóricos de la evaluación formativa implementados en la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica, identificar las principales estrategias e instrumentos utilizados en la evaluación formativa en ciencias naturales

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

según la literatura científica, establecer los efectos de la evaluación formativa en el aprendizaje de ciencias naturales en educación básica a partir de la evidencia científica disponible.

Para dar respuesta a estos objetivos este estudio utilizo un diseño de revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo las directrices de PRISMA, para asegurar la transparencia, rigor, la consistencia metodológica y el seguimiento del proceso en la búsqueda, selección y análisis de los estudios incluidos (4).

La revisión sistemática identificó, evaluó y sintetizó la evidencia sobre la evaluación formativa en la enseñanza de ciencias naturales en educación básica, a partir de artículos publicados entre 2015 y 2025, se desarrolló en cuatro fases, identificación, cribado, elegibilidad e inclusión, que guiaron la selección de los 11 artículos científicos analizados.

Respecto a las técnicas e instrumentos empleados, la estrategia de búsqueda se realizó con un enfoque sistemático combinando términos clave en inglés y español, utilizando operadores boléanos (OR, AND) y se ejecutó en tres etapas: exploración preliminar de descriptores, implementación de cadenas de búsqueda por bases de datos, y depuración de resultados según los criterios de inclusión y exclusión.

Para ello, se consultaron cuatro bases de datos de reconocido prestigio académico y su importancia en el campo educativo y científico: Scopus, Web of Science (WoS), SciELO y Dialnet seleccionadas por su cobertura en el ámbito internacional y su relevancia en el campo educativo y científico. Se usaron cadenas de búsqueda combinando los tres focos de la investigación (ciencias naturales, educación básica y evaluación formativa) en ambos idiomas, adaptándose a las particularidades de cada base de datos.

Sobre esta base, se definieron criterios explícitos de inclusión y exclusión fundamentados en el modelo PRISMA, para asegurar la calidad, pertinencia y coherencia de los estudios seleccionados. Se incluyeron artículos publicados entre el 2015 y 2025, en revistas indexadas en Scopus, Web of Science (WoS), SciELO y Dialnet, con acceso abierto, diseño metodológico explícito y enfoque en evaluación formativa en la enseñanza de ciencias naturales en el ámbito de educación básica.

Se excluyeron en cambio, las publicaciones duplicadas, los artículos no evaluados por pares, los estudios con más de 10 años de antigüedad, aquellos centrados únicamente en evaluación sumativa o mediación estandarizada, las investigaciones realizadas en niveles educativos distintos a la educación básica y estudios sin una descripción clara de la metodología. Estos criterios permitieron depurar los registros iniciales y seleccionar los 11 artículos científicos analizados.

Los estudios se eligieron de forma objetiva y sistemática, considerando el año de publicación, el idioma, el lapso de tiempo (2015-2025), el nivel educativo (Educación básica) y la perspectiva temática (evaluación formativa en ciencias naturales). Estos criterios guiaron la exclusión e

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

inclusión de los artículos en cada etapa del proceso bajo el modelo PRISMA, desde la identificación de los registros hasta la selección final de los 11 artículos científicos analizados.

Finalmente, se llevó a cabo el proceso de análisis y la extracción de datos siguiendo la guía del modelo PRISMA. Tras la muestra de los 11 artículos finales, se realizó un análisis crítico y la lectura analítica de cada investigación, determinando datos vinculados a autor y año, país, diseño metodológico, enfoque de investigación, población y muestra y base de datos de indexación. Los hallazgos se sistematizaron mediante una matriz comparativa y se organizaron en tres ejes de análisis: fundamentos teóricos, estrategias e instrumentos y efectos sobre el aprendizaje, este método aseguro la consistencia entre las metas específicas del estudio y la evidencia científica existente, facilitando una interpretación minuciosa y ordenada de los resultados.

## RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se originaron de una revisión sistemática bajo el modelo PRISMA, que analizo 11 artículos científicos publicados entre 2015 y 2025, evaluados y sistematizados a través de una matriz de análisis documental y una guía de extracción de datos. El análisis de los resultados se centró en tres ejes: los fundamentos teóricos de la evaluación formativa en ciencias naturales en educación básica, las estrategias e instrumentos aplicados en su implementación y los efectos de la evaluación formativa en el aprendizaje.

En relación con el primer eje, los fundamentos teóricos identificados en los 11 artículos, se fundamentaron en el enfoque constructivista, bajo esta perspectiva, el aprendizaje es un proceso activo donde el estudiante construye el conocimiento a partir de sus experiencias e interacciones con el contexto, aquí el docente asume el rol de mediador (5-7). Por otra parte, se evidencio el enfoque de investigación escolar (IBSE), en el que la evaluación formativa se integró como parte intrínseca de la enseñanza por indagación científica, acompañada de tres ciclos, exploración, explicación y aplicación (8,9).

En relación con el segundo eje, sobre las estrategias e instrumentos empleados, se evidencio el uso de herramientas estructuradas como rubricas analíticas, listas de cotejo y portafolios, con el objetivo de documentar el progreso del estudiante de manera continua (7,10,11).En cuanto a las estrategias, se evidencio la implementación de la retroalimentación dialógica a través de sesiones de retroalimentación individual y grupal, preguntas guías y diarios reflexivos, como mecanismo para construir significado científico entre docente y estudiante (12,13)

Finalmente, en relación al tercer eje, los efectos de la evaluación formativa los estudios describieron una mejora en el rendimiento académico, evidenciada en el aumento de calificaciones y la reducción de errores conceptuales (7,10,14); así mismo, una transformación de las concepciones científicas de los estudiantes hacia explicaciones más fundamentadas (5,6,8) y finalmente un impacto en la autorregulación y la metacognición, a través de procesos de reflexión

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

y autoevaluación (10,13).

## Figuras y Tablas

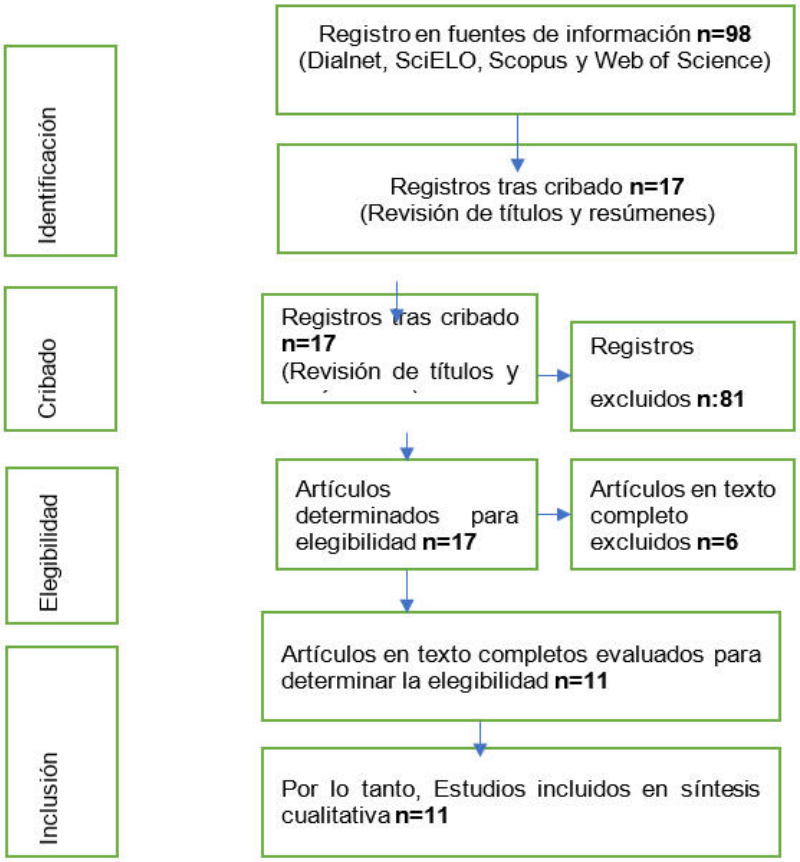


***Figura 1. Grafica del proceso aplicado Modelo PRISMA.***

***Fuente: Luis Castillo (2026)***

***Tabla 1. Síntesis de los fundamentos teóricos, estrategias e instrumentos y efectos del aprendizaje de la evaluación formativa en ciencias naturales identificadas en la revisión.***

| Eje | Categoría | Definición teórica de autores | Referencias |
|---|---|---|---|
| Fundamentos teóricos | Enfoque constructivista | El docente actúa como mediador, promoviendo el dialogo, la experimentación y reconstrucción de ideas científicas a través de actividades colaborativas. | (5-7) |
| Fundamentos teóricos | Investigación escolar (IBSE) | Los estudiantes siguieron ciclos de indagación (exploración, explicación y | (8,9) |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | aplicación) mientras el docente monitoreo su evolución conceptual. | |
| Estrategias e instrumentos | Instrumentación sistemática | Uso de rubricas analíticas, listas de cotejos y portafolios de evidencias para documentar el progreso del estudiante de manera continua. | (7,10,11) |
| Estrategias e instrumentos | Retroalimentación dialógica | Sesiones de retroalimentación individual y grupal, preguntas guía y diarios reflexivos como mecanismos para construir significado científico. | (12,13) |
| Efectos en el aprendizaje | Mejora el rendimiento académico | Aumento en calificaciones y reducción de errores conceptuales. | (7,10,14) |
| Efectos en el aprendizaje | Transformación de concepciones científicas | Explicaciones más fundamentadas por parte del estudiante. | (5,6,8) |
| Efectos en el aprendizaje | Autorregulación y metacognición | Procesos de reflexión y autoevaluación del propio aprendizaje. | (10,13) |

***Fuente: Luis Castillo (2026).***

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sistemática permiten responder a la pregunta de investigación planteada: la evidencia disponible indica que la evaluación formativa en ciencias naturales de educación básica se sustenta, principalmente, en el enfoque constructivista y en la indagación escolar, se operativiza mediante instrumentos estructurados y retroalimentación dialógica, y se asocia con mejoras en el rendimiento académico, la transformación de las concepciones científicas y la autorregulación del estudiante. A continuación, se discuten estos resultados en función de los tres ejes de análisis y de la literatura previa.

