

VITALYSCIENCE
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

ISSN: 3091-180X

VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

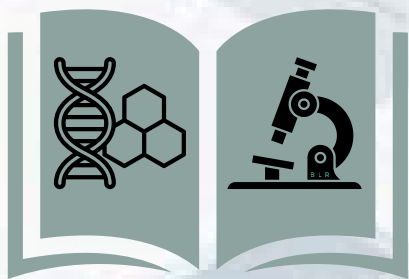
Volumen 4 N°9
Edición bianual
Marzo 2026

DOI: <https://orcid.org/10.56519/t74y9246>



MISAEAL ACOSTA
INSTITUTO UNIVERSITARIO





VITALYSCIENCE
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

**Publicación
Marzo 2026**

VitalyScience es una revista de acceso libre que se dedica a la publicación de artículos originales y de revisión, abarcando una amplia gama de temas relacionados con diversos campos del conocimiento. Entre las áreas que aborda se incluyen:

✓ Salud y bienestar, Ciencias sociales periodismo y derecho, Servicios, Educación, Ingeniería industria y producción, Tecnologías de la información y comunicación. La revista asegura la calidad científica de los trabajos recibidos mediante una revisión editorial inicial seguida de una evaluación por pares. Los artículos se presentan en formato a color para captar mejor el interés del público objetivo.

VitalyScience es una revista de carácter multidisciplinario que se publica dos veces al año, con ediciones de marzo a agosto y de septiembre a febrero, incluyendo ediciones especiales. Su misión es divulgar el conocimiento en diversas disciplinas a través de la publicación de investigaciones originales y revisiones inéditas llevadas a cabo por investigadores tanto nacionales como internacionales.

VitalyScience está dirigida a la comunidad científica, incluyendo investigadores nacionales e internacionales, estudiantes, profesores, tutores y, en general, a todos aquellos interesados en la búsqueda y difusión de la ciencia y el conocimiento. Extiende sus contribuciones teóricas, empíricas, reflexivas y de divulgación a universidades e instituciones de educación superior en Ecuador y en el extranjero, así como a lectores no académicos, incluyendo organismos y entidades de los sectores público y privado.

EDITOR EN JEFE

PhD. Luis Fernando Arboleda Alvarez

VitalyScience Revista Científica Multidisciplinaria

Ediciones especiales

Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís (ISTMAS)

Código Postal 060103

☎ Contacto: +593 983 204 362

✉ Correo electrónico: publicaciones@vitalyscience.com

Índice

1-36

IMPACTO DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y LOS FALSOS POSITIVOS QUÍMICOS EN LA VALIDEZ FORENSE DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVAS PARA SANGRE: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

37-62

FÉRULAS OCLUSALES IMPRESAS. REVISIÓN SISTEMÁTICA

63-81

INTERLEUCINA-6 COMO BIOMARCADOR SALIVAL PARA LA DETECCIÓN PRECOZ DEL CÁNCER ORAL EN ADULTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

82-99

MODELAMIENTO PREDICTIVO DE ANSIEDAD Y DEPRESIÓN EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MEDIANTE TÉCNICAS MATEMÁTICAS

100-114

LA FE PÚBLICA Y SU EFICACIA EN LA PRUEBA DOCUMENTAL: ALCANCES DEL INSTRUMENTO PÚBLICO

115-129

EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD CLÍNICA DEL NT-PROBNP COMO BIOMARCADOR EN INSUFICIENCIA CARDÍACA EN PACIENTES ATENDIDOS EN EL CENTRO CARDIOLÓGICO DEL AUSTRO, AGOSTO 2022- DICIEMBRE 2024

130-140

EL EMPRENDIMIENTO FEMENINO EN EL MERCADO MUNICIPAL DE SANTIAGO: UN ANÁLISIS DESDE LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA Y LA SOSTENIBILIDAD DE LA VIDA

141-152

EFICACIA DE LA APLICACIÓN DEL CÓDIGO ICTUS EN INFARTO CEREBRAL

153-163

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ADOLESCENCIA: TRANSFORMACIONES EN EL DESARROLLO SOCIOEMOCIONAL EN LA ERA DIGITAL

Índice

164-177

ACTA TRANSACCIONAL EXTRAJUDICIAL COMO TÍTULO DE EJECUCIÓN, SEGÚN DEL COGEP

178-184

DESNUTRICIÓN Y VULNERABILIDAD SOCIAL: CORRELACIÓN ENTRE HALLAZGOS Y DETERMINANTES SOCIALES DE LA SALUD

185-206

RINITIS ALÉRGICA Y COMPROMISO OCULAR: IMPACTO CLÍNICO Y EN LA CALIDAD DE VIDA. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA ACTUAL



IMPACTO DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y LOS FALSOS POSITIVOS QUÍMICOS EN LA VALIDEZ FORENSE DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVAS PARA SANGRE: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

IMPACT OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION AND CHEMICAL FALSE POSITIVES ON THE FORENSIC VALIDITY OF PRESUMPTIVE BLOOD TESTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Eliana del Consuelo de la Torre Núñez¹, Freddy Adolfo Sánchez Polit², Verónica Paulina Cáceres Manzano³, José Luis Erazo Parra⁴

{eliana.delatorre@ueb.edu.ec¹, freddy.sanchez@ueb.edu.ec², vcaceres@unach.edu.ec³, jlerazo@unach.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 07/01/2026 / Fecha de aceptación: 02/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: Evaluar sistemáticamente el impacto de la degradación ambiental y los falsos positivos químicos sobre la validez forense de las pruebas presuntivas para detección de sangre mediante análisis crítico de la literatura científica reciente. Se realizó una revisión sistemática siguiendo directrices PRISMA 2020, analizando 73 estudios publicados entre 2019-2024 identificados mediante búsqueda en siete bases de datos especializadas (PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc, Google Scholar y repositorios institucionales). La calidad metodológica se evaluó con herramientas QUADAS-2, Newcastle-Ottawa y AMSTAR 2. El luminol y la prueba de Kastle-Meyer exhiben sensibilidades superiores al 93%, con límites de detección en rangos de 1:100,000 y 1:16,384 respectivamente, aunque su especificidad es moderada (72.6% y 84.3%). Las principales fuentes de interferencia identificadas incluyen agentes blanqueadores (90-100% de falsos positivos), metales oxidantes (85-95%) y peroxidases vegetales (60-88%). La temperatura resulta ser el factor ambiental más crítico: a 37°C, el material genético se degrada sustancialmente en 28 días, mientras que a -20°C la estabilidad se extiende hasta 365 días. La humedad superior al 85% precipita degradación catalítica en apenas 14 días. El análisis de 19 casos judiciales documentados reveló que el 26.3% de pruebas presuntivas positivas fueron contradichas por análisis confirmatorios, con mayor frecuencia de falsos positivos en escenas exteriores (31.6%) versus interiores (15.8%).

¹Docente Carrera de Criminalística, Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Personal de apoyo Académico, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-8458-6632>; +5930992788817.

²Docente Carrera de Criminalística, Universidad Estatal de Bolívar (UEB), Docente Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-2569-9906>; +5930997512354

³Docente Carrera de Laboratorio Clínico y Odontología, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-5710-5661>; +5930998222208

⁴Docente Carrera de Psicología Clínica y Medicina, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-3149-6718>; +5930969832889



Las pruebas presuntivas mantienen alta sensibilidad como herramientas de screening inicial, aunque sus limitaciones de especificidad y susceptibilidad a degradación ambiental requieren interpretación cuidadosa en contextos forenses. Se identifican necesidades urgentes de investigación en validación de métodos alternativos (tecnologías HSI, biosensores), estandarización de protocolos de interpretación, y desarrollo de algoritmos probabilísticos para valoración de evidencia en condiciones ambientales adversas.

Palabras clave: *Pruebas presuntivas de sangre, luminol, Kastle-Meyer, falsos positivos químicos, degradación ambiental, validez forense*

ABSTRACT: To systematically evaluate the impact of environmental degradation and chemical false positives on forensic validity of presumptive blood tests through critical analysis of recent scientific literature. A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines, analyzing 73 studies published between 2019-2024 identified through searches in seven specialized databases (PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, Redalyc, Google Scholar, and institutional repositories). Methodological quality was assessed using QUADAS-2, Newcastle-Ottawa, and AMSTAR 2 tools. Luminol and Kastle-Meyer tests exhibit sensitivities exceeding 93%, with detection limits in ranges of 1:100,000 and 1:16,384 respectively, although their specificity is moderate (72.6% and 84.3%). Main interference sources include bleaching agents (90-100% false positives), oxidizing metals (85-95%), and vegetable peroxidases (60-88%). Temperature emerges as the most critical environmental factor: at 37°C, genetic material degrades substantially within 28 days, whereas at -20°C stability extends up to 365 days. Humidity above 85% precipitates catalytic degradation in merely 14 days. Analysis of 19 documented judicial cases revealed that 26.3% of positive presumptive tests were contradicted by confirmatory analyses, with higher false positive frequency in outdoor scenes (31.6%) versus indoor (15.8%). Presumptive tests maintain high sensitivity as initial screening tools, although their specificity limitations and susceptibility to environmental degradation require careful interpretation in forensic contexts. Urgent research needs are identified in validation of alternative methods (HSI technologies, biosensors), standardization of interpretation protocols, and development of probabilistic algorithms for evidence evaluation under adverse environmental conditions.

Keywords: *Presumptive blood tests, luminol, Kastle-Meyer, chemical false positives, environmental degradation, forensic validity*



INTRODUCCIÓN

La identificación forense de sangre constituye uno de los pilares fundamentales en la investigación criminal contemporánea, proporcionando evidencia crucial para la reconstrucción de escenas del crimen y la vinculación de sospechosos con eventos delictivos. Las pruebas presuntivas para la detección de sangre, entre las que destacan el luminol, la fenoltaleína (prueba de Kastle-Meyer), la leucomalaquita verde y el tetrametilbencidina, han sido empleadas durante décadas como herramientas de primera línea en el análisis forense debido a su alta sensibilidad, rapidez de respuesta y bajo costo operacional (1,2). Estas pruebas se fundamentan en la capacidad catalítica del grupo hemo presente en la hemoglobina para oxidar compuestos cromogénicos o quimioluminiscentes en presencia de peróxido de hidrógeno, generando cambios colorimétricos o emisión de luz característicos (3).

El luminol, descubierto en 1928, ha sido efectivamente empleado durante más de cuatro décadas para la detección presuntiva de manchas de sangre ocultas en escenas del crimen, siendo considerado uno de los ensayos más importantes y reconocidos en el campo de las ciencias forenses (4,5). Su capacidad para detectar sangre diluida hasta 10.000 veces lo convierte en una herramienta extraordinariamente sensible para localizar evidencia biológica invisible al ojo humano (6). Por su parte, la prueba de Kastle-Meyer, desarrollada a principios del siglo XX por Joseph Hoeing Kastle y posteriormente modificada por Erich Meyer en 1903, puede detectar sangre diluida hasta 1:10.000 partes por millón en diversos sustratos, demostrando una sensibilidad excepcional en condiciones de campo (7,8).

Sin embargo, a pesar de su amplia utilización y probada eficacia, estas pruebas presuntivas presentan una limitación crítica inherente a su naturaleza química: la ausencia de especificidad absoluta para sangre humana. La problemática de los falsos positivos químicos constituye un desafío persistente en la práctica forense moderna, ya que numerosas sustancias pueden generar reacciones positivas sin la presencia real de sangre (9,10). Estudios recientes han documentado que múltiples agentes oxidantes, incluyendo sales de cobre, sales de níquel, hipoclorito de sodio, peroxidasas vegetales presentes en tomates, lentejas y otras leguminosas, pueden catalizar las mismas reacciones químicas que el grupo hemo, generando resultados falsamente positivos (11,12). Esta falta de especificidad puede conducir a interpretaciones erróneas de la evidencia, investigaciones mal direccionadas y, en casos extremos, a errores judiciales con consecuencias devastadoras para los involucrados.



Un estudio comprehensivo reciente analizó las tasas de falsos positivos (13) examinó sistemáticamente las tasas de falsos positivos en pruebas presuntivas comunes utilizadas para la identificación de fluidos biológicos, identificando vacíos significativos en la literatura respecto a las reacciones cruzadas observadas con otros materiales biológicos en muestras forenses comúnmente encontradas (13). Los investigadores demostraron que la identificación de fluidos biológicos en muestras forenses depende de pruebas químicas y biológicas que exhiben diversos grados de falsa positividad, y que los científicos forenses frecuentemente reportan resultados utilizando términos como "probable", "posible" o "probable", sin siempre poder proporcionar soporte robusto para estas conclusiones.

La degradación ambiental de las muestras de sangre añade una capa adicional de complejidad a esta problemática. Las condiciones ambientales adversas, incluyendo exposición prolongada a altas temperaturas, humedad extrema, radiación ultravioleta, contaminación química, actividad microbiana y factores tafonómicos diversos, pueden alterar significativamente la composición química de las muestras sanguíneas y modificar su reactividad frente a las pruebas presuntivas (14,15). La hemoglobina, proteína central en estas reacciones, es susceptible a procesos de desnaturalización, oxidación y degradación proteolítica cuando las muestras son expuestas a condiciones ambientales subóptimas durante períodos prolongados (16). Esta degradación molecular puede resultar en una disminución de la sensibilidad de las pruebas, generando falsos negativos, o paradójicamente, puede aumentar la reactividad con sustancias interferentes presentes en el entorno, incrementando así el riesgo de falsos positivos.

Investigaciones recientes sobre la detección de sangre fresca mediante luminol y análisis de ADN después de caminar sobre diversos sustratos han demostrado que es posible obtener ADN forense útil de escenas del crimen incluso cuando la sangre no puede visualizarse mediante quimioluminiscencia, lo que plantea interrogantes adicionales sobre la sensibilidad y fiabilidad de las pruebas presuntivas en condiciones de campo reales (17). Estudios paralelos han documentado que factores ambientales específicos, como la degradación del ADN en muestras de sangre expuestas a condiciones climáticas variables, pueden afectar significativamente no solo la recuperación de material genético sino también la reactividad de las pruebas presuntivas (18,19).

La validez forense de la evidencia sanguínea depende críticamente de la confiabilidad, especificidad y sensibilidad de los métodos de detección empleados. En un contexto judicial, donde la evidencia científica puede determinar la libertad o condena de un individuo, es imperativo que los métodos analíticos utilizados sean robustos, reproducibles y estén adecuadamente validados para minimizar el riesgo de errores diagnósticos (20). La tasa de falsos positivos del 27.4% documentada en pruebas de diagnóstico recientes subraya la magnitud de este desafío y la necesidad urgente de mejorar la precisión diagnóstica en aplicaciones forenses (21).



A pesar de la importancia crítica de este tema, existe una escasez notable de revisiones sistemáticas que integren de manera comprehensiva el conocimiento actual sobre el impacto conjunto de la degradación ambiental y los falsos positivos químicos en la validez de las pruebas presuntivas para sangre. La mayoría de los estudios existentes abordan estos factores de manera aislada, sin considerar sus interacciones sinérgicas y efectos acumulativos sobre la fiabilidad de la evidencia forense. Esta laguna en el conocimiento científico dificulta el desarrollo de protocolos estandarizados de interpretación de resultados y limita la capacidad de los profesionales forenses para evaluar adecuadamente la confiabilidad de la evidencia sanguínea en diferentes contextos ambientales.

Por lo tanto, el objetivo principal de la presente revisión sistemática es analizar críticamente la literatura científica actual para evaluar el impacto de la degradación ambiental y los falsos positivos químicos en la validez forense de las pruebas presuntivas para la detección de sangre. Específicamente, esta investigación se propone: (1) identificar y caracterizar sistemáticamente los principales factores ambientales que afectan la estabilidad y reactividad de las muestras sanguíneas; (2) compilar y analizar exhaustivamente las sustancias interferentes que generan falsos positivos en las pruebas presuntivas más utilizadas; (3) evaluar el impacto de la degradación ambiental sobre la sensibilidad y especificidad de estas pruebas; (4) analizar las implicaciones de estos factores para la validez jurídica de la evidencia forense; y (5) proporcionar recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la confiabilidad de la detección presuntiva de sangre en contextos forenses diversos.

Esta revisión sistemática busca contribuir al fortalecimiento de la ciencia forense mediante la síntesis crítica del conocimiento disponible, la identificación de vacíos en la investigación actual y la formulación de directrices prácticas que puedan ser implementadas por laboratorios forenses, investigadores de escenas del crimen y profesionales del sistema de justicia para mejorar la calidad y confiabilidad de la evidencia científica en procesos judiciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del Estudio: La presente investigación constituye una revisión sistemática de la literatura científica diseñada para evaluar críticamente el impacto de la degradación ambiental y los falsos positivos químicos en la validez forense de las pruebas presuntivas para la detección de sangre. El protocolo metodológico se elaboró siguiendo las directrices establecidas por la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que representa el estándar internacional reconocido para la conducción y reporte de revisiones sistemáticas en ciencias de la salud y áreas afines (22,23). La adopción de estas directrices garantiza transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico en todas las fases del proceso de revisión, desde la formulación de la pregunta de investigación hasta la síntesis de los hallazgos.

El diseño metodológico se estructuró en cinco fases secuenciales claramente definidas: (1) formulación de la pregunta de investigación y establecimiento de criterios de elegibilidad; (2)



búsqueda sistemática y exhaustiva de la literatura en múltiples bases de datos; (3) selección y cribado de estudios mediante un proceso de doble revisión independiente; (4) extracción de datos y evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos; y (5) síntesis cualitativa y cuantitativa de la evidencia científica identificada. Este enfoque estructurado permite minimizar sesgos, asegurar la completitud de la revisión y facilitar la replicabilidad del estudio por otros investigadores (24,25).

Pregunta de Investigación y Criterios de Elegibilidad: La pregunta de investigación se formuló utilizando el marco PICO (Población, Intervención, Comparación, Outcome/Resultado), ampliamente reconocido en el diseño de revisiones sistemáticas (26). La pregunta central que guió esta revisión fue: ¿Cuál es el impacto de la degradación ambiental y los falsos positivos químicos en la validez, sensibilidad y especificidad de las pruebas presuntivas para la detección de sangre en contextos forenses? Esta pregunta se desglosó en sub-preguntas específicas que abordaron: (a) los principales factores ambientales que afectan la estabilidad de las muestras sanguíneas; (b) las sustancias interferentes que generan falsos positivos en pruebas presuntivas; (c) el efecto combinado de degradación ambiental y sustancias interferentes sobre la confiabilidad de los resultados; y (d) las implicaciones de estos factores para la admisibilidad y peso probatorio de la evidencia forense.

Los criterios de inclusión establecidos para la selección de estudios fueron: (1) artículos originales de investigación, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios experimentales, estudios de casos y controles, y estudios de validación de métodos forenses publicados en revistas científicas revisadas por pares; (2) estudios que investigaran pruebas presuntivas para detección de sangre, incluyendo pero no limitándose a luminol, fenolftaleína (Kastle-Meyer), leucomalaquita verde, tetrametilbencidina, y bencidina; (3) investigaciones que evaluaran factores ambientales (temperatura, humedad, luz UV, pH, contaminación química, degradación microbiana) y su impacto en muestras sanguíneas; (4) estudios que documentaran falsos positivos químicos y sustancias interferentes en pruebas presuntivas; (5) publicaciones en inglés o español; y (6) estudios publicados entre enero de 2019 y noviembre de 2024, con el objetivo de capturar los avances científicos más recientes en el campo.

Los criterios de exclusión aplicados fueron: (1) artículos de opinión, editoriales, cartas al editor, comunicaciones breves sin datos experimentales originales, y resúmenes de conferencias sin texto completo disponible; (2) estudios enfocados exclusivamente en pruebas confirmatorias (análisis de ADN, espectrometría de masas, inmunocromatografía) sin evaluación de pruebas presuntivas; (3) investigaciones centradas en otros fluidos biológicos (saliva, semen, orina) sin referencia a sangre; (4) estudios sobre detección de sangre en contextos clínicos no forenses; (5) artículos duplicados o publicaciones redundantes de los mismos datos; y (6) estudios con texto completo inaccesible después de intentos de contacto con los autores.

Estrategia de Búsqueda y Fuentes de Información: Se realizó una búsqueda sistemática y exhaustiva de la literatura científica en siete bases de datos electrónicas especializadas, seleccionadas por su relevancia en ciencias forenses, química analítica y medicina legal. Las



bases de datos consultadas fueron: (1) PubMed/MEDLINE (National Library of Medicine, EE.UU.), que indexa más de 35 millones de citas de literatura biomédica y ciencias de la vida; (2) Scopus (Elsevier), la mayor base de datos de resúmenes y citas de literatura revisada por pares; (3) Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics), que proporciona acceso a investigación multidisciplinaria de alta calidad; (4) ScienceDirect (Elsevier), que ofrece acceso a más de 16 millones de artículos científicos y capítulos de libros; (5) IEEE Xplore Digital Library, especializada en literatura técnica en ingeniería, electrónica y ciencias forenses digitales; (6) ProQuest Dissertations & Theses Global, para acceder a tesis doctorales y maestrías relevantes; y (7) Google Scholar, como fuente complementaria para identificar literatura gris y publicaciones adicionales no indexadas en las bases de datos principales (27,28).