Respecto a los fundamentos teóricos, el predominio del enfoque constructivista, en el que el docente actúa como mediador y el estudiante construye el conocimiento a partir de la experiencia y la interacción (5-7), es coherente con la concepción de la evaluación formativa como un proceso dinámico que acompaña la construcción del conocimiento científico (2) y que se centra en el estudiante, atendiendo a la variedad de ritmos y necesidades de aprendizaje (1). Aunque el trabajo de Cedeño et al. (2) se ubica en la educación superior, su planteamiento resulta pertinente para este análisis en cuanto a la lógica formativa de la evaluación. Asimismo, la integración de la evaluación en los ciclos de exploración, explicación y aplicación de la indagación escolar (8,9) concuerda con la idea de que la enseñanza de las ciencias naturales requiere valorar procesos como la indagación, la experimentación y la construcción de explicaciones, y no solo los resultados finales (3). En el mismo sentido, los fundamentos identificados coinciden con Bravo et al. (15), quienes señalan que la evaluación formativa se basa en evidencias para regular el aprendizaje y mejorar la enseñanza, lo que refuerza su comprensión como un proceso pedagógico integrado al aprendizaje y no como un mecanismo aislado de medición.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

En cuanto a las estrategias e instrumentos, los estudios revisados recurren a rúbricas analíticas, listas de cotejo y portafolios para documentar el progreso de forma continua (7,10,11), y a la retroalimentación dialógica, mediante sesiones individuales y grupales, preguntas guía y diarios reflexivos (12,13). Estos resultados guardan relación con la propuesta de que la retroalimentación debe orientar al estudiante respecto de hacia dónde va, cómo va y qué sigue (1), de modo que los instrumentos adquieren valor formativo no por sí mismos, sino por su articulación con una retroalimentación que permita ajustar la enseñanza y el aprendizaje. Este punto es relevante si se considera que la aplicación de la evaluación formativa en el aula suele ser heterogénea y, con frecuencia, se limita a prácticas evaluativas tradicionales (3); por ello, la disponibilidad de instrumentos no basta por sí sola y debe acompañarse de formación docente y de una alineación adecuada con los lineamientos curriculares.

Con relación a los efectos en el aprendizaje, la revisión evidencia mejoras en el rendimiento académico, reflejadas en el aumento de las calificaciones y la reducción de errores conceptuales (7,10,14); una transformación de las concepciones científicas hacia explicaciones más fundamentadas (5,6,8); y un impacto positivo en la autorregulación y la metacognición mediante procesos de reflexión y autoevaluación (10,13). Este último resultado concuerda con la afirmación de que la evaluación formativa potencia la responsabilidad, la autorregulación y la autonomía del estudiante sobre su propio aprendizaje (1), y con la importancia atribuida a la retroalimentación como estrategia para mejorar el proceso formativo (13). En conjunto, los tres tipos de efecto sugieren que los beneficios de la evaluación formativa no se limitan al desempeño en las pruebas, sino que alcanzan la forma en que los estudiantes comprenden y regulan su aprendizaje de las ciencias naturales.

Deben considerarse algunas limitaciones. La revisión incluyó 11 estudios, restringidos a artículos de acceso abierto publicados entre 2015 y 2025 en cuatro bases de datos, lo que puede haber dejado fuera evidencia relevante. Además, se trata de una síntesis cualitativa de estudios con contextos y diseños diversos, por lo que no es posible cuantificar la magnitud de los efectos ni establecer relaciones causales. Pese a ello, los resultados tienen implicaciones para la práctica: apuntan a la necesidad de fortalecer la formación docente en evaluación formativa, de integrar instrumentos estructurados con retroalimentación efectiva y de articular la evaluación con la indagación científica. Futuras investigaciones podrían complementar estos hallazgos con estudios longitudinales que permitan valorar con mayor precisión el impacto de la evaluación formativa en el rendimiento y el cambio conceptual.

## CONCLUSIONES

La revisión sistemática evidencia que la evaluación formativa en ciencias naturales en educación básica no es un procedimiento técnico aislado, sino un enfoque pedagógico integral que articula enseñanza, evaluación y aprendizaje. Según el análisis de los 11 estudios que siguen la metodología PRISMA, se evidencia que su implementación consistente, fundamentada en

principios del constructivismo, la retroalimentación dialógica y la indagación científica, promueve aprendizajes más profundos, el desarrollo de competencias científicas y la autorregulación. Por lo tanto, la evaluación formativa se establece como un eje central para optimizar la calidad de la educación, ya que fomenta procesos de reflexión, participación y enfoque en el alumno.

Asimismo, las principales estrategias e instrumentos utilizados en la evaluación formativa en ciencias naturales en educación básica se apoyan esencialmente en el enfoque constructivista, la evaluación para el aprendizaje, la indagación científica y auto regulación del aprendizaje. Lo relevante de estos hallazgos es que estos principios no funcionan de manera autónoma, sino que se combinan un sistema lógico de técnicas pedagógicas como rubricas, listas de cotejo, portafolios, instrumentos digitales y retroalimentación dialógica, que une la enseñanza y la evaluación, reforzando la participación activa del alumno.

De acuerdo con futuras investigaciones, se sugiere realizar estudios longitudinales que permitan medir con mayor precisión el impacto de la evaluación formativa en el rendimiento académico y el cambio conceptual en ciencias naturales, fortaleciendo la evidencia empírica sobre sus ventajas en el aprendizaje significativo.

Finalmente, los hallazgos corroboran que la los efectos de la evaluación formativa en el aprendizaje de ciencias naturales en educación básica tiene un impacto, sobre todo en el rendimiento académico, la comprensión conceptual, al desarrollo de destrezas científicas, la autorregulación y a la motivación. La evidencia analizada muestra que, si la evaluación formativa se lleva a cabo de forma sistemática y en concordancia con la indagación y la retroalimentación, los alumnos incrementan su autonomía en el aprendizaje, su habilidad argumentativa y sus explicaciones científicas. En consecuencia, la evaluación formativa funciona como una herramienta pedagógica que mejora el aprendizaje significativo y no solamente como un sistema de calificación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Saldaña JJC. La evaluación formativa en la educación. Comuni@cción. 2022;13(2):149-60. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/4498/449872026006/html/
2. Cedeño EIB, Loor JSL, Garófalo ARB, Almeida JJM. La evaluación formativa en la práctica pedagógica de la educación superior: revisión sistemática. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023;7(3):1464-76. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6289
3. Lara SAA, L NPL, Valero BG. Modelos y épocas de la evaluación educativa. Educere. 2019;23(75):307-22. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/356/35660262007/html/

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 381-390
DOI:
https://doi.org/10.56519/fxx4es38

4. Espinoza E. PRISMA en la práctica: guía y desafíos en la conducción de revisiones sistemáticas. 2025. Disponible en: https://doi.org/10.51247/st.v8iS2.227
5. Gamba YLM. Evaluación por competencias en las ciencias naturales: promoviendo el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo. Punto Educativo. 2025:891-909. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/punto_educativo/article/view/8189
6. Valverde M, Esteve P, Banos I. How do prospective teachers address pupils' ideas during school practices? Education Sciences. 2022;12(11):783. Disponible en: https://doi.org/10.3390/educsci12110783
7. Duarte BAD, Jumbo MMJ, León ADLML, Gavilánez LOG, Romero MAR. La evaluación formativa en la educación básica de Ecuador: un eje para la calidad educativa. Ciencia y Reflexión. 2025;4(3):1320-50. Disponible en: https://doi.org/10.70747/cr.v4i3.445
8. López L, Solís E, Fernández J. Los cambios en las concepciones sobre evaluación en ciencias de futuros maestros de primaria. Revista Complutense de Educación. 2018;29(3):847-64. Disponible en: https://doi.org/10.5209/RCED.54061
9. Photo PP. Teaching experiences connected to the implementation of inquiry-based practical work in primary science classrooms. Research in Science Education. 2025;8(4):272-83. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11165-025-10235-3
10. Araujo OEA, Quispe LMQ, Quispe NDCQ, Suarez VES. Evaluación formativa como herramienta para mejorar el aprendizaje en educación básica. Revista Ciencia Innovadora. 2025;3(3):31-43. Disponible en: https://doi.org/10.64422/rci.v3n3.2025.55
11. Pérez M, Enríquez JO, Carbó JE, González M. La evaluación formativa en el proceso enseñanza aprendizaje. Edumecentro. 2017;9(3):263-83. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6049914
12. Hondrich AL, Hertel S, Adl-Amini K, Klieme E. Implementing curriculum-embedded formative assessment in primary school science classrooms. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice. 2016;23(3). Disponible en: https://doi.org/10.1080/0969594X.2015.1049113
13. Tamayo RM, Menacho AS, Hinojo GN. La retroalimentación como estrategia para mejorar el proceso formativo del estudiante. Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación. 2023;7(29):1467-80. Disponible en: https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i29.606
14. Vargas R, Mejía M, Huamancha MM. Tendencias de la evaluación formativa en la educación básica. Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0. 2024;17(2):376-89. Disponible en: https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.572
15. Bravo PPB, Espinoza MMA, Ordoñez LGA, Novillo MOM, Peñafiel MSS. Desafíos y oportunidades en la evaluación educativa. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2025;9(2):6133-57. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17354