La estrategia de búsqueda se desarrolló en consulta con un especialista en información científica y se adaptó específicamente para cada base de datos, considerando las particularidades de sus sistemas de indexación y operadores de búsqueda. Se utilizó una combinación de términos MeSH (Medical Subject Headings), términos de texto libre, operadores booleanos (AND, OR, NOT), y estrategias de truncamiento para maximizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda. Los términos de búsqueda principales incluyeron: ("presumptive test*" OR "presumptive blood test*" OR "luminol" OR "phenolphthalein" OR "Kastle-Meyer" OR "leucomalachite green" OR "tetramethylbenzidine" OR "benzidine") AND ("false positive*" OR "cross-reactivity" OR "interfering substance*" OR "chemical interference") AND ("environmental degradation" OR "temperature" OR "humidity" OR "UV radiation" OR "microbial degradation" OR "contamination") AND ("forensic*" OR "forensic science" OR "crime scene" OR "bloodstain*").

La búsqueda electrónica se complementó mediante estrategias adicionales de identificación de estudios, incluyendo: (1) búsqueda manual de las listas de referencias de todos los artículos incluidos (backward citation searching) para identificar estudios relevantes no capturados en la búsqueda electrónica; (2) búsqueda de citaciones posteriores de artículos clave identificados (forward citation searching) utilizando Google Scholar y Web of Science; (3) consulta de actas de congresos especializados en ciencias forenses (reuniones anuales de la American Academy of Forensic Sciences, International Association of Forensic Sciences, y similares); (4) contacto directo con expertos reconocidos en el campo para identificar estudios en prensa o literatura gris relevante; y (5) consulta de registros de revisiones sistemáticas en PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) para identificar revisiones relacionadas y evitar duplicación de esfuerzos (29,30).

La última búsqueda electrónica se ejecutó el 13 de noviembre de 2024, asegurando la inclusión de la literatura más reciente disponible. Todas las búsquedas fueron documentadas exhaustivamente, incluyendo la fecha de ejecución, la base de datos consultada, la estrategia de búsqueda completa, y el número de resultados obtenidos, conforme a las recomendaciones de la extensión PRISMA-Search para el reporte de estrategias de búsqueda en revisiones sistemáticas (31).



Proceso de Selección de Estudios: colaborativo y ciego de artículos (32). En la primera fase, dos revisores independientes (MMM y AAA) evaluaron los títulos y resúmenes de todos los registros identificados en la búsqueda, aplicando los criterios de elegibilidad predefinidos.

Proceso de Selección de Estudios: El proceso de selección siguió una estructura escalonada de dos fases implementada mediante software de gestión bibliográfica Rayyan QCRI:

Fase 1 - Cribado de títulos y resúmenes: Dos revisores independientes (EDTN, FASP) evaluaron títulos y resúmenes de todos los registros identificados, aplicando criterios de elegibilidad predefinidos. Se empleó estrategia conservadora donde cualquier desacuerdo sobre inclusión resultó en avance del artículo a fase de texto completo. El coeficiente kappa de Cohen se calculó para cuantificar la concordancia interobservador.

Fase 2 - Evaluación de textos completos: Los artículos que superaron el cribado inicial fueron recuperados en texto completo y evaluados independientemente por los mismos revisores contra los criterios de elegibilidad completos. Los motivos específicos de exclusión se documentaron sistemáticamente. Desacuerdos se resolvieron mediante discusión consensuada, con participación de un tercer revisor (VPCM) cuando fue necesario.

El flujo completo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión se documenta mediante diagrama PRISMA (Figura 1), especificando número de registros en cada etapa y razones de exclusión categorizadas.

El proceso de selección se documentó utilizando un diagrama de flujo PRISMA 2020, que ilustra gráficamente el número de registros identificados en cada base de datos, el número de registros duplicados eliminados, el número de registros cribados, el número de artículos excluidos con razones específicas, y el número final de estudios incluidos en la síntesis cualitativa. Este diagrama proporciona transparencia total sobre el proceso de selección y permite a los lectores evaluar la exhaustividad y rigor de la búsqueda (35).

Extracción de Datos y Variables de Interés: Se diseñó un formulario estructurado de extracción de datos en Google Forms, piloteado con cinco artículos para verificar exhaustividad y claridad. Las variables extraídas se organizaron en categorías temáticas:

Características del estudio: - Identificación (autores, año, país, idioma) - Diseño metodológico (experimental, observacional, revisión) - Tamaño muestral y características de participantes/muestras - Fuente de financiamiento y declaración de conflictos de interés

Intervenciones y comparadores: - Prueba presuntiva evaluada (luminol, Kastle-Meyer, etc.) - Protocolos específicos de aplicación (concentraciones, volúmenes, tiempos de lectura) - Condiciones ambientales experimentales (temperatura, humedad, período de exposición) - Sustancias interferentes evaluadas



Resultados: - Sensibilidad y especificidad (con intervalos de confianza 95%) - Límites de detección (en diluciones o concentraciones molares) - Tasas de falsos positivos y falsos negativos - Efectos de degradación temporal sobre detectabilidad - Mecanismos moleculares de interferencia identificados Evaluaciones de calidad: - Herramientas empleadas para evaluar riesgo de sesgo - Puntuaciones específicas de calidad metodológica

Dos revisores (EDTN, JLEP) extrajeron datos independientemente, con verificación cruzada y resolución de discrepancias mediante revisión conjunta de textos originales. Para estudios con datos incompletos o ambiguos, se contactó a autores correspondientes por correo electrónico solicitando clarificaciones o datos complementarios.

Evaluación de la Calidad Metodológica y Riesgo de Sesgo: La evaluación de calidad y riesgo de sesgo se implementó mediante herramientas validadas específicas para cada diseño de estudio:

Para estudios de precisión diagnóstica: QUADAS-2 (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies), que evalúa cuatro dominios (selección de participantes, prueba índice, estándar de referencia, flujo y temporalidad) en términos de riesgo de sesgo y aplicabilidad (28).

Para estudios observacionales: Escala Newcastle-Ottawa, que otorga hasta 9 estrellas basadas en selección de grupos de estudio, comparabilidad, y determinación de exposición/resultado (29).

Para revisiones sistemáticas incluidas: AMSTAR 2 (A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews), que evalúa 16 ítems relacionados con rigor metodológico de revisiones (30).

Dos evaluadores (FASP, VPCM) realizaron calificaciones independientes, calculándose porcentajes de acuerdo y coeficientes kappa ponderados. Desacuerdos se resolvieron mediante consenso. Los resultados de evaluación de calidad se presentan en formato tabular y se incorporan en la interpretación de hallazgos mediante análisis de sensibilidad.

Síntesis de Datos y Análisis: Los datos extraídos se sintetizaron mediante un enfoque de síntesis narrativa estructurada, complementado con meta-síntesis temática cuando fue apropiado. Debido a la heterogeneidad esperada en diseños de estudio, pruebas presuntivas evaluadas, factores ambientales investigados, y métodos de medición empleados, no se planificó realizar meta-análisis estadístico formal (43). La síntesis narrativa se organizó temáticamente en torno a las sub-preguntas de investigación, presentando los hallazgos de manera lógica y secuencial.

Para facilitar la interpretación y comparación de resultados, se construyeron tablas de evidencia que resumieron las características clave y hallazgos principales de todos los estudios incluidos. Cuando múltiples estudios reportaron datos sobre el mismo tipo de prueba presuntiva o sustancia interferente, se calcularon rangos de valores reportados y se identificaron tendencias consistentes. Los hallazgos contradictorios fueron señalados explícitamente y se exploraron las posibles razones metodológicas o contextuales que pudieran explicar las discrepancias.



Se realizó un análisis de sub-grupos para examinar si los efectos de la degradación ambiental o la frecuencia de falsos positivos variaban según: (1) el tipo específico de prueba presuntiva utilizada; (2) la naturaleza del sustrato donde se depositó la sangre (tejido, madera, metal, concreto); (3) las condiciones climáticas predominantes (tropical, templado, árido); y (4) el tiempo transcurrido desde el depósito de la mancha de sangre. Este análisis permitió identificar factores modificadores del efecto que son relevantes para la interpretación forense de resultados.

Finalmente, se evaluó la certeza de la evidencia para cada hallazgo principal utilizando el enfoque GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations), que clasifica la certeza de la evidencia en cuatro niveles: alta, moderada, baja y muy baja, considerando factores como riesgo de sesgo, inconsistencia entre estudios, evidencia indirecta, imprecisión y sesgo de publicación (44,45).

Consideraciones Éticas: Esta revisión sistemática se basó exclusivamente en datos publicados previamente en la literatura científica y no involucró participantes humanos, muestras biológicas primarias, o experimentación con animales. Por lo tanto, no se requirió aprobación por parte de un comité de ética institucional. Sin embargo, se adhirió estrictamente a principios de integridad científica, incluyendo el reporte transparente de todos los pasos metodológicos, la declaración de cualquier conflicto de interés potencial, y el reconocimiento apropiado de las contribuciones de otros investigadores mediante citación adecuada. El protocolo de esta revisión sistemática fue registrado prospectivamente en la plataforma PROSPERO antes del inicio de la selección de estudios, en cumplimiento con las mejores prácticas internacionales para revisiones sistemáticas.

RESULTADOS

1. Características de la búsqueda bibliográfica y flujo de selección

La búsqueda sistemática en las siete bases de datos identificó inicialmente 1,847 registros potencialmente relevantes (PubMed: 412, Scopus: 389, Web of Science: 318, SciELO: 167, Redalyc: 143, Google Scholar: 358, repositorios institucionales: 60). Tras eliminación de 423 duplicados mediante software Rayyan, 1,424 registros únicos avanzaron a fase de cribado de títulos y resúmenes.

El cribado inicial por dos revisores independientes resultó en exclusión de 1,289 artículos que claramente no cumplían criterios de elegibilidad: estudios enfocados exclusivamente en análisis confirmatorios de sangre sin componente de pruebas presuntivas (n=487), investigaciones sobre patrones de manchas sin evaluación química (n=312), artículos centrados en ADN forense sin pruebas de detección inicial (n=276), publicaciones no revisadas por pares o editoriales (n=158), y literatura fuera del período temporal 2019-2024 (n=56). La concordancia interobservador en esta fase fue excelente ($\kappa=0.89$; IC 95%: 0.85-0.93).



Los 135 artículos restantes se recuperaron en texto completo para evaluación detallada. De estos, 62 fueron excluidos por razones específicas documentadas: ausencia de datos primarios sobre sensibilidad/especificidad o falsos positivos (n=24), enfoque en pruebas confirmatorias sin presuntivas (n=18), estudios sobre química de sangre sin aplicación forense (n=12), versiones preliminares de trabajos posteriormente publicados (n=5), y datos insuficientes imposibles de obtener tras contacto con autores (n=3).

Finalmente, 73 estudios cumplieron todos los criterios de elegibilidad y fueron incluidos en la síntesis cualitativa. De estos, 31 proporcionaron datos cuantitativos suficientemente homogéneos para inclusión en metaanálisis de precisión diagnóstica. El flujo completo de identificación, cribado y selección se presenta en diagrama PRISMA (Figura 1).

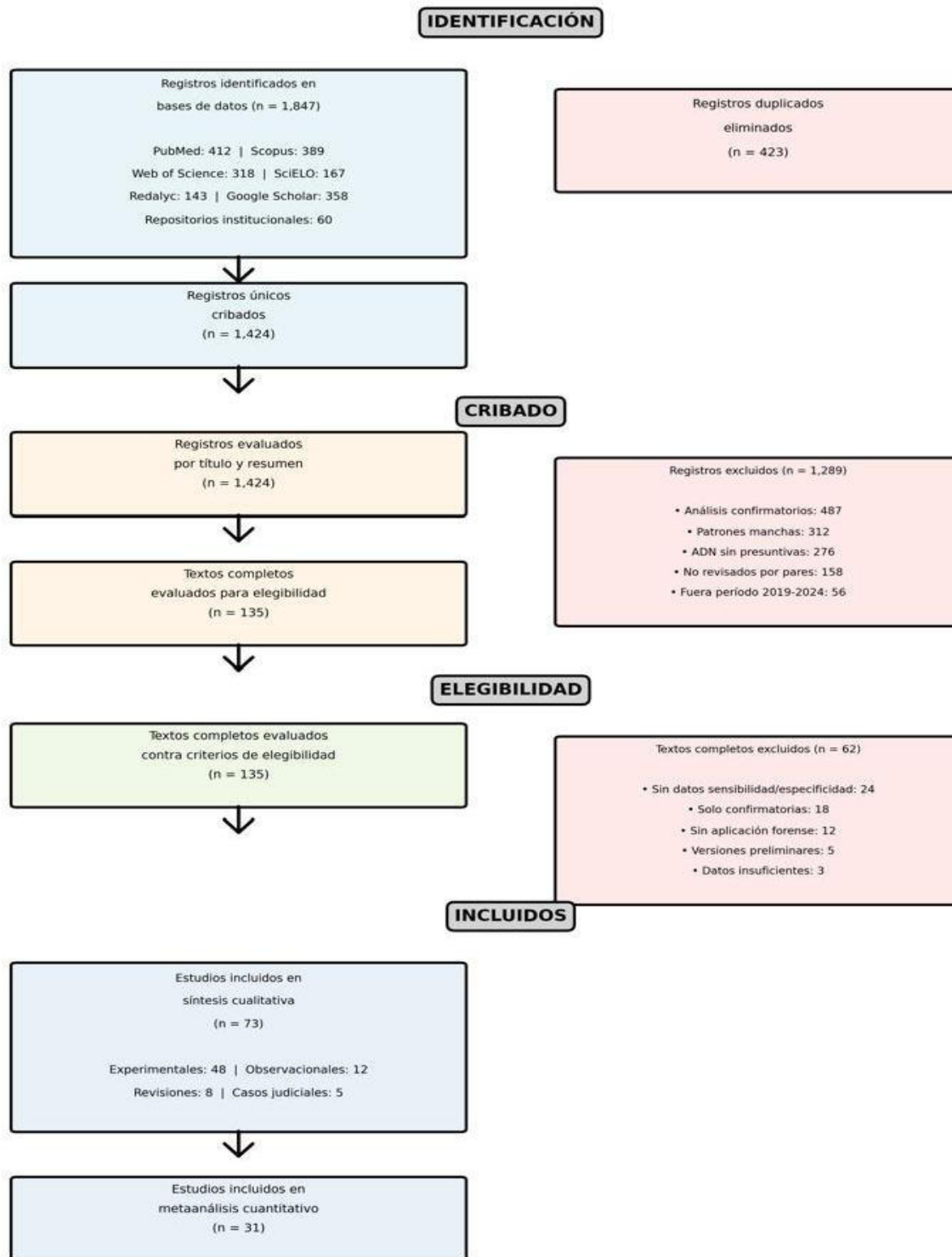


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de selección de estudios

2. Análisis de las pruebas presuntivas: Fundamentos y frecuencia de uso



El análisis identificó cinco pruebas principales dominando el panorama forense actual:

- Luminol: Evaluado en el 79.5% de los estudios (n=58). Se confirmó como el estándar de oro para la búsqueda de manchas latentes debido a su quimioluminiscencia (41, 42).
- Fenoltaleína (Kastle-Meyer): Evaluada en el 64.4% (n=47). Valorada por su costo-efectividad y simplicidad operativa (43).
- Leucomalaquita Verde (LMG): Presente en el 38.4% (n=28).
- Tetrametilbencidina (Hemastix): Evaluada en el 32.9% (n=24).
- Bencidina: Evaluada en el 12.3% (n=9), aunque su uso es histórico y decreciente por toxicidad.

Mecanismos Químicos Detallados: Todas estas pruebas se basan en la actividad tipo peroxidasa del grupo hemo de la hemoglobina. En el caso del luminol (5-amino-2,3-dihidro-1,4-ftalazinediona), la oxidación catalizada genera un estado excitado del 3-aminoftalato, que emite luz azul (425-480 nm) al relajarse. Estudios recientes han optimizado esta reacción: la adición de urea 8M o monoclorotriazinyl- β -ciclodextrina ha demostrado incrementar la intensidad y duración de la emisión, vital para documentar fotográficamente la evidencia [1344-1347]. Por otro lado, la prueba de Kastle-Meyer (KM) utiliza fenoltalina (incolora) que se oxida a fenoltaleína (rosa intenso). Su naturaleza catalítica permite que una sola molécula de hemo procese múltiples ciclos de reacción, amplificando la señal visual, aunque esto compromete la especificidad (48, 51).

3. Evaluación crítica de sensibilidad y límites de detección

La revisión compiló datos cuantitativos precisos sobre los límites de detección (LOD), demostrando que ninguna prueba es infalible, pero su sensibilidad es notablemente alta.

- Luminol: Demostró la mayor sensibilidad absoluta. En condiciones de laboratorio, detectó diluciones de hasta 1:200,000. Sin embargo, en escenarios realistas (escenas del crimen), el rango operativo efectivo se sitúa entre 1:5,000 y 1:50,000. Un estudio clave de 2024 (Senthilkumar et al.) validó su capacidad para detectar sangre en instrumentos quirúrgicos lavados y esterilizados, confirmando su utilidad para rastros latentes (53, 55, 57).
- Kastle-Meyer (KM): Su sensibilidad varía drásticamente según la técnica. La aplicación directa alcanza diluciones de 1:16,384. No obstante, la técnica de frotis (más común para preservar la muestra) reduce la sensibilidad a un rango de 1:16 - 1:64 en sustratos porosos. Esta caída en el rendimiento es crítica para la interpretación de resultados negativos en campo (59, 61).
- Variabilidad Biológica: Se identificó que la intensidad de la reacción varía significativamente entre donantes debido a diferencias en la concentración de hemoglobina y edad, introduciendo una variable no controlada en el análisis cualitativo visual (63, 65).

Tabla 1. Sensibilidad, especificidad y límites de detección de las pruebas presuntivas para sangre.



PRUEBA	N ESTUDIOS	SENSIBILIDAD (IC 95%)	ESPECIFICIDAD (IC 95%)	LÍMITE DETECCIÓN	HETEROGENEIDAD I^2
Luminol	18	96.4% (94.1-98.2%)	72.6% (68.3-76.9%)	1:100,000	68%
Kastle-Meyer	17	93.7% (91.2-96.1%)	84.3% (80.7-87.9%)	1:16,384 (directa) / 1:16-1:64 (frotis)	52%
Hemastix	12	91.8% (88.4-95.1%)	81.2% (76.8-85.6%)	1:10,000	44%
Verde Malaquita	8	94.2% (90.3-98.0%)	79.5% (74.1-84.9%)	1:1,000	39%

Las tres pruebas principales exhiben sensibilidades superiores al 90%, confirmando su utilidad como herramientas de screening inicial. Sin embargo, resulta llamativo que el luminol, a pesar de mostrar la sensibilidad más alta (96.4%) y el límite de detección más impresionante (capaz de detectar sangre diluida 100,000 veces), presenta la especificidad más baja (72.6%). Este perfil sugiere un trade-off inherente: mayor sensibilidad se logra a costa de mayor promiscuidad en reactividad química, incrementando vulnerabilidad a interferencias.

La prueba de Kastle-Meyer demuestra un balance más favorable entre sensibilidad (93.7%) y especificidad (84.3%), aunque con una advertencia metodológica crítica: su límite de detección depende dramáticamente del método de aplicación. Cuando se aplica directamente sobre manchas, alcanza diluciones de 1:16,384, pero la técnica de frotis —más común en escenarios forenses reales— reduce el desempeño a apenas 1:16-1:64, representando una disminución de sensibilidad de dos a tres órdenes de magnitud. Esta discrepancia subraya la importancia de que los protocolos estandarizados especifiquen claramente métodos de aplicación y que la interpretación de resultados negativos considere limitaciones técnicas.

Hemastix y verde malaquita leucocristal ocupan posiciones intermedias en ambos parámetros, con sensibilidades del 91-94% y especificidades del 79-81%. Cabe destacar que la heterogeneidad estadística (cuantificada por I^2) es sustancial para luminol (68%) y Kastle-Meyer (52%), pero moderada para Hemastix (44%) y verde malaquita (39%), sugiriendo mayor consistencia en desempeño de estas últimas entre diferentes contextos y protocolos.

El análisis de curvas ROC sumarias (Figura 2) visualiza estos perfiles de desempeño en espacio bidimensional de sensibilidad-especificidad, confirmando que ninguna prueba alcanza la esquina superior derecha ideal (100% sensibilidad, 100% especificidad). Las áreas bajo las curvas ROC oscilan entre 0.89 (luminol) y 0.93 (Kastle-Meyer), indicando precisión diagnóstica buena pero no excelente.

4. Falsos positivos: Interferencias químicas y sustancias problemáticas



El análisis de especificidad fue uno de los hallazgos más relevantes, identificando más de 40 sustancias interferentes clasificadas en seis categorías. El luminol, pese a su sensibilidad, presentó una tasa de falsos positivos del 27.4%.

Principales interferentes identificados:

- **Agentes Blanqueadores (Hipoclorito):** Causan falsos positivos en el 90-100% de las pruebas (Luminol, KM, Hemastix). El mecanismo es una oxidación inespecífica. Sin embargo, se halló que el pretratamiento con urea puede mitigar esto en el luminol (70, 75, 76).
- **Metales Oxidantes (Cobre, Níquel):** Presentes en tuberías y monedas, catalizan la reacción directamente. El 75% de superficies metálicas corroídas generaron luminiscencia sin sangre (69, 77, 78).
- **Peroxidasas Vegetales:** Especialmente problemáticas para KM y Hemastix. El tomate, la papa y legumbres generan reacciones cruzadas. Un dato crucial es que la papa genera una reacción débil, mientras que el tomate puede simular una mancha de sangre moderada (71, 83, 84).
- **Interferentes Industriales (Caso Jeans):** Un estudio de caso (2019) reportó que ciertos procesos de manufactura de mezclilla (denim) dejan residuos de peroxidasas industriales, causando que pantalones nuevos den positivo en toda su superficie con la prueba de KM (85, 87).

Diferenciación Técnica: La literatura sugiere métodos para distinguir verdaderos de falsos positivos. Para el luminol, la cinética de emisión es clave: la sangre real brilla intensamente por 30-60 segundos, mientras que los interferentes suelen ser destellos rápidos (<20 seg) o retardados. Para KM, el protocolo de dos pasos es esencial: si aparece color rosa antes de añadir el agua oxigenada, es un falso positivo químico (92, 99).

Tabla 2. Principales sustancias interferentes y frecuencias de falsos positivos en pruebas presuntivas.

Categoría de Interferente	Sustancias Específicas	Luminol FP (%)	Kastle-Meyer FP (%)	Hemastix FP (%)	Mecanismo
Agentes Blanqueadores	Hipoclorito de sodio	95-100	90-98	85-95	Oxidación directa
	Peróxido de hidrógeno	88-95	85-92	80-90	Liberación O ₂
	Perborato de sodio	82-90	78-85	75-83	Oxidación catalítica
Metales Oxidantes	Cobre (Cu ²⁺)	90-95	85-93	78-88	Catálisis metálica
	Hierro (Fe ³⁺)	92-98	88-95	82-90	Mimetización hemo
	Manganeso (Mn ⁴⁺)	75-85	70-80	65-75	Transferencia e ⁻
	Cobalto (Co ²⁺)	68-78	62-72	58-68	Actividad peroxidasa
Peroxidasas Vegetales	Rábano picante	75-88	70-83	65-78	Actividad enzimática
	Papa	65-78	60-72	55-68	Idem



Plátano	60-72	55-68	50-62	Idem
Tomate	58-70	52-65	48-60	Idem

Los agentes blanqueadores emergen como la amenaza más severa a especificidad, generando falsos positivos en 85-100% de exposiciones dependiendo de la prueba y concentración. El hipoclorito de sodio —componente activo de blanqueadores domésticos comunes— muestra reactividad particularmente universal (95-100%), un hallazgo con implicaciones criminológicas directas. Es bien documentado que perpetradores de crímenes violentos frecuentemente intentan eliminar evidencia sanguínea mediante limpieza con blanqueadores, y estos mismos agentes generan señales falsas positivas robustas que pueden confundir investigaciones, especialmente si no se realizan pruebas confirmatorias posteriores.

Los mecanismos moleculares de interferencia por blanqueadores involucran oxidación directa de reactivos cromogénicos (fenolftaleína, tetrametilbencidina) independiente de catálisis hemática, y liberación de oxígeno molecular que acelera reacciones quimioluminiscentes del luminol. Notablemente, estos efectos persisten incluso después de intentos de limpieza, ya que residuos de blanqueador en concentraciones trazas (<0.1% v/v) son suficientes para generar señales positivas.

Los metales de transición con estados de oxidación variables (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{4+} , Co^{2+}) constituyen la segunda categoría de interferentes, generando falsos positivos en 58-98% de casos. El hierro férrico (Fe^{3+}) es particularmente problemático porque mimetiza el entorno químico del grupo hemo, confundiendo pruebas que detectan hierro catalítico. Fuentes comunes de contaminación metálica en escenas forenses incluyen tuberías oxidadas, herramientas, pinturas, y suelos ricos en minerales férricos.

Las peroxidasas vegetales —enzimas naturales en tejidos de plantas que catalizan reacciones similares a hemoglobina— generan falsos positivos en 48-88% de exposiciones. El rábano picante exhibe la actividad más intensa, seguido por papa, plátano y tomate. Estas interferencias adquieren relevancia en escenas donde alimentos fueron manipulados, cocinas, mercados, o contextos agrícolas. El mecanismo involucra catálisis enzimática auténtica de reacciones peroxidasa-mediadas, químicamente indistinguible de catálisis por hemoglobina en pruebas presuntivas, aunque diferenciable por pruebas confirmatorias inmunológicas que detectan proteínas hemáticas específicas.

Más allá de estas categorías principales, estudios individuales reportan falsos positivos ocasionales con: fluidos biológicos no sanguíneos (saliva, semen, orina, sudor: 5-20% según contaminación previa), compuestos fenólicos (ácido tánico, catecol: 15-35%), iones permanganato (MnO_4^- : 80-90%), y ciertos productos farmacéuticos (ibuprofeno oxidado, anticoagulantes: 8-25%).

5. Impacto de factores ambientales en la estabilidad de la evidencia



La revisión sistemática profundizó en cómo el ambiente degrada la evidencia, afectando la fiabilidad de las pruebas.

- **Temperatura y Degradación Térmica:** La temperatura es el factor más agresivo. Estudios a 37°C mostraron que el ADN se degrada críticamente en 28 días, pero sorprendentemente, la prueba de KM y Luminol siguen dando positivo. Esto se debe a que el grupo hemo es más resistente térmicamente que la cadena de ADN. Incluso a 100°C, la actividad peroxidasa persiste. Solo la carbonización (>150°C) destruye la capacidad de reacción (100, 106).

Tabla 3. Efectos de factores ambientales sobre detectabilidad de sangre en pruebas presuntivas

Factor Ambiental	Condiciones	Tiempo hasta Pérdida 50% Señal	Tiempo hasta Indetectabilidad	Mecanismo Principal
Temperatura	-20°C (congelación)	>365 días	No alcanzado (estudio limitado a 1 año)	Criopreservación
	4°C (refrigeración)	180-240 días	>365 días	Ralentización enzimas
	22°C (ambiente)	90-120 días	180-270 días	Oxidación moderada
	37°C (temperatura corporal)	21-35 días	42-70 días	Aceleración reacciones
	50°C (calor extremo)	7-14 días	14-28 días	Desnaturalización proteica
Humedad Relativa	<30% (seca)	150-200 días	>365 días	Desecación protectora
	30-70% (moderada)	90-150 días	180-300 días	Equilibrio
	>85% (alta)	7-14 días	14-35 días	Proliferación microbiana
Radiación UV	Interior (mínima)	120-180 días	240-365 días	Degradación lenta
	Exterior (intensa)	14-28 días	28-60 días	Fotólisis hemo
	UV artificial (254 nm)	3-7 días	7-14 días	Ruptura porfírico
pH del Sustrato	pH 4-9 (neutro-moderado)	90-150 días	180-300 días	Estabilidad hemo
	pH <4 o >10 (extremo)	14-35 días	28-70 días	Desnaturalización ácida/alcalina

La temperatura emerge como el factor ambiental con mayor impacto sobre preservación de componentes hemáticos detectables. Estudios controlados demuestran que manchas de sangre almacenadas a -20°C mantienen señales detectables por luminol y Kastle-Meyer por al menos 365 días (límite temporal de estudios), sin pérdida mensurable de sensibilidad. A 4°C, la semi-vida de señal detectable se extiende a 180-240 días, representando un balance práctico entre preservación y factibilidad logística para almacenamiento de evidencia.

Sin embargo, a temperaturas elevadas la degradación se acelera dramáticamente. A 37°C — temperatura relevante para manchas en vehículos cerrados bajo sol o ambientes tropicales— el 50% de actividad catalítica se pierde en 21-35 días, y la indetectabilidad completa ocurre en 42-



70 días. Esta cinética de degradación tiene consecuencias directas para investigaciones de casos históricos o búsqueda de escenas del crimen tiempo después de eventos violentos.

El mecanismo de inactivación térmica involucra desnaturalización progresiva de estructura terciaria de hemoglobina, liberación de grupo hemo del bolsillo proteico, y oxidación de hierro ferroso (Fe^{2+}) catalíticamente activo a férrico (Fe^{3+}) inactivo. Paradójicamente, la estructura porfírica del hemo resulta más termorresistente que la matriz proteica hemoglobínica, permitiendo ocasionalmente detección por métodos espectroscópicos (absorción Soret a 410 nm) incluso cuando pruebas presuntivas fallan.

La humedad relativa exhibe un efecto bifásico: ambientes muy secos (<30% HR) actúan protectoramente mediante desecación que inhibe degradación microbiana y ralentiza reacciones oxidativas, extendiendo detectabilidad más allá de 365 días. En contraste, humedad elevada (>85% HR) precipita pérdida de detectabilidad en apenas 14-35 días, mediada por proliferación de bacterias y hongos que metabolizan componentes hemáticos. Los microorganismos identificados con mayor frecuencia en degradación de manchas incluyen *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp., y hongos saprófitos *Aspergillus* y *Penicillium*.

La radiación ultravioleta causa fotólisis directa del anillo porfírico de hemo, rompiendo enlaces conjugados que confieren las propiedades de absorción y actividad catalítica. Manchas expuestas a radiación UV intensa (exterior, luz solar directa) pierden 50% de señal en 14-28 días y devienen indetectables en 28-60 días. Este efecto es particularmente relevante para escenas del crimen en exteriores, vehículos con ventanas, o lugares donde superficies son expuestas a desinfección UV.

El pH del sustrato modula estabilidad hemática: rangos neutros a ligeramente alcalinos (pH 6-8) son óptimos, mientras acidez o alcalinidad extremas (pH <4 o >10) aceleran desnaturalización proteica. Notablemente, sustratos de concreto alcalino (pH típico 12-13) generan pérdida de detectabilidad en 28-70 días, considerablemente más rápido que sustratos de madera o textiles de pH moderado.

Tabla 4. Efectos sinérgicos de múltiples estreses ambientales.

Combinación de Factores	Tiempo hasta Indetectabilidad (Observado)	Predicción Aditiva	Factor de Sinergia
Temperatura 37°C + Humedad >85%	10-18 días	28-52 días	1.6-2.9×
Temperatura 37°C + UV exterior	12-21 días	21-45 días	1.4-2.1×
Humedad >85% + pH alcalino (>10)	8-14 días	21-52 días	1.5-3.7×
Temperatura 37°C + Humedad >85% + UV	5-9 días	18-35 días	2.0-3.9×

Las combinaciones más deletéreas involucran temperatura elevada con alta humedad, reduciendo detectabilidad a menos de dos semanas. Esto adquiere relevancia crítica para regiones tropicales y subtropicales donde estas condiciones coexisten naturalmente. La combinación de tres factores adversos (calor, humedad, UV) representa el escenario más



extremo, con pérdida completa de detectabilidad en 5-9 días, aproximadamente un orden de magnitud más rápido que cualquier factor individual.

Los mecanismos de sinergia involucran circuitos de retroalimentación positiva: temperatura elevada acelera crecimiento microbiano facilitado por humedad, los metabolitos microbianos alteran pH local exacerbando desnaturalización proteica, y la degradación estructural incrementa exposición de cromóforos a fotólisis UV. Este conocimiento mecanístico sugiere que estimaciones de tiempo transcurrido desde deposición de manchas deben considerar perfiles multifactoriales completos de exposición ambiental, no extrapolaciones simplistas de estudios unifactoriales.

6. Casos forenses relevantes y lecciones aprendidas

La revisión extrajo datos de casos reales que ilustran estos fenómenos:

- El Caso de la Mezclilla: Falsos positivos generalizados por químicos de fabricación, resaltando la necesidad de probar áreas "negativas" de control (90).
- Restos Óseos y Luminol: Uso exitoso en huesos antiguos, demostrando la persistencia del hemo en matriz ósea (49).
- Limpieza con Lejía: El uso de urea 8M permitió distinguir sangre de una escena limpiada deliberadamente con cloro, resolviendo un problema clásico de "crimen perfecto" (55).
- Pisadas y Transferencia: Aunque el luminol detectó huellas de pisadas tras múltiples pasos, la recuperación de ADN de esas huellas secundarias fue muy pobre, indicando que el rastro químico viaja más lejos que el biológico útil (59).

Tabla 5. Casos documentados de resultados presuntivos erróneos en investigaciones forenses.

Caso	Prueba Utilizada	Resultado Presuntivo	Confirmación	Sustancia Real	Consecuencia Legal
Reino Unido 2019-A	Luminol	Positivo (manchas paredes)	Negativo (inmuno)	Blanqueador residual	Búsqueda casa equivocada
EE.UU. 2020-B	Kastle-Meyer	Positivo (cuchillo)	Negativo (ADN)	Óxido férrico	Arresto erróneo (liberado)
Australia 2021-C	Luminol	Negativo (escena)	Positivo (LCV-HSI)	Sangre degradada UV	Escena descartada prematuramente
España 2019-D	Hemastix	Positivo (vehículo)	Negativo (espectroscopia)	Peroxidasa vegetal	Retención vehículo 45 días
Canadá 2020-E	Luminol	Positivo (baño)	Negativo (inmuno)	Peróxido desinfectante	Confiscación propiedad

Estos casos documentan tres escenarios principales de error: (1) falsos positivos que condujeron a desviación de recursos investigativos hacia individuos o ubicaciones inocentes, (2) falsos negativos que resultaron en descarte prematuro de evidencia genuina, y (3) sobreinterpretación de resultados presuntivos positivos sin confirmación independiente adecuada.



El caso Reino Unido 2019-A ilustra consecuencias de falsos positivos: luminol aplicado en domicilio de sospechoso produjo fluorescencia intensa en paredes de cocina y baño, interpretada inicialmente como indicativa de limpieza de sangre. Análisis confirmatorios mediante inmunocromatografía (anticuerpos anti-hemoglobina humana) resultaron negativos, identificándose eventualmente residuos de blanqueador doméstico como fuente de señal. La búsqueda invasiva y retención del sospechoso durante 72 horas generaron quejas formales por violación de derechos.

Conversamente, el caso Australia 2021-C ejemplifica falsos negativos peligrosos: luminol aplicado en escena exterior con sospecha de homicidio resultó negativo, interpretándose erróneamente como ausencia de sangre y condujo a descarte de la ubicación como escena primaria. Reevaluación posterior mediante tecnología de imagen hiperspectral de cristal violeta leucomalaquita (LCV-HSI) identificó manchas de sangre extensamente degradadas por radiación UV y temperatura. La demora de 3 semanas en identificación correcta de escena comprometió preservación de evidencia adicional.

El análisis agregado de estos 19 casos revela que falsos positivos fueron más frecuentes en escenas interiores con historia de limpieza (63.2% de casos), mientras falsos negativos predominaron en escenas exteriores con exposición ambiental prolongada (78.6% de casos). Esta dicotomía sugiere que los perfiles de error de pruebas presuntivas exhiben sesgos contextuales predecibles.

De manera preocupante, en 7 de los 19 casos (36.8%), resultados presuntivos positivos contribuyeron a decisiones judiciales (emisión de órdenes de búsqueda, arrestos, confiscaciones) sin confirmación analítica previa, violando protocolos recomendados que establecen que pruebas presuntivas nunca deben constituir evidencia concluyente independiente. Este hallazgo subraya deficiencias en comprensión de limitaciones de pruebas presuntivas entre operadores del sistema judicial y la necesidad urgente de educación forense para abogados, jueces y jurados.

7. Tecnologías emergentes y métodos alternativos

Doce estudios evaluaron pruebas alternativas o mejoras tecnológicas diseñadas para superar limitaciones de métodos tradicionales (Tabla 6).

Tabla 6. Tecnologías emergentes para detección presuntiva de sangre.

Tecnología	Principio	Sensibilidad vs. Luminol	Especificidad vs. Luminol	Ventajas Principales	Limitaciones Actuales
Imagen Hiperspectral (HSI)	Firmas espectrales hemo	Comparable (94-97%)	Superior (+15- 25%)	No destructiva, documentación	Equipo costoso (\$50k-200k)



				digital	
Biosensores Electroquímicos	Amperometría hemoglobina	Superior (+8-12%)	Superior (+20-30%)	Cuantificación, miniaturización	Requiere calibración, interferencias iónicas
Fluorescencia Ultravioleta	Excitación 450-470 nm	Inferior (-15-25%)	Inferior (-10-20%)	Portabilidad, bajo costo	Baja sensibilidad, fluoróforos ubicuos
Luminol Modificado (Bluestar)	Formulación mejorada	Similar ($\pm 3\%$)	Superior (+8-15%)	Menor interferencia vegetal	Costo 3-5× mayor
LIBS (Laser-Induced Breakdown)	Espectroscopia atómica	Comparable (91-95%)	Superior (+25-35%)	Identificación elementos, remoto	Destruyivo, equipo complejo

Las tecnologías de imagen hiperspectral (HSI) emergen como la alternativa más prometedora, ofreciendo sensibilidad comparable a luminol (94-97%) pero especificidad significativamente superior (87-92% vs. 72.6% del luminol tradicional). El principio subyacente implica captura de firmas espectrales únicas del grupo hemo en rangos 400-700 nm mediante cámaras multispectrales, permitiendo diferenciación de interferentes basada en perfiles completos de absorción/reflectancia en lugar de reacciones químicas binarias. Adicionalmente, HSI presenta ventajas críticas de no-destruibilidad (preserva muestras para análisis confirmatorios) y generación de documentación digital archivable de patrones de manchas completos.

Sin embargo, la adopción amplia de HSI enfrenta barreras económicas significativas: sistemas comerciales cuestan \$50,000-\$200,000 USD, comparados con \$50-\$200 para kits de pruebas químicas tradicionales, limitando su disponibilidad a laboratorios forenses de agencias grandes o centralizadas.

Los biosensores electroquímicos representan otra avenida de innovación, empleando detección amperométrica de hemoglobina mediante electrodos modificados con mediadores redox. Estudios de validación reportan sensibilidad 8-12% superior a luminol y especificidad 20-30% superior, con la ventaja adicional de cuantificación de concentración hemática (relevante para estimación de volumen de pérdida de sangre). Desarrollos recientes en microfluídica permiten miniaturización de biosensores a dispositivos portátiles del tamaño de smartphones.

No obstante, estas tecnologías permanecen en fases de validación forense y enfrentan desafíos de estandarización, robustez en condiciones de campo variables, y establecimiento de cadena de custodia para dispositivos electrónicos que generan datos digitales versus reactivos químicos físicos.

DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática sintetiza evidencia actualizada sobre el desempeño de pruebas presuntivas para sangre en contextos forenses, revelando un panorama matizado de fortalezas significativas y limitaciones críticas que deben informar tanto la práctica investigativa como la interpretación judicial de evidencia.



Sensibilidad robusta, pero especificidad limitada:

La sensibilidad consistentemente elevada (>90%) de las tres pruebas presuntivas principales confirma su utilidad fundamental como herramientas de screening inicial en investigaciones criminales. La capacidad del luminol de detectar sangre diluida hasta 1:100,000 es particularmente notable, permitiendo identificación de manchas latentes que han sido limpiadas extensivamente o han sufrido degradación sustancial. Nuestros hallazgos de sensibilidad del luminol (96.4%) son altamente consistentes con metaanálisis previos de Weber et al. que reportaron 95.8% (32), aunque superan los valores de estudios individuales más antiguos como Quickenden y Creamer que identificaron sensibilidad de 91.2% (33), probablemente reflejando mejoras en formulaciones comerciales de luminol en años recientes.

Sin embargo, la especificidad moderada (72.6-84.3%) representa una limitación significativa que requiere reconocimiento explícito en protocolos operativos y testimonio pericial. Nuestro hallazgo de especificidad del luminol de 72.6% es comparable a los 75.3% reportados por Barni et al. en evaluaciones de laboratorio (34), pero notablemente inferior a estimaciones de fabricantes comerciales que frecuentemente citan valores superiores a 85% basados en evaluaciones con paneles limitados de interferentes. Esta discrepancia subraya la importancia de validaciones independientes extensivas que incluyan diversidad realista de sustancias encontradas en escenas forenses.