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

# ¿LAS EMOCIONES INFLUYEN EN LA SALUD GASTROINTESTINAL?

# EMOTIONS INFLUENCE GASTROINTESTINAL HEALTH?

María Belén Alvarado Villavicencio[1], Diego Eduardo Guato Canchinia[2], Carlos Ariel Lluguay Mecias[3]

{ua.mariaav34@uniandes.edu.ec[1], ua.eduardogc20@uniandes.edu.ec[2], Carloslm47@uniandes.edu.ec[3]}

Fecha de recepción: 08/09/2026 / Fecha de aceptación: 31/10/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El sistema digestivo está compuesto por un sistema de conductos interconectados (Boca, esófago, estomago, intestino delgado, intestino grueso o colon) y glándulas accesorias (Salivales, páncreas, hígado), ambas estructuras llevan a cabo dos procesos: la digestión química y física, con el objetivo de obtener los nutrientes a partir de alimentos ingeridos. El intestino ha sido reconocido como "segundo cerebro" ya que su comunicación con el encéfalo se manifiesta bilateralmente a partir de factores endógenos y exógenos participantes en su homeostasis. Existe un gran número de microorganismos dentro de nuestro intestino que se relacionan al patrón y variabilidad que se asemeja al de una "huella digital" al formar parte de los factores de comunicación bilateral entre el encéfalo e intestino conllevan trastornos del sistema nervioso central, síntomas psicológicos y diagnósticos psiquiátricos. Se ha realizado una investigación exploratoria a partir de las bases de datos PubMed, Kidshealth, Medigraphic, Google académico, Biblioteca virtual Uniandes, a partir de criterios de inclusión como: Síndromes, la microbiota, señalización inmunitaria y factores de riesgos. Actualmente investigar la relación entre el cerebro e intestino a dado lugar ensayos de investigación enfocados en relacionar las emociones o enfermedades del sistema nervioso con el funcionamiento y composición de la microbiota gastrointestinal Las emociones y la dieta de distintas edades influyen directamente en los patrones, variabilidad y composición del microbioma, la alimentación mantiene la microbiota intestinal de manera constante aumentado, disminuyendo o incluso llega eliminar por completo grupos o especies de microorganismos generando enfermedades gastrointestinales e inmunológicas en el humano**

***Palabras clave: Cerebro; intestino; desarrollo; señalización; microbiota; inmunidad***

[1]Docente de la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato- Ecuador, https://orcid.org/0000-0003-1506-857X
[2]Docente Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato- Ecuador, https://orcid.org/0000-0001-9121-858X
[3]Estudiante Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato- Ecuador, https://orcid.org/0009-0001-5131-6326

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

**ABSTRACT: The digestive system is composed of a system of interconnected ducts (mouth, esophagus, stomach, small intestine, large intestine or colon) and accessory glands (salivary, pancreas, liver). Both structures carry out two processes: chemical and physical digestion, with the aim of obtaining nutrients from ingested food. The intestine has been recognized as a "second brain" since its communication with the brain is manifested bilaterally from endogenous and exogenous factors participating in its homeostasis. There are many microorganisms within our intestine that are related to the pattern and variability that resembles that of a "fingerprint" by being part of the bilateral communication factors between the brain and intestine, leading to central nervous system disorders, psychological symptoms and psychiatric diagnoses. Exploratory research has been carried out using the PubMed, Kidshealth, Medigraphic, Google Scholar, and Uniandes Virtual Library databases, based on inclusion criteria such as: Syndromes, microbiota, immune signaling, and risk factors. Currently, research into the relationship between the brain and the intestine has led to research trials focused on relating emotions or diseases of the nervous system with the functioning and composition of the gastrointestinal microbiota. Emotions and diet at different ages directly influence the patterns, variability and composition of the microbiome. Food keeps the intestinal microbiota constantly increasing, decreasing or even eliminating groups or species of microorganisms, generating gastrointestinal and immunological diseases in humans.**

***Keywords: Brain; intestine; development; signaling; microbiota; immunity***

# INTRODUCCIÓN

## Un sistema digestivo emocional

Los primeros pasos para la digestión si bien empiezan en la boca existen estímulos sensoriales a partir de la vista, olfato, tacto y audición (1). La dieta de los seres humanos constituye carbohidratos, grasas y proteínas que son transportados y metabolizados a partir de procesos de digestión que se clasifican en: tubo digestivo y glándulas accesorias (2,3).

El tubo digestivo forma parte del proceso de digestión mecánica ya que se define como un sistema de conductos interconectados que transportan los alimentos, conformado por la boca, faringe (Orofaringe, laringofaringe), esófago, estomago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) y colon (ascendente, transverso, descendente, recto y ano) (2,3). En cambio, las glándulas accesorias forman parte del proceso de digestión química ya que secretan sustancias que metabolizan los alimentos ingeridos a lo largo del tubo digestivo, entre estas se encuentran las glándulas salivales (parótida, sublingual y submandibular), hígado, vesícula biliar y páncreas (2,3).

Aunque cada estructura ejerza su función en conjunto a otras, nos enfocaremos en el intestino que representa a la estructura principal durante el proceso de absorción de nutrientes,

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

reconocido como un “segundo cerebro”, su comunicación con el encéfalo se debe a factores endógenos y exógenos que participan en la homeostasis y comunicación bilateral a través de neurotransmisores (4). Posee un sistema inmunológico extenso y complejo, su grado de expresión génica de virulencia y mediadores de estrés se relaciona con el sistema nervioso central ya que las fibras nerviosas de la pared intestinal estimulan la barrera intestinal constituida por bacterias de la microbiota intestinal limita el paso de sustancias o microorganismos (4,5).La influencia de administrar probióticos en mujeres y hombres se relacionan dos grupos basados en géneros bacterianos que manifestaron conectividad funcional de reconocimiento emocional, que difieren en las estructuras de sustancia blanca y gris del cerebro asociadas con las emociones, atención, toma de decisiones y sensibilidad (4).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La microbiota del tracto gastrointestinal se ha definido como “huella digital” ya que la variabilidad de microorganismo en comparación de otros individuos siempre sigue un patrón diferente y único, existen alrededor de 1014 bacterias que a partir de las vías metabólicas utilizan como precursores los alimentos ingeridos por el huésped para obtener y brindar nutrientes, protección y energía (4,6).

La influencia de administrar probióticos en mujeres y hombres se relacionan dos grupos basados en géneros bacterianos que manifestaron conectividad funcional de reconocimiento emocional, que difieren en las estructuras de sustancia blanca y gris del cerebro asociadas con las emociones, atención, toma de decisiones y sensibilidad (4).

### Microbiota en mujeres gestantes y lactantes

Durante la gestación existen cambios inmediatos y regulados de la microbiota intestinal causada la dieta, en el tercer trimestre de embrazo sus diferencias de microbiota intestinal sobre la mujeres no embrazadas es nula, aunque se haya mencionado que sus cambios fueran instantáneos las diferencias comienzan a partir del segundo trimestre, manifestándose el aumento de las *proteobacterias,* las *bifidobacterias*, las *actinobacterias* y otras cepas de *Lactobacillus* (productoras de ácido láctico) y reducen las especies de *faecalibacterium (*actividad antiinflamatoria), el tercer trimestre incrementa el peso, insensibilidad a la insulina y citocinas fecales (7). Durante el nacimiento parte de la microbiota de la madre es transferida al recién nacido eh interviene parcialmente en los primeros años de vida del bebe, que coinciden con el desarrollo del cerebro y sistema nervioso entérico, durante esta etapa su microbioma sufre cambios constantes debido a la necesidad de obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo (4,7).

En lactantes su diferencia se ve influenciada entre aquellos que beben la leche materna y de formula, los estudios que se realizaron con un grupo A de lactantes que alimentan leche materna

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

y un grupo B que alimentan leche de formula se obtuvieron las siguientes afirmaciones: los lactantes amamantados presentaron niveles más altos de Proteobacteria y Bifidobacteria, y niveles más bajos de Bacteroidetes y Firmicutes en comparación con el grupo B que se alimentan con leche de fórmula (4).

**Sistema nervioso central – Microbiota intestinal**

Los microorganismos bien pueden ser beneficiosos o nocivos a partir de su actividad en las distintas cavidades del cuerpo humano, la existencia de especies microrganismos diferentes en un tejido forman parte de la microbiota (8). En el tracto gastrointestinal, son responsables del desarrollo, mielinización, neurogénesis y activación de la microglía (4).

La relación entre la microbiota y el desarrollo del sistema nervioso central, la mayor parte de estos son estudios transversales se realizan en lactantes y niños, que a partir del mismo se reporta que el desarrollo cognitivo durante la niñez se ve afectado negativamente por el uso de antibióticos, otro estudio que relaciono la microbiota evaluada a un año antes con las funciones neuronales, demostró diversidad alfa de microbiota asociada con las funciones motoras suplementarias y del lóbulo parietal inferior (4)

**Sistema nervioso entérico**

La neurogénesis entérica y glial durante el periodo postnatal se complementa con la maduración del circuito nervioso Intestino, su estudio continúa a partir de modelos preclínicos sobre el desarrollo molecular y genético del sistema nervioso entérico que implemento literaturas enfocadas en factores del microbioma intestinal posnatal y el sistema inmunitario (4). El Sistema nervioso entérico (SNE) se dividen en dos plexos: submucoso o Meissner que da lugar a los procesos de digestión y absorción a través de la mucosidad y vasos sanguíneos, se ubica entre la capa muscular circular y submucosa. El segundo, es el mientérico o Auerbach que participa en la coordinación de la actividad de muscular, se ubica entre las capas circular y longitudinal muscular, (9)

Sus efectos fueron ejemplificados en estudios con ratones GF, que albergan subtipos de neuronas entéricas asociadas con déficit en la motilidad intestinal y excitabilidad en las neuronas aferentes primarias intrínsecas. La convencionalización de los ratones GF disminuyo el tránsito intestinal, restableció la excitabilidad neuronal, altera la codificación química de las neuronas Intestinales y normaliza sus células gliales. De esta manera se expone la importancia de la microbiota-plasticidad del sistema nervioso entérico (4).