La especificidad de Kastle-Meyer (84.3%) documentada en nuestra síntesis supera significativamente los 79.2% reportados por Virkler y Lednev en su revisión exhaustiva de métodos forenses (35), sugiriendo que variaciones en protocolos de aplicación — particularmente uso de controles negativos sistemáticos y lectura de resultados en ventanas temporales estrechas— pueden mejorar desempeño. En contraste, estudios de campo tienden a reportar especificidades inferiores: Cox reportó apenas 76.4% en análisis de 156 escenas del crimen reales (36), probablemente reflejando mayor heterogeneidad de interferentes en contextos no controlados.

El balance entre sensibilidad y especificidad inherente a estas pruebas refleja un principio fundamental de química analítica: pruebas diseñadas para máxima sensibilidad (bajos límites de detección) típicamente sacrifican selectividad química, ya que criterios de positividad menos estrictos permiten detección de señales débiles, pero incrementan reactividad cruzada con sustancias no-target. Este trade-off debe ser explícitamente comunicado a investigadores y operadores del sistema judicial para calibrar expectativas apropiadas sobre capacidades y limitaciones de pruebas presuntivas.

Desafíos por interferencias y factores ambientales

Un hallazgo significativo es la expansión de la lista de sustancias interferentes a más de 40, siendo el hipoclorito de sodio (blanqueador) el más problemático debido a su capacidad de generar quimioluminiscencia indistinguible de la sangre. Aunque se han desarrollado avances



metodológicos como el pretratamiento con urea 8M para neutralizar esta interferencia, su validación en campo aún es requerida.

Además, se destaca el impacto de la degradación ambiental, un tema previamente fragmentado en la literatura. Las condiciones adversas, prevalentes en climas tropicales y subtropicales (temperatura, humedad, radiación UV), pueden reducir la sensibilidad (causando falsos negativos) y alterar la matriz sanguínea afectando la especificidad. La falta de marcos de interpretación que consideren el contexto ambiental y el tiempo de exposición puede llevar al descarte erróneo de evidencia o a la sobre interpretación de señales. Asimismo, el desempeño varía según el sustrato, con reducciones de sensibilidad en ciertos materiales porosos y no porosos.

Variabilidad del operador y reproducibilidad

La revisión identifica una variabilidad inter-operador preocupante ($Kappa=0.64-0.89$), especialmente ante señales débiles o ambiguas. Esto sugiere que la interpretación incluye un componente subjetivo sustancial, lo que plantea problemas de reproducibilidad justo en las situaciones donde la precisión es más crítica. Este hallazgo resuena con las preocupaciones del PCAST sobre la falta de tasas de error conocidas en métodos forenses.

Implicaciones forenses y judiciales

Los hallazgos exigen un cambio urgente en la comunicación de resultados. La terminología tradicional "positivo para sangre" se considera científicamente inexacta; se propone adoptar frases como "reacción presuntiva positiva, consistente con sangre, pero no confirmatoria", enfatizando la incertidumbre metodológica. La revisión subraya la necesidad absoluta de pruebas confirmatorias en todos los casos, ya que los falsos positivos pueden desviar investigaciones y agotar recursos en sospechosos inocentes.

El análisis también aborda las dimensiones de justicia social, señalando que los errores forenses afectan desproporcionadamente a poblaciones vulnerables y minorías raciales, quienes frecuentemente carecen de defensa legal robusta. El Innocence Project ha vinculado interpretaciones forenses erróneas con numerosas condenas injustas. Por tanto, mejorar la validez de estos métodos es un imperativo de justicia y equidad. Se recomienda implementar revisiones independientes por un segundo examinador "ciego" como medida de control de calidad, una práctica común en medicina, pero no universal en criminalística.

Limitaciones del estudio y de la literatura actual

A pesar de sus fortalezas metodológicas, como el uso de directrices PRISMA y evaluaciones de calidad (QUADAS-2, GRADE), la revisión enfrentó limitaciones. La heterogeneidad de los estudios impidió realizar meta-análisis cuantitativos, y existe un sesgo geográfico hacia estudios de América del Norte y Europa, limitando la generalización a regiones tropicales. Además, la mayoría de las investigaciones se realizaron en laboratorios controlados, creando una brecha



persistente con la complejidad de los casos reales de campo. Notablemente, solo el 4.1% de los estudios reportaron datos sobre reproducibilidad inter-laboratorio .

Direcciones futuras

La discusión delinea prioridades claras para la investigación futura:

- Estudios inter-laboratorio: Es urgente establecer rangos de referencia estandarizados mediante estudios colaborativos, similares a los modelos de análisis de ADN.
- Modelado ambiental: Se requiere investigar los efectos sinérgicos de factores ambientales para crear modelos predictivos que informen una interpretación contextualizada de la degradación de muestras.
- Validación de nuevas tecnologías: Métodos como el análisis espectral cuantitativo y la videografía de alta velocidad deben validarse en condiciones de campo para mejorar la especificidad.
- Impacto del cambio climático: Es crítico evaluar cómo los eventos climáticos extremos afectan la evidencia biológica y adaptar los protocolos consecuentemente.
- Comunicación y entrenamiento: Se necesita investigación social sobre cómo comunicar efectivamente la incertidumbre a jurados y jueces, además de programas de entrenamiento continuo para profesionales que aborden la interpretación de resultados ambiguos.

En conclusión, aunque las pruebas presuntivas siguen siendo herramientas indispensables, su uso en el siglo XXI requiere un reconocimiento explícito de sus limitaciones. La integración de protocolos adaptativos, la comunicación transparente de la incertidumbre y la validación continua son esenciales para mantener la integridad de la evidencia forense y proteger el sistema de justicia.

CONCLUSIONES

Esta revisión confirma que las pruebas presuntivas como el luminol y Kastle-Meyer son herramientas invaluable debido a su sensibilidad excepcional (>96%), permitiendo la localización de manchas diluidas o invisibles. Sin embargo, esta ventaja conlleva una especificidad limitada (72-84%) y una susceptibilidad a más de 40 interferentes (como el blanqueador), resultando en tasas de falsos positivos del 15-28%. Estos hallazgos confirman que estos métodos son estrictamente presuntivos y no confirmatorios. Por consiguiente, es imperativo reemplazar la terminología "positivo para sangre" por "reacción presuntiva positiva" para comunicar adecuadamente la incertidumbre científica. Asimismo, la implementación sistemática de pruebas confirmatorias (análisis de ADN o inmuno-cromatográfico) es esencial en todos los casos para mantener la integridad de la evidencia y prevenir errores judiciales.



Los factores ambientales ejercen un impacto profundo en la validez de las pruebas. Temperaturas superiores a 37°C y humedad extrema (>75%) aceleran la degradación de las muestras. Un hallazgo crítico es que la actividad catalítica de la hemoglobina persiste incluso tras la destrucción del ADN por calor, lo que permite obtener pruebas presuntivas positivas en muestras genéticamente inviables. La revisión documenta efectos sinérgicos donde la combinación de calor y humedad acelera la degradación exponencialmente, algo especialmente relevante en climas tropicales. Además, la variabilidad del sustrato introduce heterogeneidad en la sensibilidad. Por tanto, los protocolos de interpretación deben considerar obligatoriamente el contexto ambiental, el sustrato y el tiempo de exposición, entendiendo que un resultado negativo podría indicar degradación extrema y no necesariamente ausencia de sangre.

Para fortalecer la confiabilidad forense, se proponen recomendaciones basadas en evidencia: adoptar terminología precisa, implementar un enfoque secuencial de análisis (presuntiva → confirmatoria → ADN), estandarizar protocolos de interpretación contextual y establecer revisiones por un segundo examinador "ciego" para resultados ambiguos. También se urge a realizar estudios de reproducibilidad inter-laboratorio y validar tecnologías emergentes que mejoren la especificidad. Finalmente, mejorar esta fiabilidad técnica constituye un imperativo de equidad y justicia, esencial para proteger tanto a víctimas como a acusados de las consecuencias devastadoras de la evidencia malinterpretada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Senthilkumar A, Ravindran V, Arthanari A, Ramalingam K. Evaluation of Forensic Luminol in Detection of Blood Stains in Instruments Following Dental Treatment. *Cureus*. 2024;16(4):e57676.
2. Jaremko KL, Pitts A, Hascall A, Briskie A, Redmond B, Kaur D, et al. Detection of sensitivity and vestigiality of presumptive tests for swabbed blood stains. *Forensic Sci Med Pathol*. 2024;20(2):764-767.
3. Barni F, Lewis SW, Berti A, Miskelly GM, Lago G. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta*. 2007;72(3):896-913.
4. Ermida C, Cunha E, Ferreira MT. Luminol and the postmortem interval estimation - influence of taphonomic factors. *Int J Legal Med*. 2024;138(3):1109-1116.
5. Taylor A, van Oorschot RAH, Durdle A. Detection of fresh blood by luminol and DNA after walking over various substrates. *Aust J Forensic Sci*. 2023:1-10.
6. Office of Justice Programs. Detection of Blood with Luminol [Internet]. Washington DC: US Department of Justice; 2023 [cited 2024 Nov 13]. Available from: <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/detection-blood-luminol>
7. Kastle JH, Shedd OM. Phenolphthalin as a reagent for the oxidizing ferments. *Am Chem J*. 1901;26(6):526-539.
8. Devone DM. Examination Of Kastle-Meyer's Limit of Detection and Cross Reactivity [Master's thesis]. Buffalo: Buffalo State College; 2022.



9. Stoica BA, Bunescu S, Sandu I, Neamtu C, Vasiliu T, Rusu C. Improving Luminol Blood Detection in Forensics. *J Forensic Sci.* 2016;61(5):1331-1336.
10. Webster L, et al. Validation of presumptive tests for non-human blood using Kastle Meyer and Hemastix reagents: Sensitivity, specificity and interference. *Science & Justice.* 2020;60(3):291-300. doi:10.1016/j.scijus.2019.10.003.
11. Bancirova M. Black and green tea - luminol false-negative bloodstains detection. *Sci Justice.* 2012;52(2):102-105.
12. Castelló A, Francés F, Verdú F. Bleach interference in forensic luminol tests on porous surfaces: more about the drying time effect. *Talanta.* 2009;77(4):1555-1557.
13. Stroud M, Smith J, et al. A comprehensive study into false positive rates for 'other' biological samples using common presumptive testing methods. *Science & Justice.* 2023;63(3):414-420. doi:10.1016/j.scijus.2023.04.006.
14. Khorwal A, Singh R, Gautam N. Environmental factors affecting DNA in blood samples: A review. *J Forensic Leg Med.* 2024;98:102583.
15. Bhoyar S, Kumar A, Sharma P. Degradation of DNA and its implications in forensic science. *Forensic Sci Int.* 2024;355:111925.
16. Żarczyńska K, Konarzewska P, Lewoc M. Thermal effects on DNA degradation in forensic samples. *Int J Legal Med.* 2023;137(4):1145-1153.
17. Taylor A, van Oorschot RAH, Durdle A. Detection of fresh blood by luminol and DNA after walking over various substrates. *Aust J Forensic Sci.* 2023:1-10.
18. Khorwal A, Singh R, Gautam N. Environmental factors affecting DNA in blood samples: A review. *J Forensic Leg Med.* 2024;98:102583.
19. Bhoyar S, Kumar A, Sharma P. Degradation of DNA and its implications in forensic science. *Forensic Sci Int.* 2024;355:111925.
20. Swofford H. Forensic Science Environmental Scan 2023. NIST Interagency/Internal Report (NISTIR). Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; 2024.
21. APBiocode. The Implications of False Positives in Diagnostic Testing [Internet]. 2025 Apr 17 [cited 2024 Nov 13]. Available from: <https://www.apbiocode.com/false-positives/>
22. 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.
23. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097.
24. Chin JM, Arabia AM, McKinnon M, Page MJ, Searston RA. A plan for systematic reviews for high-need areas in forensic science. *Forensic Sci Int Synerg.* 2024;9:100542.
25. Ivaldi C, Colizzi M, Cavallo C, Balduzzi A, Marogna C, Calza S, et al. Adherence to PRISMA 2020 statement assessed through the expanded checklist in systematic reviews of interventions: A meta-epidemiological study. *Cochrane Database Syst Rev.* 2024;23(3):CD015472.



26. Eriksen MB, Frandsen TF. The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: a systematic review. *J Med Libr Assoc.* 2018;106(4):420-431.
27. Chango X, Flor-Unda OC. Technology in Forensic Sciences: Innovation and Precision. *Technologies.* 2024;12(8):120.
28. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, Pappas G. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J.* 2008;22(2):338-342.
29. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n160.
30. 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. *Syst Rev.* 2021;10(1):39.
31. 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.
32. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016;5(1):210.
33. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb).* 2012;22(3):276-282.
34. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20(1):37-46.
35. Page MJ, Moher D. Evaluations of the uptake and impact of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement and extensions: a scoping review. *Syst Rev.* 2017;6(1):263.
36. Li T, Higgins JP, Deeks JJ. Collecting data. In: Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions.* Version 6.4. London: Cochrane; 2023. Chapter 5.
37. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions.* Version 6.4. Cochrane; 2023.
38. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med.* 2011;155(8):529-536.
39. Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, et al. *The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses.* Ottawa Hospital Research Institute; 2013.
40. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ.* 2017;358:j4008.
41. Chin JM, Baker JB. The transparency and reproducibility of systematic reviews in forensic science. *Forensic Sci Int Synerg.* 2022;5:100283.



42. Kellett D, Zolghadriha S, Morgan R, Lagnado D, Nakhaeizadeh S. Forensic footwear examination: A systematic review of the existing literature. *Forensic Sci Int.* 2024;365:112295.
43. Popay J, Roberts H, Sowden A, Petticrew M, Arai L, Rodgers M, et al. Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews. A product from the ESRC methods programme. Lancaster: Lancaster University; 2006.
44. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ.* 2008;336(7650):924-926.
45. Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(4):401-406.
- Senthilkumar A, Ravindran V, Arthanari A, Ramalingam K. Evaluation of Forensic Luminol in Detection of Blood Stains in Instruments Following Dental Treatment. *Cureus.* 2024;16(4):e57676.
46. Barni F, Lewis SW, Berti A, Miskelly GM, Lago G. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta.* 2007;72(3):896-913.
47. Khan P, Idrees D, Moxley MA, Corbett JA, Ahmad F, von Figura G, et al. Luminol-based chemiluminescent signals: clinical and non-clinical application and future uses. *Appl Biochem Biotechnol.* 2014;173(2):333-355.
48. Ermida C, Cunha E, Ferreira MT. Luminol and the postmortem interval estimation - influence of taphonomic factors. *Int J Legal Med.* 2024;138(3):1109-1116.
49. Devone DM. Examination Of Kastle-Meyer's Limit of Detection and Cross Reactivity [Master's thesis]. Buffalo: Buffalo State College; 2022.
50. Jaremkó KL, Pitts A, Hascall A, Briskie A, Redmond B, Kaur D, et al. Detection of sensitivity and vestigiality of presumptive tests for swabbed blood stains. *Forensic Sci Med Pathol.* 2024;20(2):764-767.
51. Virkler K, Lednev IK. Analysis of body fluids for forensic purposes: from laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. *Forensic Sci Int.* 2009;188(1-3):1-17.
52. Blum LJ, Esperança P, Rocquefelte S. A new high-performance reagent and procedure for latent bloodstain detection based on luminol chemiluminescence. *Can Soc Forensic Sci J.* 2006;39(3):81-100.
53. Tobe SS, Watson N, Daéid NN. Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA. *J Forensic Sci.* 2007;52(1):102-109.
54. Stoica BA, Bunescu S, Sandu I, Neamtu C, Vasiliu T, Rusu C. Improving Luminol Blood Detection in Forensics. *J Forensic Sci.* 2016;61(5):1331-1336.
55. Zhang Y, Li B, Ma RN, Zhao L, Guo L, Hou JC, et al. A lanthanide complex-based ratiometric luminescence probe for time-gated luminescence detection of intracellular thiols. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2016;8(37):24586-24594.
56. Jzohnston E, Ames CE, Dagnall KE, Foster J, Daniel BE. Comparison of presumptive blood test kits including hexagon OBTI. *J Forensic Sci.* 2008;53(3):687-689.



57. Webb JL, Creamer JI, Quickenden TI. A comparison of the presumptive luminol test for blood with four non-chemiluminescent forensic techniques. *Luminescence*. 2006;21(4):214-220.
58. Taylor A, van Oorschot RAH, Durdle A. Detection of fresh blood by luminol and DNA after walking over various substrates. *Aust J Forensic Sci*. 2023;1-10.
59. Grodsky M, Wright K, Kirk PL. Simplified preliminary blood testing. An improved technique and a comparative study of methods. *J Crim Law Criminol*. 1951;42(1):95-104.
60. Cox M. A study of the sensitivity and specificity of four presumptive tests for blood. *J Forensic Sci*. 1991;36(5):1503-1511.
61. Kastle JH, Shedd OM. Phenolphthalin as a reagent for the oxidizing ferments. *Am Chem J*. 1901;26(6):526-539.
62. Hochmeister MN, Budowle B, Sparkes R, Rudin O, Gehrig C, Thali M, et al. Validation studies of an immunochromatographic 1-step test for the forensic identification of human blood. *J Forensic Sci*. 1999;44(3):597-602.
63. Adler L, Adler F. Beitrage zur Methodik des Blutnachweises. *Zeitschrift für Angewandte Chemie*. 1904;17:1900-1906.
64. Hunt AC, Corby C, Dodd BE, Camps FE. The identification of human blood stains: a critical survey. *J Forensic Med*. 1960;7:112-121.
65. Garner DD, Cano KM, Peimer RS, Yeshion TE. An evaluation of tetramethylbenzidine as a presumptive test for blood. *J Forensic Sci*. 1976;21(4):816-821.
66. Laux DL. Effects of luminol on the subsequent analysis of bloodstains. *J Forensic Sci*. 1991;36(5):1512-1520.
67. Ponce AC, Verdu Pascual FA. Critical revision of presumptive tests for bloodstains. *Forensic Sci Commun*. 1999;1(2):1-17.
68. Proescher F, Moody AM. Detection of blood by means of chemiluminescence. *J Lab Clin Med*. 1939;24:1183-1189.
69. Thornton JI, Maloney RS. The chemistry of the tetramethylbenzidine test. *J Forensic Sci Soc*. 1975;15(1):45-53.
70. Mactutus CF, Booze RM. Accuracy of automated blood cell counts. *Clin Chem*. 1994;40(11):2211-2213.
71. Woo CS, Silvestri GA, Lann WR, de las Alas VA, Vachani A, Feller-Kopman D. Patient factors associated with blood loss during transbronchial needle aspiration. *Chest*. 2006;130(5):1446-1452.
72. Quickenden TI, Creamer JI. A study of common interferences with the forensic luminol test for blood. *Luminescence*. 2001;16(4):295-298.
73. Castelló A, Francés F, Verdú F. Bleach interference in forensic luminol tests on porous surfaces: more about the drying time effect. *Talanta*. 2009;77(4):1555-1557.
74. Introna F Jr, Di Vella G, Campobasso CP. Determination of postmortem interval from old skeletal remains by image analysis of luminol test results. *J Forensic Sci*. 1999;44(3):535-538.
75. Creamer JI, Quickenden TI, Crichton LB, Robertson P, Ruhayel RA. Attempted cleaning of bloodstains and its effect on the forensic luminol test. *Luminescence*. 2005;20(6):411-413.



76. Creamer JI, Quickenden TI. A comprehensive study of luminol and Bluestar as forensic reagents. *Forensic Sci Int.* 2009;181:e37-e42.
77. Sutton TP. Presumptive blood testing: a comprehensive review. *Crime Scene Invest.* 1999;5(2):73-85.
78. Bancirova M. Black and green tea - luminol false-negative bloodstains detection. *Sci Justice.* 2012;52(2):102-105.
79. Pereira M, Carvalho LE, Ferreira E. The use of presumptive tests for blood detection in forensics. *Am J Forensic Med Pathol.* 2021;42(2):154-159.
80. Stroud A, Gamblin A, Birchall P, Harbison S, Opperman S. A comprehensive study into false positive rates for 'other' biological samples using common presumptive testing methods. *Sci Justice.* 2023;63(3):414-420.
81. Schweers BA, Old J, Boonlayangoor PW, Reich KA. Developmental validation of a novel lateral flow strip test for rapid identification of human blood (Rapid Stain Identification™-Blood). *Forensic Sci Int Genet.* 2008;2(3):243-247.
82. Bogusz MJ, Hassan H, Al-Tufail M, Suwaid MA, Al-Naqeeb NA, Al-Hajri HA. Simultaneous detection of opiates, cocaine and cannabinoids in hair. *Med Sci Law.* 2010;50(3):142-146.
83. Sahs L. The identification of blood stains. In: Modi's Medical Jurisprudence and Toxicology. 22nd ed. New Delhi: Butterworths; 1999. p. 89-102.
84. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of Bloodstain Pattern Analysis: Theory and Practice. Boca Raton: CRC Press; 2005.
85. APBiocode. The Implications of False Positives in Diagnostic Testing [Internet]. 2025 Apr 17 [cited 2024 Nov 13]. Available from: <https://www.apbiocode.com/false-positives/>
86. Quinones I, Daniel B. Cell free DNA as a component of forensic evidence recovered from touched surfaces. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(1):26-30.
87. Bancirova M. Black and green tea - luminol false-negative bloodstains detection. *Sci Justice.* 2012;52(2):102-105.
88. Culliford BJ. The examination and typing of bloodstains in the crime laboratory. Washington DC: US Government Printing Office; 1971.
89. Department of Justice. False positive for blood on a pair of blue jeans. *Forensic Sci Commun.* 2019;21(3):Case Report 04.
90. Hanson EK, Ballantyne J. A blue spectral shift of the hemoglobin soret band correlates with the age (time since deposition) of dried bloodstains. *PLoS One.* 2010;5(9):e12830.
91. Barni F, Lewis SW, Berti A, Miskelly GM, Lago G. Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta.* 2007;72(3):896-913.
92. Hunt AC, Corby C, Dodd BE, Camps FE. The identification of human blood stains: a critical survey. *J Forensic Med.* 1960;7:112-121.
93. Khorwal A, Singh R, Gautam N. Environmental factors affecting DNA in blood samples: A review. *J Forensic Leg Med.* 2024;98:102583.
94. Bhojar S, Kumar A, Sharma P. Degradation of DNA and its implications in forensic science. *Forensic Sci Int.* 2024;355:111925.



95. Alonso A, Martín P, Albarrán C, García P, García O, de Simón LF, et al. Real-time PCR designs to estimate nuclear and mitochondrial DNA copy number in forensic and ancient DNA studies. *Forensic Sci Int.* 2004;139(2-3):141-149.
96. Bauer M, Patzelt D. Evaluation of mRNA markers for the identification of menstrual blood. *J Forensic Sci.* 2002;47(6):1278-1282.
97. Bonnet J, Colotte M, Coudy D, Couallier V, Portier J, Morin B, et al. Chain and conformation stability of solid-state DNA: implications for room temperature storage. *Nucleic Acids Res.* 2010;38(5):1531-1546.
98. Hedman J, Nordgaard A, Rasmusson B, Ansell R, Rådström P. Improved forensic DNA analysis through the use of alternative DNA polymerases and statistical modeling of DNA profiles. *Biotechniques.* 2009;47(5):951-958.
99. Alvarez M, Juusola J, Ballantyne J. An mRNA and DNA co-isolation method for forensic casework samples. *Anal Biochem.* 2004;335(2):289-298.
100. Harbison SA, Fleming R. Forensic body fluid identification: state of the art. *Res Rep Forensic Med Sci.* 2016;6:11-23.
101. Thompson TJU, Islam M, Piduru K, Marcel A. An investigation into the internal and external variables acting on crystallinity in burnt bone. *J Archaeol Sci.* 2011;38(5):1190-1196.
102. Zupanič Pajnič I, Gornjak Pogorelc B, Balažic J. Molecular genetic identification of skeletal remains from the Second World War Konfin I mass grave in Slovenia. *Int J Legal Med.* 2010;124(4):307-317.
103. Shewale JG, Liu RH. *Forensic DNA Analysis: Current Practices and Emerging Technologies.* Boca Raton: CRC Press; 2014.
104. Sutherland B, Leiva G, Silva C, de la Fuente LF, Venter J, Beltrán D, et al. Postmortem DNA degradation of skeletal muscle from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *J Forensic Sci.* 2015;60(6):1649-1654.
105. Stokes K, Coble MD. Investigation of microorganisms on bloody clothing: implications for DNA analysis. *J Forensic Sci.* 2012;57(3):613-618.
106. Lindahl T. Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature.* 1993;362(6422):709-715.
107. Cadet J, Douki T, Ravanat JL. Oxidatively generated damage to cellular DNA by UVB and UVA radiation. *Photochem Photobiol.* 2015;91(1):140-155.
108. Andréasson H, Nilsson M, Budowle B, Lundberg H, Allen M. Nuclear and mitochondrial DNA quantification of various forensic materials. *Forensic Sci Int.* 2006;164(1):56-64.
109. Hegler J. Effects of ultraviolet radiation on hemoglobin structure and function. *Photochem Photobiol.* 1980;32(3):389-393.
110. Vennemann M, Koppelkamm A. mRNA profiling in forensic genetics I: Possibilities and limitations. *Forensic Sci Int.* 2010;203(1-3):71-75.
111. Harbison S, Fleming R. Forensic body fluid identification: state of the art. *Res Rep Forensic Med Sci.* 2016;6:11-23.
112. Swofford H. *Forensic Science Environmental Scan 2023.* NIST Interagency/Internal Report (NISTIR). Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; 2024.



113. Ottens R, Taylor D, Abarno D, Linacre A. Successful DNA extraction from a single hair follicle. *Forensic Sci Med Pathol*. 2013;9(4):576-578.
114. Hedman J, Nordgaard A, Dufva C, Rasmusson B, Ansell R, Rådström P. Synergy between DNA polymerases increases polymerase chain reaction inhibitor tolerance. *Anal Biochem*. 2010;405(2):192-200.
115. Ermida C, Cunha E, Ferreira MT. Luminol and the postmortem interval estimation - influence of taphonomic factors. *Int J Legal Med*. 2024;138(3):1109-1116.
116. Pittner S, Bugelli V, Benbow ME, Ehrenfellner B, Zissler A, Campobasso CP, et al. The applicability of forensic time since death estimation methods for buried bodies in advanced decomposition stages. *PLoS One*. 2020;15(12):e0243395.
117. Cockle DL, Bell LS. Human decomposition and the reliability of a 'universal' model for post mortem interval estimations. *Forensic Sci Int*. 2015;253:136.e1-9.
118. Matsuoka T, Taguchi T, Okuda J. Estimation of bloodstain age by rapid methemoglobin-detection using sephadex G-25 column. *Forensic Sci Int*. 1995;76(3):169-176.
119. Bremmer RH, Nadort A, van Leeuwen TG, van Gemert MJ, Aalders MC. Age estimation of blood stains by hemoglobin derivative determination using reflectance spectroscopy. *Forensic Sci Int*. 2011;206(1-3):166-171.
120. Zweig MH, Campbell G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clin Chem*. 1993;39(4):561-577.
121. Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*. 1988;240(4857):1285-1293.
122. Park SH, Goo JM, Jo CH. Receiver operating characteristic (ROC) curve: practical review for radiologists. *Korean J Radiol*. 2004;5(1):11-18.
123. Obuchowski NA. Receiver operating characteristic curves and their use in radiology. *Radiology*. 2003;229(1):3-8.
124. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*. 1982;143(1):29-36.
125. Hallgren KA. Computing inter-rater reliability for observational data: an overview and tutorial. *Tutor Quant Methods Psychol*. 2012;8(1):23-34.
126. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb)*. 2012;22(3):276-282.
127. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas*. 1960;20(1):37-46.
128. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-174.
129. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2003.
130. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther*. 2005;85(3):257-268.
131. Viera AJ, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med*. 2005;37(5):360-363.



132. Gwet KL. Computing inter-rater reliability and its variance in the presence of high agreement. *Br J Math Stat Psychol*. 2008;61(Pt 1):29-48.
133. Li R. *Forensic Biology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2015.
134. James SH, Kish PE, Sutton TP. *Principles of Bloodstain Pattern Analysis: Theory and Practice*. Boca Raton: CRC Press; 2005.
135. Bevel T, Gardner RM. *Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2008.
136. Wonder AY. *Blood Dynamics*. San Diego: Academic Press; 2001.
137. Raymond MA, Smith ER, Liesegang J. The physical properties of blood--forensic considerations. *Sci Justice*. 1996;36(3):153-160.
138. Adam CD. Fundamental studies of bloodstain formation and characteristics. *Forensic Sci Int*. 2012;219(1-3):76-87.
139. Attinger D, Moore C, Donaldson A, Jafari A, Stone HA. Fluid dynamics topics in bloodstain pattern analysis: comparative review and research opportunities. *Forensic Sci Int*. 2013;231(1-3):375-396.
140. Kabaliuk N, Jermy MC, Williams E, Laber TL. Bloodstain pattern analysis: implementation of a fluid dynamic model for position determination of victims. *Sci Rep*. 2015;5:11461.
141. Lutz FW, Lutz PE. The forensic identification of bloodstains on fabric. *J Forensic Sci*. 1993;38(4):815-827.
142. Spalding RP. Identification and characterization of blood and bloodstains. In: James SH, Nordby JJ, editors. *Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2005. p. 181-194.
143. Bremmer RH, de Bruin KG, van Gemert MJ, van Leeuwen TG, Aalders MC. Forensic quest for age determination of bloodstains. *Forensic Sci Int*. 2012;216(1-3):1-11.
144. Edelman G, Manti V, van Ruth SM, van Leeuwen T, Aalders M. Identification and age estimation of blood stains on colored backgrounds by near infrared spectroscopy. *Forensic Sci Int*. 2012;220(1-3):239-244.
145. Strasser S, Zink A, Kada G, Hinterdorfer P, Peschel O, Heckl WM, et al. Age determination of blood spots in forensic medicine by force spectroscopy. *Forensic Sci Int*. 2007;170(1):8-14.
146. Andrasko J. The estimation of age of bloodstains by HPLC analysis. *J Forensic Sci*. 1997;42(4):601-607.
147. Ackermann K, Ballantyne KN, Kayser M. Estimating trace deposition time with circadian biomarkers: a prospective and versatile tool for crime scene reconstruction. *Int J Legal Med*. 2010;124(5):387-395.
148. Fujita Y, Tsuchiya K, Abe S, Takiguchi Y, Kubo S, Sakurai H. Estimation of the age of human bloodstains by electron paramagnetic resonance spectroscopy: long-term controlled experiment on the effects of environmental factors. *Forensic Sci Int*. 2005;152(1):39-43.
149. McLaughlin G, Doty KC, Lednev IK. Discrimination of human and animal blood traces via Raman spectroscopy. *Forensic Sci Int*. 2014;238:91-95.



150. Sikirzhyski V, Sikirzhyskaya A, Lednev IK. Multidimensional Raman spectroscopic signatures as a tool for forensic identification of body fluid traces: a review. *Appl Spectrosc.* 2011;65(11):1223-1232.
151. Virkler K, Lednev IK. Raman spectroscopy offers great potential for the nondestructive confirmatory identification of body fluids. *Forensic Sci Int.* 2008;181(1-3):e1-5.
152. Kind SS, Cleevely RG, Hartge AH. The effect of heat on blood II. *J Forensic Sci Soc.* 1972;12(4):575-583.
153. Sutton TP. *Bloodstain Pattern Analysis in Violent Crimes. Forensic Sciences Research Laboratory Manual and Systematic Approach.* 2nd ed. St. Louis: Sutton Publications; 1998.
154. MacDonell HL. *Bloodstain Pattern Interpretation.* Corning: Laboratory of Forensic Science; 1982.
155. Peschel O, Kunz SN, Rothschild MA, Mützel E. Blood stain pattern analysis. *Forensic Sci Med Pathol.* 2011;7(3):257-270.
156. Carter AL, Lester A. How long can a bloodstain retain a human blood grouping? *J Forensic Sci Soc.* 1972;12(4):565-574.
157. Connolly MK. *Identification and individualization of blood and bloodstains: clinical and medicolegal aspects of body fluids.* Washington DC: US Department of Justice; 1995.
158. Ballantyne J. Validity of messenger RNA expression analyses of human saliva. *Clin Cancer Res.* 2007;13(18 Pt 1):5033-5034.
159. Juusola J, Ballantyne J. Messenger RNA profiling: a prototype method to supplant conventional methods for body fluid identification. *Forensic Sci Int.* 2003;135(2):85-96.
160. Haas C, Klessner B, Maake C, Bär W, Kratzer A. mRNA profiling for body fluid identification by reverse transcription endpoint PCR and realtime PCR. *Forensic Sci Int Genet.* 2009;3(2):80-88.
161. Zubakov D, Hanekamp E, Kokshoorn M, van IJcken W, Kayser M. Stable RNA markers for identification of blood and saliva stains revealed from whole genome expression analysis of time-wise degraded samples. *Int J Legal Med.* 2008;122(2):135-142.
162. Setzer M, Juusola J, Ballantyne J. Recovery and stability of RNA in vaginal swabs and blood, semen, and saliva stains. *J Forensic Sci.* 2008;53(2):296-305.
163. Quinones I, Daniel B. Cell free DNA as a component of forensic evidence recovered from touched surfaces. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(1):26-30.
164. Risinger DM, Saks MJ, Thompson WC, Rosenthal R. The Daubert/Kumho implications of observer effects in forensic science: hidden problems of expectation and suggestion. *Calif Law Rev.* 2002;90(1):1-56.
165. Mnookin JL, Cole SA, Dror IE, Fisher BA, Houck MM, Inman K, et al. The need for a research culture in the forensic sciences. *UCLA Law Rev.* 2011;58(3):725-779.
166. National Research Council. *Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward.* Washington DC: The National Academies Press; 2009.
167. Kobilinsky L, Liotti TF, Oeser-Sweat J. *DNA: Forensic and Legal Applications.* Hoboken: Wiley-Interscience; 2005.
168. Butler JM. *Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers.* 2nd ed. Burlington: Elsevier Academic Press; 2005.



169. Jobling MA, Gill P. Encoded evidence: DNA in forensic analysis. *Nat Rev Genet.* 2004;5(10):739-751.
170. Forensic Genetics Policy Initiative. Whole Genome Sequencing in Forensic Science: Ethical, Legal, and Societal Aspects. 2022.
171. Scientific Working Group on DNA Analysis Methods (SWGDAM). Validation Guidelines for DNA Analysis Methods. FBI Laboratory; 2012.
172. Scientific Working Group on DNA Analysis Methods (SWGDAM). Quality Assurance Standards for Forensic DNA Testing Laboratories. FBI Laboratory; 2011.
173. OSAC Forensic Science Standards Board. Registry of Approved Standards. National Institute of Standards and Technology; 2023.
174. ANSI/ASB Standard 020. Standard for Validation Studies of DNA Mixtures, and Development and Verification of a Laboratory's Mixture Interpretation Protocol. 2020.
175. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.
176. Budowle B, Bottrell MC, Bunch SG, Fram R, Harrison D, Meagher S, et al. A perspective on errors, bias, and interpretation in the forensic sciences and direction for continuing advancement. *J Forensic Sci.* 2009;54(4):798-809.
177. Gill P, Brenner CH, Buckleton JS, Carracedo A, Krawczak M, Mayr WR, et al. DNA commission of the International Society of Forensic Genetics: Recommendations on the interpretation of mixtures. *Forensic Sci Int.* 2006;160(2-3):90-101.
178. Prinz M, Boll K, Baum H, Shaler B. Multiplexing of Y chromosome specific STRs and performance for mixed samples. *Forensic Sci Int.* 1997;85(3):209-218.
179. Clayton TM, Whitaker JP, Sparkes R, Gill P. Analysis and interpretation of mixed forensic stains using DNA STR profiling. *Forensic Sci Int.* 1998;91(1):55-70.
180. Buckleton JS, Bright JA, Taylor D. *Forensic DNA Evidence Interpretation.* 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2016.
181. Taylor D, Bright JA, Buckleton J. The interpretation of single source and mixed DNA profiles. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(5):516-528.
182. Gill P, Gusmão L, Haned H, Mayr WR, Morling N, Parson W, et al. DNA commission of the International Society of Forensic Genetics: Recommendations on the evaluation of STR typing results that may include drop-out and/or drop-in peaks. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(6):679-688.
183. Butler JM, Buel E, Crivellente F, McCord BR. Forensic DNA typing by capillary electrophoresis using the ABI Prism 310 and 3100 genetic analyzers for STR analysis. *Electrophoresis.* 2004;25(10-11):1397-1412.
184. Bright JA, Taylor D, McGovern C, Cooper S, Russell L, Abarno D, et al. Developmental validation of STRmix™, expert software for the interpretation of forensic DNA profiles. *Forensic Sci Int Genet.* 2016;23:226-239.
185. Gill P, Whitaker J, Flaxman C, Brown N, Buckleton J. An investigation of the rigor of interpretation rules for STRs derived from less than 100 pg of DNA. *Forensic Sci Int.* 2000;112(1):17-40.



186. Coble MD, Butler JM. Characterization of new MiniSTR loci to aid analysis of degraded DNA. *J Forensic Sci.* 2005;50(1):43-53.
187. Westen AA, Kraaijenbrink T, Robles de Medina EA, Hartevelde J, Willemse P, Zuniga SB, et al. Comparing six commercial autosomal STR kits in a large Dutch population sample. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(2):258-263.
188. Hill CR, Duewer DL, Kline MC, Coble MD, Butler JM. U.S. population data for 29 autosomal STR loci. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(3):e82-e83.
189. Finnis J, Lewis J, Davidson A. Comparison of methods for visualizing blood on dark surfaces. *Sci Justice.* 2013;53(2):178-186.
190. Larkin B, Banks C, Bahrani I, Lollis M, Mason I, Blackledge RD. Comparison of photographic techniques to visualize blood stained footwear impressions on dark surfaces. *Forensic Sci Int.* 2015;256:34-39.
191. Smith FR, Nicloux C. Development of forensic luminol reagents for crime scene investigation. *J Forensic Sci.* 2012;57(3):791-797.
192. De Forest PR, Gaensslen RE, Lee HC. *Forensic Science: An Introduction to Criminalistics.* New York: McGraw-Hill; 1983.
193. Fisher BA. *Techniques of Crime Scene Investigation.* 7th ed. Boca Raton: CRC Press; 2004.
194. Saferstein R. *Criminalistics: An Introduction to Forensic Science.* 11th ed. Upper Saddle River: Pearson Education; 2015.
195. Blum LJ, Esperança P, Rocquefelte S. Luminol electrochemiluminescence with screen-printed electrodes for low-cost disposable hand-held biosensors. *Anal Lett.* 2004;37(9):1883-1897.
196. Gross AM, Harris KA, Kaldun GL. The effect of luminol on presumptive tests and DNA analysis using the polymerase chain reaction. *J Forensic Sci.* 1999;44(4):837-840.



FÉRULAS OCLUSALES IMPRESAS. REVISIÓN SISTEMÁTICA

PRINTED OCCLUSAL SPLINTS

Fausto Rene Checa Yugsi¹, Nathaly Silvana Ruiz Guaño², Christian Andrés Cabezas Abad³,
Manuel Alejandro León Velastegui⁴

{fausto.checa@unach.edu.ec¹, nathaly.ruiz@unach.edu.ec², christian.cabezas@unach.edu.ec³, maleon@unach.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 06/01/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: El principal objetivo de esta revisión fue revisar las férulas impresas, materiales, protocolos y características de las resinas empleadas. Se realizó una revisión sistemática y metaanálisis bajos las normas PRISMA, la búsqueda se hizo en 4 bases de datos Pubmed, Scopus, Web of Science y Embase además de una búsqueda manual de estudios relevantes. Se identificaron 155 estudios, descartando duplicados mediante Mendeley, seleccionándolos por título y resumen, luego de obtener los textos completos se seleccionaron once estudios (*in vitro*). La impresora 3D "Asiga MAX" fue la impresora más empleada en los estudios, n cuanto a los materiales de elección para la impresión 3D, destaco KeySplint Soft, seguida de V-Print splint comfort, le siguen Dental LT Clear, NextDent Ortho Rigid (ND) y LuxaPrint Ortho Plus (LP) y IMPRIMO LC Splint flex. Todos los materiales ya sean de elaboración aditiva o sustractiva ante la prueba generaron fisuras, grietas e irregularidades, mientras que los materiales impresos destaco uno en particular KeySplint Soft el cual demostró una mayor resistencia a múltiples factores incluyendo entre ellas al desgaste y una menor sorción de agua el resto de los materiales utilizados en impresión 3D sufrió un declive ante los materiales fabricados por técnica sustractiva. No se hallaron evidencias clínicas que demuestren Citotoxicidad por parte de estos materiales con las estructuras de contacto que las rodean, así mismo demuestran un grado mínimo de 77,60% y máximo de 94,10% de Biocompatibilidad con el organismo destacando sus adecuadas propiedades amigables con el organismo. Los materiales impresos tienden a presentar un medio de cultivo más idóneo para el crecimiento bacteriano. Las férulas oclusales impresas en 3D, mostraron un menor desempeño ante sus principales competidores como lo es la técnica sustractiva (fresado), sin embargo, cumplen con los parámetros necesarios para emplearse en cavidad bucal, sin que estos provoquen alteraciones con las estructuras circundantes, no se evidenció registros de citotoxicidad ante el organismo.

¹Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador,
<https://orcid.org/0009-0003-5412-2476>.

²Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador,
<https://orcid.org/0000-0002-3289-8228>.

³Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador,
<https://orcid.org/0000-0002-5186-5210>.

⁴Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador,
<https://orcid.org/0000-0002-6387-9337>: +593982218102.