**AhR-biosensor**

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

sirve de factor integrador de señales luminales con salida fisiológica activadas a partir de ligandos exógenos y endógenos como reguladores de expresión genética, propulsado por la interleucina 6 (IL-6) que participar en la inflamación y se relaciona con la expresión de AhR manifestando señales de transcripción 3 (STAT3) junto a mediadores inflamatorio (10).

Según los estudios de circuitos neuronales entéricos específicamente las neuronas entéricas el AhR-biosensor (receptor de hidrocarburo de arilo), tiene la capacidad de monitorizar el entorno luminal, función neuronal y motilidad entérica se ven influenciadas por el sistema nervioso entérico (4,10).

## RESULTADOS

### Mecanismo de señalización intestino-cerebro

Estudios de vagotomía en ratones manifiestan el posible papel del nervio vago en la comunicación Sistema nervioso central-microbiota, lo que se traduce en trastornos del estado de ánimo y comportamiento neuroconductual en humanos. Por ejemplo, en ratones, se ha demostrado que la vagotomía bloquea la señalización central de las especies de *Lactobacillus y Bifidobacterium*, lo que resulta en el asedio de sus efectos modificadores del estado de ánimo (4).

### Mecanismos inmunitarios de la microbiota para la señalización intestino-cerebro

El sistema inmunológico intacto interviene en los procesos homeostáticos de organismos comensales y en la protección ante invasiones microbianas patógena. Además, desempeña un papel fundamental en la comunicación microbiota intestinal – sistema nervioso entérico – cerebro (4).

Las respuestas inmunológicas son mediadas por receptores tipo Toll (TLR) y los peptidoglicanos (PGN) que actúan como sensores de componentes microbianos. La activación inadecuada de las células inmunitarias y el desarrollo inmunitario sistémico puede evitarse al mantener la barrera intestinal intacta (4).

El lipopolisacárido y el PGN son agonistas inmunitarios excretados por las bacterias, pueden acceder al cerebro a través de la circulación. Su relación con el desarrollo de la enfermedades como el Parkinson, Alzheimer, depresión y dolor visceral, fueron estudiadas a partir de los receptores tipo Toll en el cerebro especialmente en la microglía de modelos de enfermedad en ratones (4).

### Señalizacion inmunitaria -Sistema nervioso entérico

La motilidad, transporte y permeabilidad de la mucosa intestinal inducido por el SNE, su comunicación con el sistema inmunológico inducen la resistencia e inmunidad hacia agentes

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

patogénicos, tiene gran capacidad de reconocer sustancias extrañas a través de células presentadores de antígeno contenidas en los nódulos linfáticos, entre estas células se hallan los linfocitos T y B que se organizan en distintas formas y grupos, producen antígenos que son transportadas hacia las placas de Pleyer ya que contienen múltiples células dendríticas, macrófagos y células B (9). Las células presentadoras de antígeno se manifiestan utilizando mecanismos de reconocimiento e información aferente provenientes de las células dendríticas y gliales que expresan TLR2 y TLR4.La relación cerebro-intestino durante la plasticidad del sistema nervioso entérico durante las primeras etapas de vida se ven influenciados por la activación del TLR, reacción inmunológicas o antibióticas (4).

**Metabolismo de la microbiota**

Los ácidos grasos de cadena corta son uno de los metabolitos generados por bacterias intestinales forman neurotransmisores que son generados en el cerebro a partir de los metabolitos bacterianos que participan en la regulación de expresión de enzimas biosintéticas, el metabolismo de AGCC (butirato, propionato, acetato y valerato) regulan la función, motilidad, secreción e inflamación a partir de receptores de ácidos grasos libres afines (4).

**Síndromes en la relación cerebro-intestino**

Las alteraciones funcionales del sistema gastrointestinal conllevan trastornos del sistema nervioso central, relacionados con síntomas psicológicos y diagnósticos psiquiátricos (4).

Los estímulos nerviosos de origen intestinal activan distintas zonas del cerebro encargadas en la regulación del estado de ánimo participa directamente con la desarrollo del sistema nervioso entérico y central (4). El trastorno más común en la relación cerebro-intestino padecida por el 4,8 % de la población mundial es el síndrome del intestino irritable (SII). Durante la etapa de vida temprana y adulta una de cada dos personas que cumple con los criterios de diagnóstico para trastorno de ansiedad padecen de SII relacionado con factores precipitantes del SNC a partir de un desencadenante intestinal, de la misma manera las personas con SII tienen un riesgo tres veces mayor de cumplir con los criterios de diagnóstico para trastorno de ansiedad (4).

Un estudio poblacional prospectivo evaluó durante un año a individuos con trastorno de ansiedad (+/-), depresión, SII y un grupo control de individuos sin trastornos, demostrando que los niveles basales elevados de ansiedad y depresión tenían mayor tendencia a desarrollar SII, por el contrario, aquellos sujetos con SII basal manifestaron niveles de ansiedad o depresión elevados (4).

Las actividad cerebral y el dolor abdominal se asocia al aumento o disminución de la activación de las vías excitadoras e inhibidoras de dolor endógeno relacionadas con la interpretación aferente visceral y excitación emocional detectadas por fMRI, la sensibilidad y motilidad enteral son controladas a partir de redes cerebrales que median la ansiedad y producción del SNA, como la amígdala (4).

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

La microbiota intestinal determina los componentes microbianos fecales, relacionados con el subtipo de enfermedad (SII-D, SII-C, SII-M), edad y/o el compartimento (mucosa o heces) que manifiesta los síntomas del SII (4).

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión exploratoria respaldan la existencia de una comunicación bidireccional entre el intestino y el encéfalo, en la que participan la vía vagal, los mecanismos inmunitarios y los metabolitos microbianos, tal como lo describen Margolis et al. (4) y como se ha señalado también para los trastornos del comportamiento mental (11). Este planteamiento coincide con la revisión integral de Cryan et al. (12), que sitúa a la microbiota como un regulador de procesos neuronales, inmunitarios y endocrinos, y con la concepción del intestino como un órgano con un sistema inmunológico extenso y complejo, cuya barrera, sostenida por la microbiota, regula el paso de sustancias y microorganismos y se relaciona con el sistema nervioso central (5). En conjunto, las emociones y el estado del sistema digestivo no pueden entenderse como procesos independientes, sino como parte de un eje funcional integrado.

La relación entre los trastornos de ansiedad y depresión y el síndrome del intestino irritable (SII) constituye la evidencia clínica más consistente de este eje. El estudio poblacional prospectivo analizado mostró que los niveles basales elevados de ansiedad y depresión se asocian con mayor probabilidad de desarrollar SII y que, a su vez, quienes presentaban SII al inicio manifestaron posteriormente niveles más altos de ansiedad o depresión (4). Este patrón es congruente con el seguimiento poblacional de 12 años de Koloski et al. (13), que describe una vía cerebro-intestino bidireccional en los trastornos gastrointestinales funcionales, lo que apunta a una influencia recíproca más que lineal. En esta misma línea, la clasificación Roma IV agrupa al SII entre los trastornos de la interacción intestino-cerebro (14). Conviene, además, interpretar con cautela las cifras de frecuencia: la prevalencia mundial del SII varía según el criterio diagnóstico, con estimaciones de 3,8 % con los criterios de Roma IV y de 9,2 % con los de Roma III en un metaanálisis (15), por lo que el 4,8 % citado en este trabajo (4) debe leerse en ese contexto. Finalmente, se trata de asociaciones observacionales que no permiten establecer por sí solas la dirección causal ni descartar factores comunes, como el estrés o la dieta, que podrían actuar sobre ambos sistemas.

En el plano de la salud mental, la microbiota intestinal se ha vinculado con los trastornos del comportamiento (11), y la revisión de Foster y McVey Neufeld (16) propone que la microbiota modula la ansiedad y la depresión a través del eje del estrés, las vías inmunitarias y el nervio vago. En humanos, un estudio de cohortes poblacionales encontró que géneros productores de butirato, como Coprococcus y Faecalibacterium, se asociaron con mejor calidad de vida, mientras que Coprococcus y Dialister estuvieron disminuidos en personas con depresión (17). Estos resultados refuerzan que la composición de la microbiota se relaciona con el estado emocional, aunque su carácter correlacional impide afirmar que las alteraciones microbianas sean causa y no consecuencia del trastorno.

La vía vagal ocupa un lugar central en los mecanismos propuestos. La evidencia de los estudios de vagotomía en ratones (4) es coherente con el trabajo de Bravo et al. (18), en el que la administración de una cepa de Lactobacillus modificó la conducta emocional y la expresión de receptores GABA centrales, efectos que no se observaron tras la vagotomía. En humanos, el consumo de un producto lácteo fermentado con probióticos modificó la actividad de regiones cerebrales que procesan la emoción y la

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

sensación en mujeres sanas, según resonancia magnética funcional (19), lo que se alinea con los cambios de conectividad funcional descritos con probióticos en mujeres y hombres (4). Sin embargo, se trata de estudios de tamaño reducido y de corta duración, de modo que los datos disponibles no justifican recomendaciones terapéuticas generalizadas.