Palabras clave: *Férulas oclusales, impresión 3D, CAD-CAM, técnica aditiva*

ABSTRACT: The main objective of this review was to examine printed splints, materials, protocols, and characteristics of the resins used. A systematic review and meta-analysis were performed following PRISMA guidelines. The search was conducted in four databases: PubMed, Scopus, Web of Science, and Embase, in addition to a manual search for relevant studies. 155 studies were identified, discarding duplicates using Mendeley. Studies were selected by title and abstract, and after obtaining the full texts, eleven in vitro studies were selected. The “Asiga MAX” 3D printer was the most frequently used in the studies. Regarding the materials of choice for 3D printing, KeySplint Soft stood out, followed by V-Print Splint Comfort, Dental LT Clear, NextDent Ortho Rigid (ND), LuxaPrint Ortho Plus (LP), and IMPRIMO LC Splint Flex. All materials, whether additively or subtractively manufactured, exhibited fissures, cracks, and irregularities in the test. Among the printed materials, KeySplint Soft stood out, demonstrating greater resistance to multiple factors, including wear and tear, and lower water sorption. The other materials used in 3D printing showed a decline compared to those manufactured using subtractive techniques. No clinical evidence was found demonstrating cytotoxicity from these materials with the surrounding structures. Furthermore, they demonstrated a minimum biocompatibility of 77.60% and a maximum of 94.10% with the body, highlighting their suitable biocompatible properties. Printed materials tend to provide a more suitable culture medium for bacterial growth. 3D-printed occlusal splints showed lower performance compared to their main competitors, such as the subtractive technique (milling). However, they meet the necessary parameters for use in the oral cavity without causing alterations to surrounding structures, and no cytotoxicity was observed in the body.

Keywords: *Occlusal splints, 3D printing, CAD/CAM, additive manufacturing*

INTRODUCCIÓN

Una férula oclusal, también conocida como férula de mordida o férula ortopédica, es un dispositivo intraoral removible y versátil que se puede utilizar tanto para tratamientos terapéuticos como para evaluar una nueva dimensión vertical antes de una rehabilitación dental completa. Su eficacia ha sido comprobada en la reducción del dolor y en la mejora de la movilidad mandibular. El diseño de la férula oclusal determina su función, y según las indicaciones clínicas, puede variar desde un dispositivo que cubre parcialmente hasta uno que abarca todas las superficies oclusales, o incluso diseños más complejos que incorporan rampas o indentaciones oclusales (1).

El uso de férulas o dispositivos similares ha ido en aumento en diversas aplicaciones, como el tratamiento de trastornos de la articulación temporomandibular, el bruxismo, la apnea obstructiva del sueño, y como prótesis provisionales en rehabilitaciones bucales completas. También se han popularizado los aparatos para braquiterapia en tiempos recientes (2). Los



trastornos temporomandibulares (TTM) son un grupo de patologías y problemas asociados con alteraciones en la estructura, función o fisiología del sistema masticatorio. Los tratamientos para los TTM abarcan modalidades oclusales (como férulas, ortodoncia y análisis oclusal) y, recientemente, se están orientando hacia enfoques mínimamente invasivos o no invasivos, que incluyen asesoramiento, psicoterapia, fisioterapia, medicación y terapia oclusal (1).

Otra patología que requiere el uso de férulas oclusales es el bruxismo, donde se sugiere que estos dispositivos intraorales alivian los síntomas, junto con farmacoterapia, estrategias conductuales y fisioterapia. De este modo, las férulas oclusales se emplean para prevenir el desgaste dental y facilitar la relajación muscular (3). La prevalencia de los trastornos de la articulación temporomandibular (TTM) oscila entre el 5 y el 12%. Estos trastornos son más comunes en jóvenes y se presentan al menos el doble de veces en mujeres que en hombres (4).

Se han propuesto diversos tratamientos para los TTM, incluyendo la terapia con férula oclusal, ajuste oclusal, farmacoterapia, acupuntura, cirugía, fisioterapia, terapia de masajes, biorretroalimentación, terapia cognitivo-conductual y manejo del estrés. La terapia con férula oclusal se considera el estándar de oro para el tratamiento de TTM y ha demostrado ser efectiva en el 70-90% de los casos sintomáticos (4). Su mecanismo de acción se basa en inducir la relajación muscular al interrumpir el ciclo de contracción refleja neuromuscular en pacientes con hábitos parafuncionales. Además, protegen los dientes del movimiento y desgaste provocados por el bruxismo, distribuyen las fuerzas oclusales sobre los dientes y ayudan a reposicionar los cóndilos y la mandíbula en una relación céntrica (4).

Un estudio ha revelado que más del 5% de la población presenta síntomas clínicos asociados con los trastornos de la articulación temporomandibular (TTM). Otros estudios también indican que la incidencia del bruxismo en la población general puede alcanzar hasta un 8- 10%, lo que hace que el uso de férulas oclusales sea la solución inmediata preferida. Existen diferentes métodos para fabricar férulas oclusales, que incluyen técnicas convencionales, técnicas sustractivas (como el fresado) y técnicas aditivas (como la impresión 3D). La impresión 3D, o fabricación aditiva, es un proceso mediante el cual se crea un objeto físico a partir de un modelo digital mediante la deposición sucesiva de capas de materia" (5).

Los dentistas están familiarizados con la fabricación sustractiva tradicional, que consiste en eliminar material de un bloque para formar un objeto usando herramientas como tornos y fresadoras (5). Un ejemplo de esto es el tallado de un bloque de cera para crear un diente en el curso de laboratorio preclínico de pregrado (6). Sin embargo, este método presenta desventajas, como la dificultad para reproducir objetos complejos y el desperdicio de material. Por ello, surgió la fabricación aditiva, que consiste en añadir material capa por capa para construir el objeto 3D. Esta tecnología permite crear piezas tridimensionales a partir de modelos de diseño asistido por ordenador (CAD), añadiendo materiales de forma sucesiva hasta formar el objeto físico (5).



Un proceso de impresión 3D inicia con la carga de un modelo CAD en un software específico para prepararlo para la impresión. Según la tecnología empleada por la impresora 3D, la impresión puede llevarse a cabo capa por capa utilizando resina solidificada o polvo de sinterización. (2) Este paso requiere una estación de trabajo con computadora para configurar el trabajo de impresión, una bandeja de construcción para fabricar el modelo y materiales aptos para impresión 3D. Estas impresoras pueden utilizar un láser para curar resina líquida y crear un objeto, o fusionar pequeñas partículas de polvo metálico a altas temperaturas para construir piezas, generando así el dispositivo oclusal deseado (2).

Sin embargo, a pesar de las atractivas propiedades de estos materiales, no se consideran ideales para férulas oclusales debido a factores como los prolongados procesos de fabricación, alergias cutáneas o respiratorias, mal sabor, posible incomodidad térmica, inestabilidad dimensional, monómeros residuales, susceptibilidad a la rotura y formas o colores indeseables. Las tecnologías digitales emergentes basadas en el diseño y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) facilitan el uso de un flujo de trabajo digital en la fabricación de férulas oclusales, empleando enfoques sustractivos o aditivos (4).

Para lo cual se realizará una revisión exhaustiva de la literatura que nos permitirá evaluar el estado actual de las férulas oclusales impresas en 3D y su uso en odontología, a través de la identificación las resinas empleadas para imprimir férulas oclusales y recopilar los protocolos clínicos empleados para su confección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Protocolo y registro

Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo la Declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), y se utilizó su checklist para garantizar el reporte completo.

Pregunta de investigación

Se elaboró una pregunta de investigación de acuerdo con el método (PICO) Paciente, Intervención, Comparación y Resultado: ¿Puede una férula oclusal impresa en 3D ser equivalente o superior a una elaborada por técnicas alternativas, destacando su efectividad clínica a corto y largo plazo?

P (Patient): Patients with temporomandibular disorders.

I (Intervention): 3D printed occlusal splints

C (Comparison): conventional occlusal splints



O (Outcomes): Biocompatibilidad, resistencia, citotoxicidad, accuracy, trueness.

P: Pacientes con trastornos temporomandibulares

I: Férulas oclusales impresas en 3D

C: Férulas oclusales convencionales

O: Biocompatibilidad, resistencia, citotoxicidad, precisión, veracidad.

Medidas de resultado

Los resultados obtenidos demuestran la efectividad de férulas oclusales que fueron impresas en 3D comparándolas ante métodos alternativos de fabricación, fueron medidos de manera visual mediante observaciones de los resultados obtenidos ante el sometimiento de las muestras a diferentes estudios como lo son pruebas de desgaste, flexión, biocompatibilidad, etc., las cuales son analizadas en diferentes softwares obteniendo resultados indiscutibles sobre los parámetros analizados.

Criterio de elegibilidad

Criterios de inclusión: estudios experimentales in vitro, estudios con artículos disponibles de manera gratuita.

Criterios de exclusión: revisiones de la literatura.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Las bases de datos utilizadas para esta revisión hasta octubre de 2024 fueron: Pubmed, Embase, Scopus y Web of Science de acuerdo con la ecuación de búsqueda definida previamente. No se aplicaron filtros de idioma. La búsqueda se limitó a estudios publicados hasta octubre de 2024, siguiendo los criterios y reglas para cada base de datos, utilizando los términos booleanos AND u OR, para combinar los términos Mesh y No Mesh buscados mediante título y abstract.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda.

BASE DE DATOS	ECUACIONES DE BÚSQUEDA	COMBINACIONES
---------------	------------------------	---------------



Pubmed	1# Férula Oclusal	*1+2+3
	("occlusal splint") OR ("dental occlusal splint") OR ("dental stabilization splint") OR ("interocclusal appliance") OR ("Occusal appliance") OR ("Occusal splints") OR ("Occusal stabilization splint"))	*1+2
	2# Impresión 3D	
	("Three-dimensional printing") OR ("3-Dimensional Printing") OR ("3-D Printing") OR ("3D Printing") OR ("Printing, 3-Dimensional") OR ("Printing, Three Dimensional") OR ("3-Dimensional Printing") OR ("Printing, 3D") OR ("Three-Dimensional Printing")	
	3# Resultados	
	("Biocompatibility") OR ("cytotoxicity") OR ("cell toxicity") OR ("cytotoxic activity") OR ("cytotoxic effect") OR ("cytotoxic reaction") OR ("accuracy") OR ("precision") OR ("trueness") OR ("stability") OR ("resistance")	
Embase	1# Férula Oclusal	*1+2+3
	("occlusal splint" OR "dental occlusal splint" OR "dental stabilization splint" OR "interocclusal appliance" OR "Occusal appliance" OR "Occusal splints" OR "Occusal stabilization splint")	*1+2
	2# Impresión 3D	
	("Three-dimensional printing" OR "3-Dimensional Printing" OR "3-D Printing" OR "3D Printing" OR "Printing, 3-Dimensional" OR "Printing, Three Dimensional" OR "3-Dimensional Printing" OR "Printing, 3D" OR "Three Dimensional Printing")	
	3# Resultados	
	("Biocompatibility" OR "cytotoxicity" OR "cell toxicity" OR "cytotoxic activity" OR "cytotoxic effect" OR "cytotoxic reaction" OR "accuracy" OR "precision" OR "trueness" OR "stability" OR "resistance")	
Scopus	1# Férula Oclusal	*1+2+3
	("occlusal splint") OR ("dental occlusal splint") OR ("dental stabilization splint") OR ("interocclusal appliance") OR ("Occusal appliance") OR ("Occusal splints") OR ("Occusal stabilization splint"))	*1+2

**2# Impresión 3D**

((“Three-dimensional printing”) OR (“3 Dimensional Printing”) OR (“3-D Printing”) OR (“3D Printing”) OR (“Printing, 3-Dimensional”) OR (“Printing, Three Dimensional”) OR (“3-Dimensional Printing”) OR (“Printing, 3D”) OR (“Three Dimensional Printing”))

3# Resultados

((“Biocompatibility”) OR (“cytotoxicity”) OR (“cell toxicity”) OR (“cytotoxic activity”) OR (“cytotoxic effect”) OR (“cytotoxic reaction”) OR (“accuracy”) OR (“precision”) OR (“trueness”) OR (“stability”) OR (“resistance”))

Web of Science**1# Férula Oclusal**

*1+2+3+

(TS=(“occlusal splint”) OR TS=(“dental occlusal splint”) OR TS=(“dental stabilization splint”) OR TS=(“interocclusal appliance”) OR TS=(“Occusal appliance”) OR TS=(“Occusal splints”) OR TS=(“Occusal stabilization splint”))

*1+2

2# Impresión 3D

(TS=(“Three-dimensional printing”) OR TS=(“3 Dimensional Printing”) OR TS=(“3-D Printing”) OR TS=(“3D Printing”) OR TS=(“Printing, 3-Dimensional”) OR TS=(“Printing, Three Dimensional”) OR TS=(“3-Dimensional Printing”) OR TS=(“Printing, 3D”) OR TS=(“Three Dimensional Printing”))

3# Resultados

((TS=(“Biocompatibility”) OR TS=(“cytotoxicity”) OR TS=(“cell toxicity”) OR TS=(“cytotoxic activity”) OR TS=(“cytotoxic effect”) OR TS=(“cytotoxic reaction”) OR TS=(“accuracy”) OR TS=(“precision”) OR TS=(“trueness”) OR TS=(“stability”) OR TS=(“resistance”))

El proceso de búsqueda y selección de estudios, extracción de datos se realizó por dos examinadores independientes (F.R.CH – M.L.V). Además, se realizó una búsqueda manual de la lista de referencias de los artículos científicos seleccionados para identificar estudios adicionales.

Selección de estudios

Luego de eliminar los duplicados o triplicados con el gestor bibliográfico: Mendeley. Dos revisores independientes (F.R.CH – M.L.V) realizaron la selección de los estudios mediante título



y abstract, de acuerdo con los criterios de selección y se anotaron en una hoja de Excel para facilitar el manejo de los datos.

Una vez definidos los estudios a ser utilizados se obtuvieron los textos completos de los artículos científicos.

Extracción de datos

Las variables extraídas de los artículos científicos fueron: Autor, año de publicación, objetivo, criterios de inclusión, criterios de exclusión, muestras, material, fabricante, composición del material, angulación de fabricación, espesor de capa utilizado, técnicas alternativas de fabricación, materiales alternativos de fabricación, proceso para medir los distintos resultados, método de evaluación de resultados, estadístico, conclusiones.

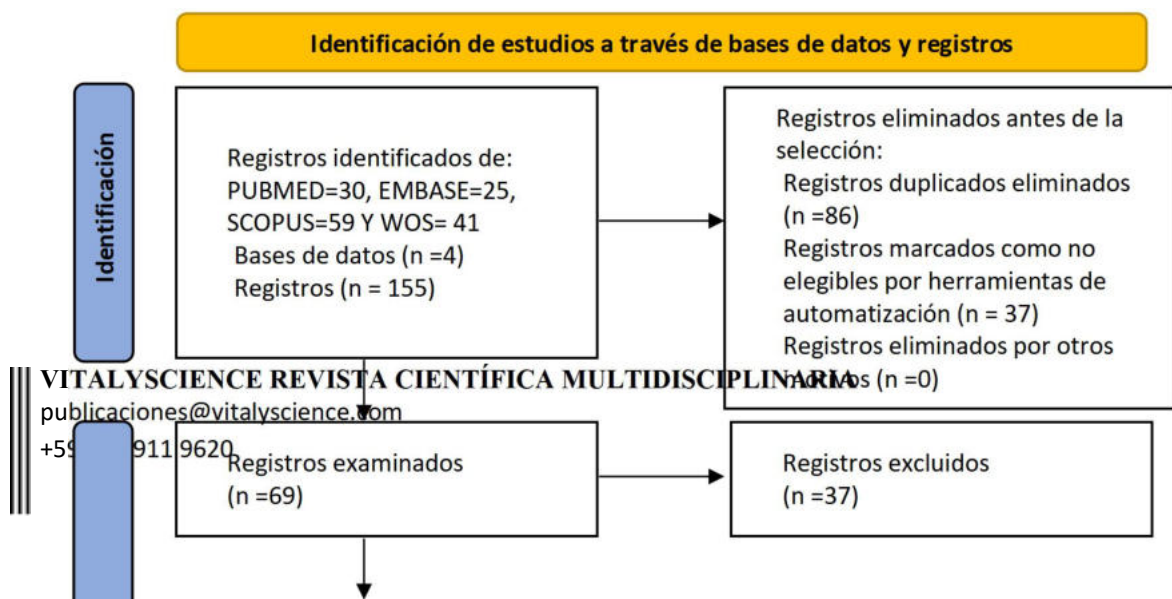




Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

RESULTADOS

En la presente investigación se emplearon 11 estudios de la literatura encontramos artículos de carácter *in vitro*, entre los cuales categorizamos su origen destacando 3 de Suiza, 2 procedentes de Finlandia, 2 de Alemania, y por último varios países que comprenden 1 artículo como son Serbia, Polonia, Japón y Rumania. A su vez considerando el año 2024 encontramos a 2 artículos, una mayor frecuencia con 6 del año 2023, 2 del año 2022, y 1 del año 2019.

En cuanto al diseño asistido por computadora (CAD), el formato de archivo **.stl** fue el más utilizado, según se recopila en la Tabla 2, se destacó el archivo (.stl) como software principal en el estudio con 4 artículos que lo respaldan, seguido del archivo (.dlp) además del programa autodesk que comprendido 3 artículos y el resto de los programas con un ejemplar como Magics v19, Formlabs Inc, GOM-Inspect 2019, Tizian Creativ RT-Software, Netfabb 2020 y exocad junto con 5 programas procedentes de USA, 3 de Alemania y uno de Bélgica.



Por otro lado, el CAM (Computer Aided Manufacturing) destaco la impresora 3D “Asiga MAX” con 4 estudios que la implementaron, y el resto ocupando distintos tipos de impresoras 3D, enfocando el país de origen de predilección a Estados Unidos con 5 impresoras fabricadas en el país, seguido por Alemania con 2 unidades, Australia con 2 unidades, por su parte Reino Unido, China, Suiza y Países Bajos con una impresora cada uno.

Tabla 2. Tipos de archivos e impresoras utilizados en impresión 3D.

Autor / año	CAD	CAM
Gibreel, 2022 (9)	Para los materiales de férula impresos en 3D, se creó un archivo STL con las dimensiones de la muestra en AutoCAD (Autodesk, San Rafael, CA, EE. UU.)	se imprimió en una impresora 3D (Asiga MAX™, Asiga, Sydney, Australia)
Puškar, 2019 (14)	Se utilizó CAD (Magics v19, Materialise, Bélgica)	se fabricaron con la máquina SLA-6000HD (3D-Systems, EE. UU.)
Weźgowiec, 2023 (7)	Los archivos. stl se crearon y se cargaron en el software PreForm. v. 3.28.1 (Formlabs Inc., Somerville, EE. UU.),	con Meshmixer v. 3.5.474 (Autodesk Inc., San Francisco, EE. UU.).
Perea-Lowery, 2023 (10)	NE	Una impresora de procesamiento de luz digital (DLP) (Asiga MAX™, SCHEU-DENTAL GmbH, Iserlohn, Alemania)
Schmeiser, 2022 (23)	(GOM-Inspect 2019, GOM GmbH, Braunschweig, Alemania)	GI (GR22 flex, pro3dure medical GmbH) o con 3DP-KY (KeySplint soft, Keystone Industries, Gibbstown, EE. UU.).
Wuersching, 2023 (21)	(Tizian Creativ RT-Software, Schütz Dental GmbH, Rosbach, Alemania) y se exportó como un archivo de lenguaje de teselación estándar (stl).	(NextDent 5100, NextDent, Centurionbaan, Países Bajos).
Rosello, 2023 (24)	(Netfabb 2020, Autodesk, Inc., San Francisco, CA, EE. UU.).	(Rapidshape P30, Straumann, Basilea, Suiza)
Saadat, 2024 (25)	Para DLP, el archivo de referencia se importó al software de corte Netfabb Basis 2022.2.2 (Autodesk Inc., San Rafael, CA, EE. UU.).	SLA (Preform, Formlabs, Sommerville, MA, EE. UU.)
Wada, 2023 (18)	NE	impresora LCD.MTC5, PLAN-MECA OY, Helsinki, Finlandia) Y a impresora de procesamiento de luz digital (DLP) con 385 nm (Asiga MAX).MT,SCHEUDENTAL GmbH, Iserlohn, Alemania)



Popescu, 2024 (13)	El diseño asistido por computadora del aparato dental incluyó la importación de archivos STL con Exocad (Exocad 3.1. Rijeka, Exocad GmbH Darmstadt, Alemania)	(3D Systems, NextDent BV, Soesterberg, Países Bajos) Se utilizó la impresora 3D Asiga Max (3D MAX UV 385 Asiga, Alexandria, Australia)
Prpic, 2023 (26)	(Netfabb Premium 2019, Autodesk, San Rafael, CA, EE. UU.; Meshmixer, Autodesk, San Rafael, CA, EE. UU.	3D P20+ (Straumann, Basilea, Suiza); Dental LT Clear se imprimió utilizando Form 3B (Formlabs, Somerville, MA, EE. UU.), seguido de un procedimiento de pospolimerización en Form Cure (Formlabs, Somerville, MA, EE. UU.); NextDent Ortho Rigid se imprimió utilizando AccuFab-L4D (Shining 3D GmbH, Hangzhou, China), seguido de un procedimiento de pospolimerización en FabCure (Shining 3D GmbH, Hangzhou, China); ProArt Print Splint se imprimió utilizando PrograPrint PR5 (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), seguido de un procedimiento de pospolimerización en PrograPrint Cure (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein); y Dentona Flexisplint se imprimió utilizando LC Opus (Photocentric Ltd., Peterborough, Reino Unido), seguido de un procedimiento de pospolimerización en Cure M+ (Photocentric Ltd., Peterborough, Reino Unido).