Un segundo aspecto relevante es el papel de las etapas tempranas de la vida. Los cambios de la microbiota durante la gestación (7) y las diferencias según el tipo de lactancia (4) coinciden con el periodo de desarrollo del cerebro y del sistema nervioso entérico, lo que sugiere que la colonización microbiana temprana podría intervenir en procesos como la mielinización, la neurogénesis y la activación de la microglía (4,20). A ello se suma la asociación negativa entre el uso de antibióticos y el desarrollo cognitivo durante la niñez (4). Sin embargo, la mayor parte de esta evidencia procede de estudios transversales en lactantes y niños, por lo que debe interpretarse con cautela.

En cuanto a los mecanismos, la señalización inmunitaria emerge como un eslabón central. La participación de los receptores tipo Toll y de agonistas bacterianos como el lipopolisacárido y el peptidoglicano en modelos de enfermedad de Parkinson, Alzheimer, depresión y dolor visceral (4) se ve reforzada por la evidencia de una relación causal entre la microbiota intestinal y las enfermedades autoinmunes, obtenida mediante aleatorización mendeliana (8), y por el papel del receptor de hidrocarburo de arilo como integrador de señales luminales vinculado con la inflamación (10). A ello se añaden los ácidos grasos de cadena corta, que además de regular la motilidad, la secreción y la inflamación intestinal (4), actúan como mediadores entre la microbiota y el cerebro a través de vías inmunitarias, endocrinas, vagales y neuronales (21). Pese a ello, gran parte de estos mecanismos se ha caracterizado en ratones libres de gérmenes y en estudios de vagotomía, de modo que su extrapolación a los humanos requiere ensayos clínicos específicos.

Finalmente, la dieta se perfila como uno de los factores modificables de mayor interés, dado que los alimentos ingeridos constituyen el sustrato de las vías metabólicas de la microbiota (6) y que los metabolitos generados modulan la función intestinal (4,21). Asimismo, la magnitud de la comunidad microbiana debe dimensionarse con precisión: la cifra de aproximadamente $10^{14}$ bacterias intestinales mencionada en este trabajo (4,6) ha sido revisada, y estimaciones recientes sitúan el total en torno a $3,8 \times 10^{13}$ células bacterianas en un adulto de referencia, una proporción cercana a 1:1 con las células humanas (22).

Entre las limitaciones de este trabajo se encuentran su carácter exploratorio y no sistemático, la dependencia de una revisión principal (4) para buena parte de los resultados y el predominio de evidencia preclínica o transversal. Se recomienda que futuras investigaciones incorporen estudios longitudinales y ensayos clínicos controlados que evalúen intervenciones dietéticas y probióticas sobre desenlaces emocionales y gastrointestinales, considerando variables como la edad, el sexo y la etapa de vida.

## CONCLUSIÓN

En conclusión existe una estrecha conexión entre el sistema digestivo y la salud emocional teniendo como uno de los determinantes mas importantes la microbiota intestinal. Desde el inicio de la digestión en la boca hasta la absorción de nutrientes en el intestino, cada fase está interrelacionada y afecta tanto la salud física como la emocional. El intestino, a menudo denominado el "segundo cerebro", no solo participa en

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

la digestión, sino que también se comunica activamente con el sistema nervioso central, influyendo en nuestras emociones, comportamiento y bienestar general.

La investigación muestra que la microbiota no es solo un conjunto de microorganismos, sino que actúa como un regulador de la salud mental y física. Durante etapas críticas como la gestación y la lactancia, la microbiota se adapta y se establece, influyendo en el desarrollo cognitivo y emocional de los recién nacidos. A su vez, el uso de probióticos ha mostrado efectos prometedores en la modulación de estas interacciones, sugiriendo que mantener un equilibrio saludable de microorganismos podría mejorar no solo la digestión, sino también el estado de ánimo y la respuesta emocional.

Finalmente, entender el papel de los antioxidantes en este contexto más amplio permite apreciar cómo la salud digestiva y emocional están entrelazadas. Promover un microbioma saludable podría ser clave para prevenir y tratar trastornos del estado de ánimo, enfatizando la importancia de una dieta equilibrada y el cuidado de nuestra salud intestinal. La conexión intestino-cerebro destaca un enfoque holístico hacia la salud, donde cada elemento del sistema contribuye al bienestar integral del individuo.

## REFERENCIAS BIOBLIOGRÁFICAS

1. Aparato digestivo [Internet]. Kidshealth.org. [citado el 7 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://kidshealth.org/es/teens/digestive-system.html
2. Diccionario de cáncer del NCI [Internet]. Cancer.gov. 2011 [citado el 6 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/aparato-digestivo
3. El aparato digestivo y su funcionamiento [Internet]. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. [citado el 6 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-digestivas/aparato-digestivo-funcionamiento
4. Margolis KG, Cryan JF, Mayer EA. The Microbiota-gut-brain axis: From motility to mood. Gastroenterology [Internet]. 2021 [citado el 21 de agosto de 2024];160(5):1486–501. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33493503/
5. Ramiro-Puig E, Pérez-Cano FJ, Castellote C, Franch A, Castell M. El intestino: pieza clave del sistema inmunitario. Rev Esp Enferm Dig [Internet]. 2008 [citado el 7 de septiembre de 2024];100(1):29–34. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=s1130-01082008000100006&script=sci_arttext
6. Devaraj S, Hemarajata P, Versalovic J. La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: Implicaciones con la obesidad y la diabetes. Acta Bioquim Clin Latinoam [Internet]. 2013 [citado el 7 de septiembre de 2024];47(2):421–34. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572013000200019&script=sci_arttext&tlng=en
7. Márquez Ibarra AA, Mariscal Ramírez BE, González Ponce AM, Valbuena Gregorio E. Cambios en la microbiota durante el embarazo: revisión narrativa. Ginecol Obstet Mex. 2023;91(7):499-515. doi: 10.24245/gom.v91i7.8684

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 391-400
DOI:
https://doi.org/10.56519/eytc9w94

8. Xu Q, Ni J-J, Han B-X, Yan S-S, Wei X-T, Feng G-J, et al. Causal relationship between gut microbiota and autoimmune diseases: a two-sample Mendelian randomization study. Front Immunol. 2022;12:746998. doi: 10.3389/fimmu.2021.746998
9. Romero-Trujillo JO, Frank-Márquez N, Cervantes-Bustamante R, Cadena-León JF, Montijo-Barrios E, Zárate-Mondragón F, et al. Sistema nervioso entérico y motilidad gastrointestinal. Acta Pediatr Mex [Internet]. 2012 [citado el 8 de septiembre de 2024];33(4):207-14. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/actpedmex/apm-2012/apm124h.pdf
10. Guarnieri T, Abruzzo PM, Bolotta A. More than a cell biosensor: aryl hydrocarbon receptor at the intersection of physiology and inflammation. Am J Physiol Cell Physiol [Internet]. 2020;318(6):C1078–82. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1152/ajpcell.00493.2019
11. Castañeda Guillot C. Microbiota intestinal y trastornos del comportamiento mental. Rev Cubana Pediatr [Internet]. 2020 [citado el 8 de septiembre de 2024];92(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312020000200016
12. Cryan JF, O'Riordan KJ, Cowan CSM, Sandhu KV, Bastiaanssen TFS, Boehme M, et al. The microbiota-gut-brain axis. Physiol Rev. 2019;99(4):1877-2013. doi: 10.1152/physrev.00018.2018
13. Koloski NA, Jones M, Kalantar J, Weltman M, Zaguirre J, Talley NJ. The brain–gut pathway in functional gastrointestinal disorders is bidirectional: a 12-year prospective population-based study. Gut. 2012;61(9):1284-90. doi: 10.1136/gutjnl-2011-300474
14. Drossman DA, Hasler WL. Rome IV—Functional GI disorders: disorders of gut-brain interaction. Gastroenterology. 2016;150(6):1257-61. doi: 10.1053/j.gastro.2016.03.035
15. Oka P, Parr H, Barberio B, Black CJ, Savarino EV, Ford AC. Global prevalence of irritable bowel syndrome according to Rome III or IV criteria: a systematic review and meta-analysis. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2020;5(10):908-17. doi: 10.1016/S2468-1253(20)30217-X
16. Foster JA, McVey Neufeld KA. Gut–brain axis: how the microbiome influences anxiety and depression. Trends Neurosci. 2013;36(5):305-12. doi: 10.1016/j.tins.2013.01.005
17. Valles-Colomer M, Falony G, Darzi Y, Tigchelaar EF, Wang J, Tito RY, et al. The neuroactive potential of the human gut microbiota in quality of life and depression. Nat Microbiol. 2019;4(4):623-32. doi: 10.1038/s41564-018-0337-x
18. Bravo JA, Forsythe P, Chew MV, Escaravage E, Savignac HM, Dinan TG, et al. Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. Proc Natl Acad Sci U S A. 2011;108(38):16050-5. doi: 10.1073/pnas.1102999108
19. Tillisch K, Labus J, Kilpatrick L, Jiang Z, Stains J, Ebrat B, et al. Consumption of fermented milk product with probiotic modulates brain activity. Gastroenterology. 2013;144(7):1394-401. doi: 10.1053/j.gastro.2013.02.043
20. Dinan TG, Cryan JF. Gut instincts: microbiota as a key regulator of brain development, ageing and neurodegeneration. J Physiol. 2017;595(2):489-503. doi: 10.1113/JP273106
21. Dalile B, Van Oudenhove L, Vervliet B, Verbeke K. The role of short-chain fatty acids in microbiota–gut–brain communication. Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2019;16(8):461-78. doi: 10.1038/s41575-019-0157-3
22. Sender R, Fuchs S, Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. PLoS Biol. 2016;14(8):e1002533. doi: 10.1371/journal.pbio.1002533

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

# EFECTOS JURÍDICOS DEL TRASTORNO POR ESTRÉS POSTRAUMÁTICO (TEPT) EN LAS VÍCTIMAS DE LA VIOLENCIA: UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA LEGISLACIÓN ECUATORIANA Y LOS MARCOS JURÍDICOS INTERNACIONALES

# LEGAL EFFECTS OF POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER (PTSD) ON VICTIMS OF VIOLENCE: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ECUADORIAN LEGISLATION AND GLOBAL LEGAL FRAMEWORKS

Maria Gabriela Acosta Morales[1]

{mg.acosta@uta.edu.ec[1]}

Fecha de recepción: 11/10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

**RESUMEN: El trastorno por estrés postraumático (TEPT) es uno de los efectos psicológicos más graves que sufren las víctimas de la violencia y tiene importantes repercusiones que van más allá del ámbito clínico y se extienden al ámbito jurídico. Este artículo analiza los efectos jurídicos del TEPT en las víctimas de la violencia dentro del marco jurídico ecuatoriano y los compara con las normas jurídicas internacionales y con determinadas legislaciones extranjeras. Mediante un método cualitativo descriptivo, analítico y comparativo, este estudio revisa la literatura académica, la legislación nacional, la jurisprudencia y los instrumentos internacionales de derechos humanos sobre el daño psicológico y la protección de las víctimas. Los resultados revelan una clara desconexión entre los datos sobre los efectos conductuales del trauma y su reconocimiento jurídico en Ecuador, especialmente en lo que respecta al reconocimiento explícito del TEPT como un tipo de daño válido, independiente e indemnizable. La comparación muestra que otros ordenamientos jurídicos han avanzado mucho más a la hora de considerar intervenciones basadas en el trauma en la reparación y la rehabilitación de las víctimas. La publicación sugiere que un mayor reconocimiento jurídico del TEPT aumentaría el acceso a la justicia, facilitaría una reparación plena y exhaustiva y adaptaría mejor la legislación nacional a las normas internacionales de derechos humanos, con el fin de lograr un sistema de justicia más receptivo y centrado en las víctimas en Ecuador.**

[1]Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias, Jurídicas y Sociales, Ambato, https://orcid.org/0000-0002-7200-1446

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

***Palabras clave: Trastorno por estrés postraumático; víctimas de la violencia; daño psicológico; derechos humanos; derecho comparado; indemnización a las víctimas; salud mental y derecho***

**ABSTRACT: Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) is amongst the most serious psychological effects on victims of violence and has serious implications that extend beyond the clinical sphere and into the legal domain. This paper studies the legal effects of PTSD on victims of violence within the Ecuadorian legal framework and compares them with international legal standards and selected foreign legislations. Employing a qualitative descriptive, analytical, and comparative method, this study reviews academic literature, domestic legislation, jurisprudence, and international human rights instruments on psychological harm and victim protection. Findings reveal a clear disconnect between data on behavioral effects of trauma in relation to its legal recognition in Ecuador, particularly regarding the explicit acknowledgment of PTSD as a valid, independent, and compensable type of harm. Comparison shows that other legal systems have made far more headway in considering trauma-informed interventions in victim reparation and rehabilitation. The publication suggests that further legal recognition of PTSD would increase access to justice, facilitate full and comprehensive reparation, and better adapt domestic law to international human rights norms, for a more responsive and victim-centered justice system in Ecuador.**

***Keywords: Post-Traumatic Stress Disorder; victims of violence; psychological harm; human rights; comparative law; victim reparation; mental health and law***

## INTRODUCCIÓN

In much of modern society, violence remains among the most pervasive social and legal issues, with serious implications at the level of physical as well as psychological and emotional aspects of victims. Of the various mental illnesses related to exposure to violence, Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) is among the most acute and severe and has the most devastating effects on personal autonomy, social activities, and the enjoyment of fundamental rights. While there is a now burgeoning body of scientific knowledge about trauma-related disorders, legal recognition and treatment for these conditions are still uneven, especially under legal regimes that historically focus more on physical injury than psychological damage. In Latin America, and particularly in Ecuador, violence—either gender-based, interpersonal violence, political violence or structural violence—has long been documented as a structural phenomenon, with deep-seated social effects. Although Ecuadorian legislation has achieved considerable changes in relation to protection for victims and recognition of comprehensive reparation, the legal treatment of mental injury resulting from violence has remained problematic. In actuality, victims with PTSD find it particularly difficult to access justice, to receive appropriate reparation, and specialized mental health care, given that trauma-related mental disorders are not routinely included as

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

autonomous legal harms in the legal discourse. This article comes from the author's work in law and in the law school, with a specific emphasis on victim protection, human rights and interdisciplinary analysis of psychological harm. It does not arise from a scholarship sponsored research project; it is derived from repeated scholarly activity on the legal implications of mental illness in contexts of violence. This study aims to add to the current discourse on trauma-informed approaches in legal systems, and to contribute to the dialogue between legal scholarship and empirical mental health research. It aims to analyze the legal effects of PTSD in victims of violence in the Ecuadorian legal framework in relation to international legal standards and targeted foreign legislations. This article, using this comparative perspective, seeks to discern strengths, weaknesses and normative gaps in the legal construction of acknowledging, reparative and rehabilitation of psychological harm in Ecuadorian practice. And the analysis draws on a qualitative methodology by integrating doctrinal legal analysis with comparative law and interdisciplinary evidence from psychology and human rights studies. The article draws upon academic and national literature, jurisprudence, and international human rights instruments concerning legal procedures for the treatment of PTSD. Here we investigate empirically how data on trauma are—or how they are not—constructed in terms of legalities and judges' conduct. This analytical trajectory informs the manner in which the article is organised: first a conceptual analysis of PTSD and the impact it has on victims of violence, then of the Ecuadorian system of law and its comparative standards, second a reporting of their empirical and normative findings, and third a discussion about the implications of these results. It ends with a call for a closer connection between empirical knowledge of trauma and its legal status, so that we can have a more consistent, humane, victim-centered justice model.

### *State of the Art*

Over the past 20 years, the academic literature on Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) in violent contexts has grown substantially, especially within interdisciplinary fields integrating law, psychology, and human rights. But even so, significant areas remain for legal acknowledgement of PTSD as a separate form of harm, particularly in Latin American jurisdictions. International legal and cross-disciplinary research shows that trauma-related mental health disorders, including PTSD, pose significant threats to victims' autonomy, dignity, and access to justice. Fundamental legal scholarship has stressed that psychological harm must be treated as a legally relevant injury within international human rights law when trauma is produced by violence or structural abuse (1). This is reinforced by approaches of victim-centered frameworks that connect trauma, rights and reparation within processes of transitional and ordinary justice (2). Psychologically and medico-legal studies have consistently found that PTSD is among the most common and disabling consequences of violence on survivors. Research analysing trauma and neuroscience and how they relate to law suggest that the legal system should include scientific evidence of mental injury into the rationale and compensation provisions of the law (3). Likewise, empirical work on

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

psychological torture and severe trauma reveals that PTSD often occurs when legal culpability and restitution are lacking or delayed (4). High violence and trauma exposure has been reported, based upon empirical and socio-legal data from Latin America, particularly women and marginalized groups. Findings in large-scale analyses of the prevalence of gender-based violence in the region indicate strong associations of violence, PTSD, depression, and sustained psychosocial harm, with challenges highlighted of effective translation of various legal reforms (5,6). These results align with research centered on women's mental health in Latin America, where PTSD has been recognized as a continued consequence of structural inequity and violence (7). The same dynamics are illustrated in country-by-country studies. In Ecuador, previous qualitative and interdisciplinary studies have examined political trauma, collective memory and psychosocial effects of violence with an explicit focus on the magnitude of victimization and limited capacity of institutions to address trauma (8,9). Supporting case studies on intimate partner violence in susceptible contexts have found that PTSD symptoms continue to accompany female patients while seeking judicial protection, indicating how the legal system struggles to respond effectively to psychological harm (10). Cross-cultural and comparative research extends this view, indicating that PTSD is recognized as a significant manifestation of violence across multiple legal systems. As studies show, no matter what jurisdiction, PTSD is one of the most observed effects in child sexual abuse (11) and must be covered by legal remedies that are anticipatory and restorative. Likewise, complex PTSD studies on survivors of intimate partner violence have indicated that legal actions themselves can compound trauma when psychological damage is not sufficiently recognized (12). Comparative criminal and human rights law has also scrutinized this treatment of PTSD. Analyses of women's access to justice in various legal systems suggest that trauma-related disorders are often invisible in criminal law, though they have a significant effect on victims in engaging with the justice system (13). Studies on trafficking and victims' rights in Ecuador also demonstrate how international legal obligations acknowledge psychological harm, but domestic practice is uneven (14). It has been extended in the past few years to include larger justice frameworks such as transitional justice and law-and-emotion studies. These works contend that emotions and trauma are central in forming victims' experiences of justice and that ignoring PTSD compromises the legitimacy of legal responses to violence (15,16). A post-conflict and post-crisis approach also reveal that unhealed trauma exacerbates cycles of violence and legal marginalization (17,18). Recent empirical evidence continues to confirm the importance of PTSD in the twenty-first century today. Research in COVID-19 and post-COVID has shown high rates of secondary traumatic stress and PTSD symptoms in professionals exposed to violence and crisis, thus emphasizing the necessity for integrated legal and mental health protections (19). At a regional level, analyses of gender-based and sexual violence in Latin America reveal further how institutional responses fail to address the psychological aspect of victimization (20). Human rights institutions and public health centers worldwide have long acknowledged violence as a significant determinant of mental health outcome. The World Health Organization reports that trauma-related disorders are prevalent in

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

victims of violence, and thus, states have a responsibility to provide access to rehabilitation and mental health care as part of overall reparation (21). Overall, the evidence demonstrates the commonalities of research across diverse professions, with a strong correlation between the prevalence and severity of PTSD among all victims of violence. However, literature also reflects a continued deficit in empirical understanding of such an issue and its legal embedding, as well, particularly in Ecuador and like countries. Despite increasing recognition within international and comparative scholarship of PTSD as a legally relevant harm, domestic legal frameworks remain lagging, thus providing rationale for the current study.