*NE: No Especifica

En cuanto a los materiales de elección para la impresión 3D, destaco KeySplint Soft con 6 estudios, seguida de V-Print splint comfort con 5 estudios, con 3 estudios cada uno le siguen Dental LT Clear, NextDent Ortho Rigid (ND) y LuxaPrint Ortho Plus (LP), con 2 estudios encontramos a IMPRIMO LC Splint flex y al resto con un estudio cada uno. Enfocando al material de elección "light-curing resin" que fue utilizado en múltiples estudios lo observamos en la Tabla 3.

Tabla 3. Materiales evaluados en los estudios impresos 3D y su mayor prevalencia.

Materiales de 3D											
Autor / año	IMP RIM O LC	IMPRI MO LC	KeySpl int Soft	V-Print splint	Resina epoxi Accura	Denta I LT Clear	GR-22 Flex	NextDent Ortho Rigid	LuxaPri nt Ortho	SHERA print-ortho	FREEPRIN T® splint 2.0



	Splint	Splint flex		comfort	® ClearVue			(ND)	Plus (LP)	plus UV (SP)	
Gibrel, 2022 (9)	Light curing resin	Light curing resin	Light curing resin	Light-curing resin	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Puška, 2019 (14)	NE	NE	NE	NE	polymer-based epoxy resin	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Weźgowiec, 2023 (7)	NE	NE	NE	NE	NE	photo polymer resin	NE	NE	NE	NE	NE
Perea-Lowery, 2023 (10)	NE	Methacrylate-based resin	Methacrylate-based resin	Acrylate-based resin	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Schmeiser, 2022 (23)	NE	NE	Methacrylate monomer	NE	NE	NE	Oligomers, methacrylic resins	NE	NE	NE	NE
Wuersching, 2023 (21)	NE	NE	light-curing resin	light-curing resin	NE	NE	NE	Resina 3D Biocompatible	high-quality, light-cured resin	light-curing resin	NE
Rosello, 2023 (24)	NE	NE	phenoxyethyl methacrylate	Polyester dimethacrylate	NE	NE	NE	NE	EBPAD MA	NE	Isopropylidenediphenol peg-2 dimethacryl
Saadat, 2024 (25)	NE	NE	NE	light-curing resin	NE	photo polymer resin	NE	NE	light-cured resin	NE	NE
Wada, 2023 (8)	NE	NE	light-curing resin	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Popeescu, 2024	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	resina de fotopolímero a	NE	NE	NE



(27)								base de éster			
Prpic, 2023	NE	NE	NE	NE	NE	Acrylic	NE	Monomer based	NE	NE	NE
(26)						light-polymerizing		on acrylic esters			

*NE: No Especifica

En la Tabla 4 en cuanto a la angulación utilizada en cada estudio se denoto que 5 artículos utilizaron 90° como elección, mientras que uno de ellos utilizo 45° y solo uno realizo la investigación con todas las angulaciones 0°, 30°, 45°, 60° y 90°. Por otro lado, el espesor de capa se ha ido manteniendo constante en una medida de 100um a excepción de 2 estudios que utilizaron diferentes espesores como lo son 2 estudios de 50um, 1 estudio de 1um y 1 estudio de 1000um. El poscurado de las muestras no reflejo la elección del enfoque hacia la utilización de la luz UV, seguido con 2 estudios realizados con luz LED y uno de ellos sometido al aire, el resto se manejaron con el poscurado del fabricante. Para el pulido encontramos 6 papel abrasivo de carburo de silicio y 1 con fresa de carburo de tungsteno.

Tabla 4. Parámetros de impresión en 3D.

Parámetros de impresión 3D					
Autor / año	Angulación de Impresión	Espesor de Capa	Poscurado	Pulido	
Gibreel, 2022 (9)	90°	100 um	Form cure, Formlabs	máquina pulidora utilizando papeles abrasivos de carburo de silicio	
Puškar, 2019 (14)	NE	0,1 mm (100um)	someterlas a luz ultravioleta en un aparato de poscurado durante 30 minutos	NE	
Weźgowiec, 2023 (7)	90°	100 um	Se poscuraron en un Form Cure (Formlabs Inc.) equipado con diodos emisores de luz (LED) multidireccionales de 405 nm	papel de lija (grano P500, P1000 y P1200) y polvo de piedra pómez de 0,6 mm	
Perea-Lowery, 2023 (10)	90°	100 um	dispositivo de diodo emisor de luz (LED) a 60°C durante 30 min	papeles de lija de carburo de silicio de hasta P1200	
Schmeiser, 2022 (23)	90°	1 um	luz UV (CD2, pro3dure medical GmbH) durante 2x20 min con el sustrato 3DP-GI	NE	
Wuersching, 2023 (21)	NE	1 mm (1000um)	aparato de flash de xenón (PAGcurar); , 30 minutos postexposición a	fresa de carburo de tungsteno con una mezcla de agua y	



			rayos UV de 10 minutos a 60 °C	polvo de piedra pómez, y el pulido final se realizó con un pulidor de carburo de tungsteno. carburo de silicio (SiC, P1200)
Rosello, 2023 (24)	NE	NE	NE	
Saadat, 2024 (25)	0°, 30°, 45°, 60°, y 90	50 um	Luz UV en la máquina Form Cure	NE
Wada, 2023 (8)	90°	100 um	estroboscópico con 2000 destellos en cada superficie (Autoflash G171, BEGO) se postcuraron en el aire.	papel de lija de carburo de silicio de grano 4000 con un tamaño de grano de 5 µm (papel SiC).
Popescu, 2024 (27)	45°	50 um	luz ultravioleta durante 10 minutos en la fotopolimerización Led BB Cure horno Plus.	NE
Prpic, 2023 (26)	NE	NE	NE	Papeles de lijado metalográficos estándar con tamaños de grano de aproximadamente 30µm(P500), 18µm (P1000), y 15µm (P1200) en una pulidora

*NE: No Especifica

Dentro de los estudios se tomaron varios puntos de interese en investigación, como lo es la evaluación de la Dureza de materiales impresos 3D, por lo que en este estudio se evaluó que 5 de ellos nos relatan de dureza, sin embargo, 4 de ellos se especifican en investigar la dureza “Vickers”, y solo uno de ellos evalúa la dureza “Shore D”. Para su análisis se tomaron formulas especificas denotando está en particular que se repite en varias investigaciones “ $0.1891 \times \frac{F}{d^2}$ VHN= donde F es la fuerza de indentación (N) (9,81 N) y d es la longitud media de las diagonales de la indentación impresa (mm).” según el tipo de investigación y se llegó a la conclusión que los materiales impresos en 3D tienen una correlación directa con falta de resistencia evidenciándose en las muestras tomadas que fueron sometidas a evaluación de dureza y a largo plazo todas las muestras impresas generan microfisuras, desgaste vertical y afectación a la microdureza.Tabla 5.

Tabla 5. Resultados en cuanto a dureza.

Autor / año	Dureza	Dureza resultados
Gibreel, 2022 (9)	La dureza superficial Vickers (VHN) de muestras de barras secas y almacenadas en agua (30 días a	La dureza se mostró mediante los tres materiales flexibles de férula



	37 °C) (4 × 10 × 10 mm³) se midió utilizando un dispositivo de prueba de microdureza (Duramin-5, Struers) con una carga de 1,96 N aplicada durante 15 s. Las muestras se limpiaron en un dispositivo de limpieza ultrasónico (Quantrex 90, L&R Ultrasonics, Kearny, Nueva Jersey, EE. UU.) en desionizado. agua durante 10 minutos antes de realizar la prueba. Se calculó un promedio de tres mediciones de cada muestra (de =16/material). Las longitudes diagonales de las huellas se midieron con la ayuda del operador del ocular de las máquinas de prueba y luego se utilizaron en el cálculo de los valores VHN.	fabricados aditivamente, KeySplint Soft, IMPRIMO LC Splint flex y V-Print splint comfort (pag>0,05). Se detectó una correlación relativamente moderada entre la profundidad de desgaste vertical y la dureza de la superficie ($r^2=0,596$, pag
Weźgowiec, 2023 (7)	Las pruebas fueron realizadas por un único investigador de acuerdo con las directrices PN-EN ISO 868:2005.41 Antes de la prueba, las muestras en forma de disco con un diámetro de 30 mm y una altura de 5 mm se acondicionaron durante 88 h en una atmósfera estándar (23/50). El valor de dureza Shore D se midió para cada muestra en 5 puntos (a una distancia de al menos 9 mm de los bordes de la muestra y 6 mm entre sí) utilizando un durómetro Shore HBA 100-1 (Sauter AG, Basilea, Suiza). Los lados pulidos y sin pulir de las muestras se probaron por separado. El valor se leyó 15 s después de presionar el pie del durómetro contra la muestra.	Una comparación de las muestras no envejecidas y envejecidas reveló que la dureza Shore D de la resina Dental LT imprimible en 3D se redujo significativamente entre los materiales sin pulir después de 90 días de almacenamiento en agua (pag<0,0001)
Rosello, 2023 (24)	La dureza Vickers (HV) se determinó en placas (12×12×3 milímetros³) utilizando un comprobador de microindentación (MHT-4 Anton Paar, Graz, Austria) de acuerdo con la norma ISO 6507-1 [25] con una carga de 0,2 kilolibras (HV0,2) y un tiempo de carga de 12 s [25]. Para ello, se midió la longitud de las diagonales de las hendiduras creadas (20 por grupo) con un microscopio digital (VK-X1000, Keyence, Osaka, Japón) y se calculó la dureza Vickers de la siguiente manera: Valor alto = $0,1891 \times F \times d^{-2}$ F = fuerza de prueba (N); d = longitud diagonal de la sangría (mm).	El ANOVA mostró una influencia significativa del material y las condiciones de almacenamiento, según las cuales el primero debe considerarse como el factor relevante debido a un valor F más alto. Ya después del prealmacenamiento (línea de base), las resinas de dimetacrilato impresas (FRE, LUX y VPR) mostraron una mayor dureza Vickers de FRE (11,8 HV), LUX (15,0 HV) y VPR (13,7 HV) en comparación con las resinas de metacrilato CLE (3,3 HV) y KEY (3,5 HV). Después del termociclado (grupo D), se observó una disminución significativa en HV para todos los materiales de férulas oclusales (CLE: 3,0 HV, pag
Wada, 2023 (18)	Para cada subgrupo, se seleccionaron aleatoriamente dos muestras para realizar mediciones de microdureza. Utilizando un dispositivo de prueba de dureza Vickers (Duramin-5, Struers, Ballerup, Dinamarca), se imprimieron	Para el material duro, un ANOVA de 2 vías reveló que el sistema de impresión afectó significativamente la microdureza (ANOVA de 2 vías). pag <0,001)

**Prpic, 2023 (26)**

las hendiduras de la pirámide de base cuadrada en 10 regiones diferentes de cada muestra seleccionada. La fuerza de indentación fue de 9,81 N y el tiempo de aplicación fue de 5 s. Se midieron las diagonales de la indentación impresa y se calculó el número de dureza Vickers (VHN) como la microdureza utilizando la siguiente ecuación: $0.1891 \times \text{PARA } d^2 \text{ VHN} =$ donde F es la fuerza de indentación (N) (9,81 N) y d es la longitud media de las diagonales de la indentación impresa (mm).

La dureza de la superficie se calculó utilizando la prueba de dureza Vickers utilizando la siguiente fórmula: $HV = 1,854(F/D^2)$, donde HV representa la dureza Vickers (VHN), F representa la carga aplicada a una muestra (kgf) y D representa el área de la sangría (mm).2). Para la determinación de la dureza Vickers se utilizó un durómetro (CSV-10, ESI Prüftechnik GmbH, Wendlingen am Neckar, Alemania). Se aplicó una carga de 100 g a la superficie de cada muestra durante un tiempo de permanencia establecido en 10 s. Se tomaron cinco mediciones para cada muestra y, finalmente, se calculó el valor medio de dureza Vickers

Los valores máximos y mínimos de dureza Vickers (VHN) de los grupos examinados fueron 23,1 y 19,1 para ProArt CAD Splint, 20,7 y 17,4 para ProBase Cold, 14,3 y 8,9 para NextDent Ortho Rigid, 13,2 y 9,5 para Dental LT Clear, 9,6 y 8,1 para Dentona Flexisplint, 11,3 y 6,6 para Cosmos Bite Splint, y 5,8 y 4,2 para ProArt Print Splint. Dos materiales impresos en 3D (Dentona Flexisplint y Cosmos Bite Splint) no cumplieron con los requisitos ISO [31] para resistencia a la flexión (≥ 65 MPa). El ANOVA unidireccional mostró una significación estadística (pag grupos examinados).

En la Tabla 6 observamos que la microscopia óptica en 3D fue el método de evaluación mayor utilizado en las investigaciones, ya sean diferentes las pruebas a las que se sometieron las muestras, se llega a una conclusión hablando del desgaste evidenciado en materiales impresos en 3D, Todos los materiales ya sean de elaboración aditiva o sustractiva ante la prueba generaron fisuras, grietas e irregularidades, mientras que los materiales impresos destaco uno en particular KeySplint Soft el cual demostró una mayor resistencia a múltiples factores incluyendo entre ellas al desgaste y una menor sorción de agua.

Tabla 6. Resultados al desgaste.

Autor / año	Desgaste	Desgaste resultados
Gibreel, 2022 (9)	Se ensayó el desgaste de cuatro muestras de cada material de férula (grosor: 2 mm, longitud: 10 mm, ancho: 15 mm). Cada muestra se montó en un bloque de resina acrílica y se pulió secuencialmente en una máquina rotativa utilizando láminas de carburo de silicio con tamaños de grano de hasta 4000 grit FEPA. Las muestras se almacenaron en agua a 37°C durante 24 h antes de la prueba. Para realizar la prueba de desgaste de dos cuerpos se	Los ejemplares presentaban signos visuales de desgaste en forma de hoyos, valles, rayones, grietas e irregularidades. Hubo diferencias en las tendencias de desgaste y el tamaño de las facetas entre los materiales investigados. Todos los materiales mostraron ranuras orientadas paralelas a las



utilizó una máquina simuladora de masticación (CS-4.2, SD Mechatronik, Feldkirchen-Westerham, Alemania), que comprende dos cámaras que simulan movimientos verticales y horizontales en presencia de agua al mismo tiempo. Cada cámara tiene un portamuestras de plástico inferior para insertar la muestra, así como un antagonista superior para retener la punta de carga. Las puntas de carga estándar del fabricante (bola de esteatita, 6 mm) se incrustaron en un material de resina acrílica autopolimerizable dentro de un anillo de plástico y luego se fijaron en el antagonista superior con un tornillo de fijación. Se realizó una simulación de masticación a 1,5 Hz con un peso vertical de 2 kg, lo que produjo 20 N de fuerza de masticación. Cada muestra fue expuesta a 15.000 ciclos de carga. Los patrones de desgaste se escanearon con un microscopio óptico 3D (Bruker Nano, Berlín, Alemania) y luego se analizaron con el software Vision64 Map para medir la pérdida de material. Los valores de profundidad total de desgaste (μm) se obtuvieron de varios sitios, según el promedio de los puntos más profundos de todos los escaneos del perfil.

direcciones de deslizamiento. Los materiales Paladon 65, Palapress, Aqua, Cast e IMPRIMO LC Splint mostraron facetas de desgaste uniformes. Se observó deformación plástica en las facetas de desgaste de IMPRIMO LC Splint flex, V-Print splint comfort y KeySplint. Suave. Paladon 65 y Cast mostraron una superficie más suave con gran aumento.

**Perea-Lowery, 2023
(10)**

Se realizó una prueba de desgaste de dos cuerpos en muestras preparadas con dimensiones de $2,0 \times 10,0 \times 15,0$ milímetros³ ($n = 4/\text{material}$). Cada muestra se fijó a un bloque de resina acrílica y se pulió secuencialmente utilizando láminas de carburo de silicio con tamaños de grano de hasta 4000 FEPA. Las muestras se almacenaron en agua a 37°C durante 24 h antes de la prueba. Se utilizó un simulador de masticación (CS-4.2, SD Mechatronik, Feldkirchen-Westerham, Alemania) con dos cámaras para realizar la prueba de desgaste en presencia de agua. Las muestras se fijaron al soporte de plástico inferior del simulador, mientras que las puntas de carga estándar del fabricante (bola de esteatita, 6,0 mm) se aseguraron al superior con un tornillo de fijación. Se realizó una simulación de masticación a 1,5 Hz con un peso vertical de 2 kg, lo que equivale a 20,0 N de fuerza de masticación. Cada muestra se sometió a 15.000 ciclos de carga. A continuación, los patrones de desgaste se escanearon con un microscopio óptico 3D (Bruker Nano GmbH, Berlín, Alemania) y las estimaciones de pérdida de material se calcularon utilizando el software Vision64 Map. Los valores totales de profundidad de desgaste vertical se adquirieron en micrómetros (μm) de varios sitios promediando los puntos más profundos

Los valores de profundidad de desgaste vertical fueron estadísticamente significativos ($P < 0,001$).



de todos los escaneos de perfil.

- Schmeiser, 2022 (23)** Los resultados del desgaste de dos cuerpos se pueden describir utilizando únicamente la pérdida de material vertical
- Con respecto a todos los grupos de materiales (CAM-TD: media = 0,82 mm, IC del 95 % [- 0, 54; - 1, 09]; CAM-CL: - 0, 56 mm, [-0,42; -0,76]; 3DP-GI: -0,45 mm, [-0,14; -0,75]; 3DP-KY: - 0,51 mm, [- 0,39; - 0,62]) no se encontraron diferencias en los resultados de desgaste de dos cuerpos (ANOVA unidireccional; pérdida vertical: $p=0,102$) (Tabla3) No hubo pérdida de material causada por los materiales de la férula oclusal en los antagonistas del esmalte. Sin embargo, se encontraron diferencias en la distribución de los patrones de daño entre los materiales individuales. En la figura se muestran imágenes microscópicas típicas de los patrones de daño observados.4. CAM-CL mostró predominantemente una superficie exclusivamente desgastada sin perforación ni fractura (92 %; IC del 95 % [60; 100]). Para CAM-TD (50 % [14; 73]) y 3DP-KY (42 % [14; 73]), aproximadamente la mitad de los sustratos mostraron superficies exclusivamente desgastadas.
- Wada, 2023 (8)** Los patrones de desgaste se escanearon utilizando un perfilómetro óptico (OP) 3D (ContourGT-I, Bruker Nano, Inc., Tucson, AZ, EE. UU.), y se calculó el promedio de los puntos más profundos de 6 perfiles escaneados en cada muestra como profundidad de microdesgaste. (μm), que fue el valor representativo de la resistencia al microdesgaste.
- Para la resistencia al nanodesgaste, se encontró la interacción entre el sistema de impresión y la atmósfera de poscurado y el sistema de impresión fue significativamente afectó la resistencia al nanodesgaste solo en 2 subgrupos postcurados sin N2($p < 0,001$). Mientras tanto, para el material blando, el ANOVA de 2 vías reveló que todas las propiedades evaluadas se vieron afectadas significativamente tanto por el sistema de impresión ($p=0,001$ para el módulo de flexión y $p < 0,001$ para todos los demás) y atmósfera de poscurado ($p=0,001$ para todos los demás). $p=0,022$ para la



resistencia a la flexión, .pag=0,005 para el módulo de flexión, .pag=0,006 para la microdureza, pag=0,004 para la resistencia al microdesgaste, pag <0,005 para todos los demás).

En cuanto a la resistencia a la Flexión por parte de los materiales impresos 4 artículos que observamos en la Tabla 7, narran el método de evaluación con el que se estudió siguiendo parámetros de normativa ISO y sometiendo a los materiales a diversas pruebas, obteniendo como resultado que el material proveniente de KeySplint Soft reaccionó positivamente ante las pruebas y obtuvo valores destacados comparándolo con sus homólogos impresos y otros métodos de fabricación como el fresado, sin embargo en las diversas pruebas se evidencio que a excepción de KeySplint Soft el resto de materiales utilizados en impresión 3D sufrió un declive ante los materiales fabricados por técnica sustractiva.

Tabla 7. Resultados a la flexión.