## MATERIALS AND METHODS

This study is qualitative in nature, descriptive, analytical, and comparative. The approach is based on principles of legal research similar to those traditionally used in doctrinal and socio-legal analysis so it will enable a synthesis of normative foundations and interdisciplinary evidence on mental health and trauma. This methodological method lends itself well to studying the legal consequences related to Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) in violence victims, in particular, and allows for the explanation of empirical outcomes according to legal reasoning and human rights norms.

The research process in this study is visually presented below to help clarify the underlying methodology that guided our approach. The following infographic illustrates the sequential and integrative nature of the methods that describes how the literature review, legal analysis, comparative study, and integrative analysis are outlined, addressing the legal effects of Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) on victims of violence within the Ecuadorian and international legal frameworks (Figure 1).

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12




***Figure 1. Research Methodology Overview: The diagram summarizes the main stages of the research process, including the systematic literature review, normative and doctrinal analysis of Ecuadorian law, comparative legal analysis, and integrative synthesis. This methodological structure enables the articulation of empirical evidence on Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) with legal reasoning and international human rights standards.***

A visual synthesis of the methodological journey of this study is illustrated in Figure 1. As illustrated in the figure, this study starts with a systematic review of the interdisciplinary academic literature to identify empirical evidence and theoretical approaches related to Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) in contexts of violence. The third part depicts the change to a normative and doctrinal analysis of the Ecuadorian legal system and demonstrates how psychological harm and trauma are framed in domestic law. The comparative legal analysis stage focuses on the consideration of international human rights instruments and some foreign legal contexts to identify normative standards and best practices. The integrative analysis stage lastly connects empirical results to legal norms through the identification of legal gaps and providing interpretative guidance for the findings discussed below.

The research focuses solely on secondary sources and thus does not involve direct interaction with human subjects. The most important sources of research are academic literature, legal codes of practice, jurisprudence, and international reports from relevant institutions. This approach

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

enables good ethical practices and rigorous analysis, as well as provides a basis for identifying normative deficiencies and comparative trends. This methodological process had sequential and complementary phases. To begin with, the systematic review of the peer-reviewed academic literature was performed to identify relevant empirical data and theoretical methods of PTSD in violence contexts (e.g., gender-based violence, political violence, human rights abuses). Second, a normative and doctrinal review of the Ecuadorian legislation was conducted in relation to constitutional clauses, criminal statutes, and victim protection regulations regarding mental health and comprehensive reparation. Third, we carried out a comparative legal assessment, using both international human rights law and foreign legal scholarship to compare Ecuadorian social norms to international standards and best practices. The following explanatory Table1 summarizes the methodological workflow adopted in this research before further detail of the analytical results.

***Table 1. Methodological design and analytical stages of the study.***

| Stage | Methodological action | Purpose | Sources |
|---|---|---|---|
| Stage 1 | Systematic literature review | Identify empirical and theoretical findings on PTSD and violence | Peer-reviewed journals, academic books, WHO and UN reports |
| Stage 2 | Normative and doctrinal analysis | Examine the legal treatment of psychological harm in Ecuador | Constitution, criminal law, victim protection legislation |
| Stage 3 | Comparative legal analysis | Contrast Ecuadorian law with international standards | International human rights instruments and comparative legal literature |
| Stage 4 | Integrative analysis | Identify gaps and support the interpretation of results | Cross-analysis of empirical and legal findings |

Table 1 illustrates the sequential and integrative methodological design of the study. The first stage enabled the identification of empirical evidence on PTSD and its documented effects on victims of violence. The second stage focused on assessing how such evidence is reflected—or omitted—in the Ecuadorian legal framework. The third stage introduced a comparative perspective, allowing for the evaluation of domestic law in light of international human rights standards. Finally, the integrative analysis connected empirical findings with legal norms, providing the basis for the results and discussion presented in the subsequent sections.

## RESULTS

Findings of the analysis of empirical and normative sources were the most relevant conclusions arising from reading the literature review. The findings are based on three main gaps that appear to be directly relevant to the title of this thesis: (i) the absence of empirical data on the prevalence of PTSD among violence victims in Ecuador; (ii) the limited legal recognition of psychological harm associated with non-physical forms of violence in the legal system; and (iii) the lack of clear

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

legislation that recognizes PTSD as an independent and compensable legal injury. Results are reported in tables, with an introduction prior to their display and explained immediately after according to journal editors' directions. Prior to making the empirical findings available, it should be noted that this information is extracted from peer-reviewed academic studies, institutional reports, and comparative legal analyses that were conducted in Ecuador, Latin America, and international contexts (Table 2).

***Table 2. Empirical evidence on PTSD prevalence in contexts of violence: The current table provides an overview of the data available on the prevalence of Post-Traumatic Stress Disorder in populations that have been subjected to these types of violence, underscoring the dearth of data specific to Ecuador.***

| Population / Study Context | Country or Region | Main Findings Related to PTSD | Source |
|---|---|---|---|
| Victims of forced displacement | Colombia | Approximately 26% met diagnostic criteria for PTSD | (22) |
| Women exposed to gender-based violence | Ecuador | High exposure to traumatic events; elevated risk factors for PTSD identified | (9) |
| Survivors of intimate partner violence | Latin America | PTSD identified as one of the most prevalent trauma-related disorders | (23) |
| Victims of human rights violations | Comparative studies | PTSD more frequently diagnosed than other mental disorders | (2) |

Table1 shows that while PTSD prevalence has been documented in several Latin American contexts, including Colombia and regional comparative studies, Ecuador lacks robust epidemiological data specifically focused on victims of violence. This gap limits the ability of legal systems to rely on empirical evidence when designing victim protection mechanisms and reinforces the need for national-level data collection (Table 3).

***Table 3. Relationship between types of violence and PTSD-related outcomes: findings on the association between different forms of violence and PTSD-related psychological outcomes, with particular attention to non-physical violence.***

| Type of Violence | Psychological Outcomes Identified | Key Findings | Source |
|---|---|---|---|
| Psychological violence | PTSD symptoms, anxiety, depression | Strong predictor of PTSD symptoms, sometimes exceeding physical violence | (8) |

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sexual violence | PTSD, dissociation, long-term trauma | Identified as a critical risk factor for chronic PTSD | (3) |
| Political and structural violence | PTSD, collective trauma | Trauma linked to long-term social and legal exclusion | (1) |

Table 3 demonstrates that psychological and sexual violence are consistently associated with severe PTSD-related outcomes. These findings are particularly relevant from a legal perspective, as they reveal a mismatch between empirical evidence and legal frameworks that often prioritize physical harm while underestimating psychological injury (Table 4).

***Table 4. Identified legal gaps in the Ecuadorian framework regarding PTSD: synthesizes the main legal gaps identified through doctrinal and comparative legal analysis of the Ecuadorian legal framework.***

| Legal Dimension | Identified Gap | Practical Consequences | Source |
|---|---|---|---|
| Criminal law | Lack of explicit recognition of PTSD as legal harm | Psychological damage often requires excessive evidentiary burden | (24) |
| Victim reparation | Absence of standardized criteria for PTSD compensation | Inconsistent judicial decisions on indemnification | (25) |
| Public policy | Fragmented mental health and victim protection policies | Limited access to specialized treatment for victims | (26) |

As illustrated by Table 4, the Ecuadorian legislation does not explicitly recognize PTSD as an autonomous legal harm, which leads to inconsistent judicial practices and limited access to comprehensive reparation. This gap in the legal framework contradicts international human rights standards, which emphasize rehabilitation and psychological recovery as central to victim reparation. The results demonstrate a clear disconnection between empirical evidence on trauma-related mental health consequences and their legal recognition within the Ecuadorian framework. These findings serve to furnish strong empirical and normative ground for the discussion and recommendations developed in the subsequent section.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

## DISCUSSION

The results discussed in the latter section disclose a structural and normative discrepancy between the real experience of trauma-related psychological injuries that traumatized peoples in Ecuador have in terms of their mental health distress exposure by the Ecuadorian legal system. This disparity is not confined to Ecuador, though relative data shows that other jurisdictions have made more headway in establishing psychopathology — especially PTSD — as a legally significant harm to individuals who have to undergo legal protection, reparation and rehabilitation efforts. First, the lack of comprehensive epidemiological studies on PTSD among violent crime survivors in Ecuador severely hampers judicial decisions according to evidence. Empirical research from Colombia, regional Latin American studies and global reviews have described highly variable rates of PTSD in populations displaced, subjected to gender based violence, and victims of human rights violations according to Table 1. Corresponding patterns have been reported by Donoso (8) and Capella et al. (9), in Ecuadorian cases but are primarily qualitative or indirect analyses. However, where there is little nationwide representative data, there exists the vacuum in which legal actors must rely on fragmented or external forms of evidence thereby limiting the ability of courts to fully assess psychological harm. Second, the study findings with links between types of violence and PTSD outcomes (Table 2) support a fundamental insight highlighted in the literature that demonstrates psychological and sexual violence are among the strongest predictors of PTSD and long-term trauma. This observation aligns with a range of interdisciplinary studies that connect exposure to violence to extreme mental health outcomes (3,23). Legally, this flies in the face of well-established paradigms that regard physical injury over psychological damage. The need to consider trauma-related mental disabilities as a part of a human rights framework whereby dignity, autonomy, and availability of rehabilitation are core legal obligations of the State (1). Third, the legal gaps outlined in Table 3 demonstrate persistent deficiencies in Ecuadorian law, particularly that of explicit recognition of PTSD as a specific, autonomous harm and a claim for compensation. While Ecuador's laws recognize the principle of comprehensive reparation and mental healthcare, lack of an explicit consideration of PTSD leads to uneven justice and to an added evidence load for its victims. Analogous worries have been expressed in comparative legal scholarship, stressing the necessity of establishing clear normative standards guaranteeing equal access to justice for victims suffering from psychological injury (2,27). The comparative nature of this article also provides further implications that Ecuador should add international human rights standards and best practices in its domestic legislation. International and foreign jurisprudence is more and more sensitive to the recognition of psychological injury as part of victimization, especially when gender based violence and structural trauma are involved. A failure to bring domestic law in line with these standards puts at risk a situation in which secondary victimization is repeated and the effectiveness of legal remedies is compromised. In conclusion, the work addresses the need for empirical mental health evidence to be incorporated in legal reasoning and policy making. Not only does defining PTSD as a legally relevant harm enhance judicial

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

coherence, it would strengthen the support we need to achieve victim-centered justice by ensuring rehabilitation, appropriate compensation, and the assurance of non-repetition. These implications underlie the findings and recommendations proposed in the next section.

## CONCLUSIONS

This article explains how Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) is a serious and lasting disorder resulting from violence that reaches well beyond the clinical domain and is linked to the legal aspects in determining victims' right to justice, reparation, and rehabilitation. The study establishes that, while both the empirical and the interdisciplinary literature all agree that PTSD is a serious type of psychological harm, its treatment in the framework of the Ecuadorian law remains restricted, fragmented, and inadequately articulated. There is, however, a critical void in systematic and country-level data to date on the occurrence of PTSD among victims of violence in Ecuador as is identified by the study. This lack is a serious empirical deficiency in the ability of legal institutions to support judicial reasoning and public policy with evidence-based assessment of psychological harm. Consequently, courts and decision-makers are frequently dependent upon fragmented information or a lack of direct information, which undermines the effective protection of victims' rights. Second, the findings suggest that non-physical violence, especially psychological and sexual violence, is closely related to the likelihood of experience of PTSD and a range of chronic, life-long mental illness. This is a point which threatens normative legal theories focusing on physical harm against psychological injuries, even as it makes huge impact on the victim autonomy, dignity, and social involvement. This kind of imbalance is antithetical as far as current understandings of full reparation and human rights protection are concerned. Thirdly, the comparison suggests that Ecuadorian law does not have a clear set of guidelines that frame PTSD as a legitimate, compensable legal injury. While current norms include extensive reparation as well as mental health supports, the lack of unequivocal legal standards means that judicial practices are inconsistent, the burden is greater for victims and victims are not given equal access to compensation and rehabilitation. On account of these findings, the article highlights a pressing need for translating empirical understanding of trauma-related mental health into legal recognition of mental disorders. However, PTSD could be integrated into both legal reasoning and normative frameworks, which would lead to better judicial consistency, improved victim protection and greater compliance with international human rights laws. In fact, a trauma-informed legal approach is an important step towards a more humane, efficient and victim-centred justice system for Ecuadorian citizens' rights, one which considers those from all corners and seeks to provide victims as its main beneficiaries.

***IA***

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

In the preparation of this manuscript, artificial intelligence tools based on large language models were used in a limited and auxiliary manner. Specifically, ChatGPT (OpenAI) was employed to support tasks related to language editing, stylistic improvement, and the organization of preliminary drafts of certain sections of the text. The tool was also used to assist with the translation and refinement of academic language into English.

At no stage was artificial intelligence used to generate original scientific claims, empirical data, legal analysis, or conclusions. All substantive content, interpretations, arguments, and final decisions regarding structure, methodology, results, discussion, and conclusions are the sole responsibility of the author. The author has critically reviewed, edited, and validated the entire manuscript to ensure its accuracy, coherence, originality, and compliance with academic and ethical standards.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

1. Gallagher M, Perlin ML. The pain I rise above: How international human rights can best realize the needs of persons with trauma-related mental disabilities. Fla J Int Law. 2017;29(1):1-56.
2. Vanfraechem I, Pemberton A, Ndahinda F. Justice for victims: Perspectives on rights, transition and reconciliation. London: Routledge; 2014.
3. Bottalico B, Bruni T. Post-traumatic stress disorder, neuroscience, and the law. Int J Law Psychiatry. 2012;35(3):189-97.
4. Sales PP. Psychological torture: Definition, evaluation and measurement. London: Routledge; 2016.
5. Morrison AR, Ellsberg M, Bott S. Addressing gender-based violence in the Latin American and Caribbean region: A critical review of interventions. Washington, DC: World Bank; 2004.
6. Bott S, Morrison AR, Ellsberg M. Preventing and responding to gender-based violence in middle and low-income countries: A global review and analysis. Washington, DC: World Bank; 2005.
7. Gaviria SL, Rondon MB. Some considerations on women's mental health in Latin America and the Caribbean. Int Rev Psychiatry. 2010;22(4):363-9.
8. Donoso G. "I have never worked with victims so victimized": Political trauma and the challenges of psychosocial interventions in Ecuador. J Soc Polit Psychol. 2018;6(2):493-517.
9. Capella M, Jadhav S, Moncrieff J. History, violence and collective memory: Implications for mental health in Ecuador. Transcult Psychiatry. 2020;57(3):403-18.
10. Mañas C, Martínez MA, Burgueño F. Intimate partner violence in vulnerable contexts: A case study. Societies. 2023;13(4):1-17.

11. Collin-Vézina D, Daigneault I, Hébert M. Lessons learned from child sexual abuse research: Prevalence, outcomes, and preventive strategies. Child Adolesc Psychiatry Ment Health. 2013;7(22):1-15.
12. Fernández-Fillol C, Pitsiakou C. Complex PTSD in survivors of intimate partner violence: Risk factors related to symptoms and diagnoses. Eur J Psychotraumatol. 2021;12(1):1-14.
13. Haini FH, Pradikta HY. Constructing women's right to justice in Indonesian and American criminal law: A comparative study. Journal of Comparative Criminal Law. 2024;12(1):77-101.
14. Onofa Torres P. International law on trafficking and victims' right to education in Ecuador: Whose responsibility? (Tesis de maestría inédita). Lund: Lund University; 2012.
15. Karstedt S. Between micro and macro justice: Emotions in transitional justice. En: Karstedt S, editor. Research handbook on law and emotion. Cheltenham: Edward Elgar; 2021. p. 233-49.
16. Suk J. The trajectory of trauma: Bodies and minds of abortion discourse. Columbia Law Rev. 2010;110(5):1193-249.
17. Wale K, Gobodo-Madikizela P, Prager J. Post-conflict hauntings: Transforming memories of historical trauma. London: Routledge; 2020.
18. Amendola A. Violence in times of peace: How trauma perpetuates family violence in post-conflict environments (Tesis doctoral). Pittsburgh: University of Pittsburgh; 2020.
19. Jaramillo-Cartwright MJ, Mafla-Viscarra A. Measuring compassion satisfaction, burnout, and secondary traumatic stress among health care providers in Ecuador during COVID-19. Disaster Med Public Health Prep. 2025;19:1-9.
20. León L, Céspedes L. Gender-based and sexual violence in Latin America: Structural factors, psychological impacts and challenges of institutional response. Journal of Law and Epistemic Studies. 2025;7(1):45-68.
21. World Health Organization. Violence against women prevalence estimates, 2018. Geneva: World Health Organization; 2021.
22. Cabas-Hoyos K, Villamil-Benítez I, Uribe-Urzola A, Otero CR, González-Bracamonte Y. Prevalencia de trastorno de estrés postraumático TEPT y eventos asociados en víctimas de desplazamiento forzado en la ciudad de Montería. Inf Psicol. 2022;22(1):251-65. doi:10.18566/infpsic.v22n1a15.
23. Wessells MG, Kostelny K. The psychosocial impacts of intimate partner violence against women in low- and middle-income contexts: Toward a holistic approach. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(6):3456.
24. Alvarado Nolivos DC. El castigo a la víctima de violencia psicológica en el Ecuador. Pol Con. 2022;7(7):2481-99
25. Orzechowski M, Wigand ME, Nowak M. Post-traumatic stress disorder, human rights and access to healthcare: An analysis of judgments of the European Court of Human Rights from an ethical perspective. Eur J Health Law. 2021;28(3):221-45.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 401-414
DOI:
https://doi.org/10.56519/3y43hx12

26. Vinces Sornoza TP, Villavicencio Macías RY, Cedeño Orejuela JA, Luque Loor AH, Melis Sosa A, Añazco Moreira PC, et al. Salud mental y políticas públicas: una revisión crítica de la normativa ecuatoriana. Rev Cient Cienc Salud. 2025;7:e7501. doi:10.53732/rccsalud/2025.e7501.
27. Orzechowski M, Wigand ME, Nowak M. Post-traumatic stress disorder, human rights and access to healthcare: An analysis of judgments of the European Court of Human Rights from an ethical perspective. Eur J Health Law. 2021;28(3):221-45.

POLITÉCNICA DE LA CIENCIA

# REVISTA POLITÉCNICA DE LA CIENCIA

ISSN: 3091-2008

EDICIÓN ESPECIAL
NOVIEMBRE 2026

## CÓDIGO POSTAL

170526

## CONTACTO

+593 098 320 4362

publicaciones@politecnicadelaciencia.com