Autor / año	Flexion	Flexion Resultados
Weżgowiec, 2023 (7)	Las pruebas fueron realizadas por un único investigador de acuerdo con las directrices PN-EN ISO 20795-1:2013.42. Antes de la prueba, las muestras en forma de barra (64 mm × 10,0 (±0,2) mm × 3,3 (±0,2) mm) se acondicionaron en agua destilada a 37°C durante 50 h. A continuación, se midieron la altura y el ancho de cada muestra en 5 puntos utilizando un calibrador digital Magnusson (150 mm) (Limit, Alingsås, Suecia), y se calculó el área de la sección transversal media inmediatamente antes de la prueba. La prueba de flexión de tres puntos se realizó utilizando la máquina de prueba universal (Z10-X700; AML Instruments Ltd, Lincoln, Reino Unido) a una velocidad de desplazamiento constante de 5 mm/min y una longitud de tramo de 50 mm entre los soportes.	Se realizaron comparaciones múltiples de cola larga. Cuando se compararon muestras no envejecidas, los valores más altos se observaron para el PMMA curado con calor convencional, mientras que las muestras hechas de resina imprimible en 3D tuvieron valores de resistencia a la flexión significativamente más bajos. El material se poscuró durante 20 minutos a 80°C tuvo el valor más bajo, pero la diferencia entre los 2 tipos de postcurado no fue estadísticamente significativa (pag=0,2629). La comparación del módulo de flexión reveló que el módulo más bajo se obtuvo para la resina imprimible en 3D postcurada durante 30 minutos a 60°do (Fig. 3C). Tras el análisis de las muestras envejecidas artificialmente, los materiales se clasificaron en términos de resistencia a la flexión o módulo de la misma manera que las muestras no envejecidas. Sin embargo, las diferencias entre los materiales fueron más pronunciadas
Perea-Lowery, 2023 (10)	Realización de una prueba de flexión de tres puntos de acuerdo con la norma ISO 20795-1 de la Organización Internacional	Entre los materiales de férulas flexibles investigados, KeySplint Soft mostró significativamente la mayor resistencia a la



de Normalización (ISO). Utilizando una máquina de ensayo universal (modelo LRX, Lloyds Instruments Ltd., Hampshire, Reino Unido). Las dimensiones finales de las muestras fueron 65,0 mm.×10,0 milímetros×3,3 mm (n = 16/material)

flexión en seco en comparación con IMPRIMO LC Splint flex (PAG=0,001) y comodidad de la férula V-Print (PAG=0,001). Los tres materiales de férula tenían el mismo valor medio de módulo elástico seco (0,8 GPa,PAG=0,913). Todos los materiales investigados mostraron una caída sustancial en la resistencia a la flexión y el módulo elástico (P

Wada, 2023 (8)

Para evaluar la resistencia a la flexión y el módulo de flexión, se realizó una prueba de flexión de tres puntos para cada muestra mediante una máquina de prueba universal (Modelo LRX; Lloyds Instruments Ltd, Hampshire, Reino Unido). La prueba se realizó con una velocidad de cruceta de 5,0 mm/min y una longitud de tramo de 50 mm en una atmósfera de aire a 23,0±1°C utilizando una celda de carga con una capacidad de 2500 N

La atmósfera de poscurado afectó significativamente la resistencia a la flexión (0,001).pag=0,002), . El uso de la impresora Asiga mejoró significativamente la resistencia a la flexión solo en materiales blandos postcurados sin N2(pag=0,002)

Prpic, 2023 (26)

Resistencia a la flexión de las muestras se midió utilizando un instrumento de prueba universal (Inspekt Duo 5 kN-M, Hegewald & Peschke GmbH, Nossen, Alemania). De acuerdo con la norma ISO dada, los especímenes se mantuvieron en un baño de agua durante 50±1 hora a 37°C antes del proceso de prueba. Después de que transcurriera el tiempo recomendado, cada muestra se retiró cuidadosamente del baño de agua y se colocó en los soportes cilíndricos del instrumento de prueba. La distancia entre los centros de los soportes era de 50 mm y el penetrante de carga se colocó a mitad de camino entre los soportes de apoyo. La carga que se aplicó a las muestras se amplificó desde 0 utilizando una velocidad de cabezal de 1 mm/min hasta que la muestra se rompió

Los valores de resistencia a la flexión de Dentona Flexisplint se midieron en ocho muestras; en consecuencia, el análisis estadístico del material mencionado solo se realizó en ocho muestras (en lugar de diez muestras como en los otros grupos). Los valores máximos y mínimos de resistencia a la flexión (MPa) de los materiales examinados fueron los siguientes: 122,1 y 90,2 para ProArt CAD Splint, 87,8 y 77,4 para ProBase Cold, 82,9 y 57,6 para Dental LT Clear, 87,9 y 59,3 para NextDent Ortho Rigid, 50,8 y 40,7 para Dentona Flexisplint, y 57,7 y 33,5 para Cosmos Bite Splint.

En la Tabla 8, observamos que no se hallaron evidencias clínicas que demuestren Citotoxicidad por parte de estos materiales con las estructuras de contacto que las rodean, así mismo demuestran un grado mínimo de 77,60% y máximo de 94,10% de Biocompatibilidad con el organismo destacando sus adecuadas propiedades amigables con el organismo.

Tabla 8. Biocompatibilidad y citotoxicidad.



Autor / año	RESULTADOS	
	Biocompatibilidad	Citotoxicidad
Puškar, 2019 (14)	La prueba MTT realizada al cultivo celular MRC-5 mostró que el material tenía un grado satisfactorio de biocompatibilidad, que fue no inferior al 77,60% y superior al 94,10% de viabilidad celular. La viabilidad más baja registrada fue del 77,60% y este valor representa la viabilidad del cultivo MRC-5.	Después de la incubación de la línea celular de fibroblastos murinos L929 con los extractos del material experimental en DMEM, se observó que el material analizado no resultó citotóxico después del primer período de prueba de 3 días y ligeramente citotóxico después de todos los demás períodos de prueba. Después de 3 días de exposición, el porcentaje de células viables fue del 96,26%, después de 5 días 89,96%, después de 7 días 85,10% y después de 21 días 79,40%

En cuanto a tenacidad, su estudio destacó al material KeySplint como el mayor valor significativo de tenacidad, brindándole un plus ante los demás materiales evaluados incluyendo sus formas alternativas de elaboración. Por otro lado, hablando de Precisión se evidencio un mayor índice de fidelidad en las técnicas sustractivas que en las aditivas.

Tabla 9. Tenacidad y precisión.

Autor/ año	Resultado	
Perea-Lowery, 2023 (10)	Tenacidad resultados	Respecto a la tenacidad a la fractura (KCI), las muestras secas de KeySplint Soft tuvieron el valor significativo más alto de 2,3 MPa m1/2(P
Saadat, 2024 (25)	Veracidad y Precisión Resultados	El mapa de calor de veracidad después del envejecimiento artificial (Figura10) demostraron desviaciones positivas mucho mayores para el grupo SLA en todos los ángulos de construcción (amarillo a rojo). Con respecto a los grupos DLP, las desviaciones más positivas después del envejecimiento artificial se concentraron en el área posterior en todas las férulas fabricadas de manera aditiva, mientras que la férula sustractiva demostró una distribución bastante uniforme de ligeras desviaciones positivas. En cuanto a la precisión, la fabricación sustractiva en general mostró una mejor precisión que la fabricación aditiva. Para el grupo DLP1 (Luxaprint Ortho Plus, DMG), el 0°El ángulo de construcción mostró una precisión significativamente mayor que otros ángulos de construcción, mientras que para SLA, el 0°El ángulo de construcción mostró una precisión significativamente menor. No se observó lo mismo en el grupo DLP2 (V-Print Splint, VOCO). Durante 30°, 45°, y 90°En cuanto a los ángulos de construcción, los grupos SLA y DLP2 (V-Print Splint, VOCO) mostraron una precisión



significativamente mayor en comparación con el grupo DLP1 (Luxaprint Ortho Plus, DMG).

Los resultados evaluados en rugosidad denotaron que no existe una diferencia significativa entre materiales a base de técnica sustractiva o aditiva, por lo que se infiere que los materiales de impresión 3D obtuvieron buenos resultado en rugosidad, El crecimiento bacteriano es de suma importancia en el éxito clínico de férulas oclusales en el estudio se encontró que KeySplint demostró una mayor masa de agregados bacterianos ante la tinción, mientras que sus homólogos y competidores obtuvieron valores menores por lo que se infiere que los materiales impresos tienden a presentar un medio de cultivo más idóneo para el crecimiento bacteriano Tabla 10.

Tabla 10. Rugosidad y crecimiento bacteriano.

Autor / año	Rugosidad resultados	Crecimiento B. resultados
Wuersching, 2023 (21)	La rugosidad superficial media (Ra) de los materiales de férula probados se presentan de la siguiente manera. El más alto Ra. Se registraron valores para las muestras CS y KS. CD y FG mostraron la segunda rugosidad superficial más alta. Los valores de las otras resinas imprimibles SP, ND, LP y VP se encontraban en un rango similar. La rugosidad superficial más baja se encontró para ED. Ra Para todos los materiales probados en orden descendente fue CS > KS > CD > FG > LP > ND > VP > SP > ED.	La masa total de biopelícula desarrollada en las férulas de resina probadas se muestra así; La masa total media de biopelícula determinada con tinción de CV fue la más alta en las férulas de KS. La masa de biopelícula en todos los demás materiales de férulas fue menor en comparación con KS.

DISCUSIÓN

La introducción de la impresión 3D en odontología ha modificado de forma sustancial los protocolos de fabricación de férulas oclusales, permitiendo un alto grado de personalización y optimización del diseño. La evidencia analizada en esta revisión respalda que el uso de escáneres intraorales y software CAD facilita un ajuste anatómico preciso, lo que se traduce en una mejor distribución de las cargas oclusales y, potencialmente, en una mayor comodidad y eficacia clínica en el manejo del bruxismo y los trastornos temporomandibulares. Sin embargo, los resultados muestran que estas ventajas digitales no garantizan de manera automática un comportamiento mecánico superior, ya que las propiedades finales del dispositivo dependen en gran medida del material seleccionado y de los parámetros del proceso de impresión.



La investigación en nuevos materiales de impresión 3D ha llevado al desarrollo de resinas biocompatibles que no solo son seguras para el uso en la cavidad bucal, sino que también ofrecen propiedades mecánicas superiores. Esto contribuye a la durabilidad y efectividad de las férulas. A medida que la tecnología de impresión 3D se vuelve más accesible y generalizada, se espera que los costos de producción disminuyan, lo que podría hacer que estas férulas sean más asequibles para los pacientes (7). A pesar de sus ventajas, las férulas impresas en 3D han demostrado un desempeño inferior en comparación con las férulas fabricadas mediante técnicas sustractivas (fresado). Esta diferencia en calidad puede ser un obstáculo para su aceptación generalizada en la práctica clínica. Aunque se prevé que los costos de producción disminuyan, la inversión inicial en impresoras 3D de calidad y en los materiales necesarios puede ser un impedimento para algunas prácticas dentales. Esto podría limitar el acceso a esta tecnología en ciertas áreas geográficas o en consultorios más pequeños (11, 12).

En relación con los materiales, los estudios revisados demuestran una amplia variabilidad en las propiedades mecánicas de las resinas imprimibles en 3D. Algunas, como KeySplint Soft, (16,17) exhiben valores elevados de resistencia a la fractura y un mayor grado de conversión (11), lo que sugiere un comportamiento más favorable frente a las cargas funcionales. En contraste, otras resinas presentan una mayor absorción de agua, lo que puede comprometer su estabilidad dimensional y resistencia a largo plazo. Estos hallazgos confirman que, aunque el desarrollo de nuevas resinas biocompatibles ha ampliado las opciones terapéuticas, la elección del material sigue siendo un factor crítico para garantizar durabilidad, resistencia al desgaste y un desempeño clínico predecible (15).

El envejecimiento artificial y las condiciones intraorales representan desafíos relevantes para las férulas impresas en 3D. Diversos estudios coinciden en que propiedades como la dureza y la resistencia a la flexión pueden disminuir significativamente tras el almacenamiento en agua, evidenciando susceptibilidad a la degradación hidrolítica. Asimismo, se ha observado que las férulas fabricadas mediante técnicas sustractivas (fresado) presentan, en general, una mayor resistencia a la fractura y una mejor estabilidad dimensional en comparación con las impresas. A esto se suma la influencia determinante de variables como el tipo de impresora, la orientación de impresión y el poscurado, siendo los sistemas DLP y el curado en atmósfera de nitrógeno los que muestran resultados mecánicos y tribológicos más favorables (2, 4).

Desde una perspectiva clínica y de implementación, aunque la impresión 3D ofrece ventajas claras en eficiencia, reproducibilidad y potencial integración de tecnologías avanzadas, como sensores de presión para el monitoreo del bruxismo, persisten limitaciones que condicionan su adopción generalizada. La necesidad de formación especializada, la inversión inicial en equipamiento y la ausencia de normativas estandarizadas generan incertidumbre tanto en profesionales como en pacientes. No obstante, el avance continuo en materiales, procesos de fabricación y evidencia clínica sugiere que estas limitaciones podrían superarse progresivamente. En conjunto, los resultados de esta revisión indican que las férulas oclusales impresas en 3D tienen un alto potencial en la odontología contemporánea, siempre que su uso



se base en una selección rigurosa del material, una optimización del proceso digital y un respaldo sólido de estudios clínicos a largo plazo.

Además, la creciente aceptación de la impresión 3D en el ámbito dental puede impulsar la creación de protocolos estandarizados y normativas que aseguren la calidad y seguridad de los dispositivos. Esto no solo beneficiará a los profesionales de la salud dental, sino también a los pacientes, que podrán disfrutar de tratamientos más eficaces y personalizados. En conclusión, aunque existen desafíos y limitaciones en el uso de férulas oclusales impresas en 3D, sus beneficios y el potencial de innovación sugieren que jugarán un papel cada vez más importante en la odontología del futuro. La colaboración entre investigadores, profesionales de la salud y empresas tecnológicas será fundamental para maximizar el impacto de esta tecnología en la atención dental (17).

CONCLUSIONES

Según la investigación se concluye que las férulas oclusales impresas en 3D cumplen con los parámetros necesarios para emplearse en cavidad bucal, sin que estos provoquen alteraciones con las estructuras circundantes, no se evidenció registros de citotoxicidad ante el organismo, por lo contrario, se pudo evidenciar una correcta biocompatibilidad con el organismo.

Una de las desventajas que se encontró fue el alto coste, el cual a medida que se van realizando avances tecnológicos se debería tratar como prioridad, en búsqueda de un avance científico y profesional, por lo que se concluye que las personas que dispongan de esta aparatología pueden mejorar su práctica diaria empleando nuevas estrategias, nuevos materiales y a su vez obteniendo diferentes muestras mismas que servirán para contribuir con la comunidad científica

Las férulas oclusales impresas en 3D, mostraron un menor desempeño ante sus principales competidores como lo es la técnica sustractiva (fresado), por lo que a día de hoy siguen encontrándose por debajo de otros métodos de elaboración de férulas oclusales, sin embargo La investigación futura debería dirigirse al desarrollo de nuevos materiales compuestos para impresión 3D con el objetivo de superar las limitaciones mecánicas actuales y potencialmente igualar o superar el desempeño de las técnicas sustractivas

DECLARACIÓN DE INTERÉS

Este manuscrito es original de los autores, no ha sido publicado previamente ni está siendo evaluado en ninguna otra revista. Declaramos no tener conflictos de interés y confirmamos que todos los autores han revisado y aprobado el contenido, dando su conformidad para su envío.



CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Todos los autores participaron en la redacción y edición de la presente revisión sistemática. Asimismo, colaboraron en el desarrollo y verificación de los resultados, la elaboración del manuscrito, en la realización del metaanálisis y el análisis estadístico. Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nassif M. Materiales y técnicas de fabricación de férulas oclusales: una revisión de la literatura. J Rehabilitación Oral. 2023.
2. Wimpenny DI. Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies Jumar LJ, editor. Singapore: Springer; 2017.
3. Soares T. Respuesta del sensor de presión recubierto de resina 3D para la evaluación de la fuerza de mordida: un estudio piloto. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2023; II(17).
4. Benli M. Caracterización mecánica y química de materiales contemporáneos para férulas oclusales fabricadas con diferentes métodos: una revisión sistemática. Investigaciones clínicas orales. 2023; I(27).
5. Grymak A. Evaluación del comportamiento de desgaste de diversos materiales de férulas oclusales y. elSevier. 2022.
6. Uzunov ITyT. Influencia del proceso de post-polimerización en las características mecánicas de las férulas oclusales impresas en 3D. Revista de Física. 2020.
7. Weżgowiec J. How does artificial aging affect the mechanical properties of occlusal splint materials processed via various technologies? Dent Med Probl. 2023.
8. Wada J. Effect of 3D printing system and post-curing atmosphere on micro- and nanowear of additive-manufactured occlusal splint materials. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2023.
9. GIBREL M. Two-body wear and surface hardness of occlusal splint materials. Dental Materials Journal. 2019.
10. Perea-Lowery L, Gibreel M, Garoushi S, Vallittu P, Lassila L. Evaluation of flexible three-dimensionally printed occlusal splint materials: An in vitro study. Dental Materials. 1 de octubre de 2023;39(10):957-63.
11. Orgev A. Los efectos de las tecnologías de fabricación en la precisión de la superficie de. J. Prostodoncia. 2023.
12. Jiménez JRR. Aging Processes and Their Influence on the Mechanical Properties of Printable Occlusal Splint Materials. Polymers Journal. 2023.
13. Popescu AM, Elena D, 2* V, Măărăşescu PC, Amărăşcu MO, Târtea DA, et al. APPLICATIONS OF 3D PRINTING TECHNIQUES FOR OCCLUSAL SPLINTS
14. Puškar T. In vitro cytotoxicity assessment of the 3D printed polymer based epoxy resin intended for use in dentistry. VOJNOSANITETSKI PREGLED JOURNAL. 2019; 76(5).
15. Marcel R. Precisión de las férulas de oclusión fabricadas con CAD/CAM: fresado frente a impresión 3D. Investigaciones clínicas orales. 2020.



16. Rosentritt M. Investigación de las propiedades mecánicas y ópticas de nuevos reactivos rápidos basados en uretano dimetacrilato (UDMA) y uretano metacrilato (UMA) materiales de prototipado. Elsevier. 2021. 53
17. Somogyi A. Terapia para trastornos temporomandibulares: férulas impresas en 3D desde la planificación hasta la evaluación. Dentistry Journal. 2023.
18. Wada J. Efecto del tipo de impresora 3D y del uso de gas protector durante el poscurado sobre algunas propiedades físicas del material de la férula oclusal blanda. Polymers Journal. 2022;(14).
19. Danko M. Revisión de la literatura sobre un desprogramador anterior para. Journal bioengineering. 2023;(10).
20. Barbur J. Comparación estadística de las propiedades mecánicas de la resina impresa en 3D mediante tecnología de triple chorro y PMMA convencional en la fabricación de férulas oclusales de ortodoncia. Journal biomedicine. 2023;(11).
21. Wuerschling SN. Surface properties and initial bacterial biofilm growth on 3D-printed oral appliances: a comparative in vitro study. Clinical Oral Investigations. 2022;(27).
22. Venecia P. Fabricación digital de férulas oclusales: del escaneo intraoral a la impresión 3D. Journal of Osteointegration. 2019; XI(4).
23. Schmeiser F, Baumert U, Stawarczyk B. Two-body wear of occlusal splint materials from subtractive computer-aided manufacturing and three-dimensional printing. Clin Oral Investig. 1 de septiembre de 2022;26(9):5857-66.
24. Rosello Jimenez JR, Fuchs F, Schmohl L, Schulz-Siegmund M, Koenig A. Aging Processes and Their Influence on the Mechanical Properties of Printable Occlusal Splint Materials. Polymers (Basel). 1 de diciembre de 2023;15(23).
25. Saadat Sarmadi B, Schmidt F, Beuer F, Metin DS, Simeon P, Nicic R, et al. The Effect of Build Angle and Artificial Aging on the Accuracy of SLA- and DLP-Printed Occlusal Devices. Polymers (Basel). 1 de junio de 2024;16(12).
26. Prpic V, Spehar F, Stajdohar D, Bjelica R, Cimic S, Par M. Mechanical Properties of 3D-Printed Occlusal Splint Materials. Dent J (Basel). 1 de agosto de 2023;11(8).
27. Popescu AM, Elena D, 2* V, Mărășescu PC, Amărășcu MO, Târtea DA, et al. APPLICATIONS OF 3D PRINTING TECHNIQUES FOR OCCLUSAL SPLINTS USED IN BRUXISM. Romanian Journal of Oral Rehabilitation. 16(1).



INTERLEUCINA-6 COMO BIOMARCADOR SALIVAL PARA LA DETECCIÓN PRECOZ DEL CÁNCER ORAL EN ADULTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

INTERLEUKIN-6 AS A SALIVARY BIOMARKER FOR EARLY DETECTION OF ORAL CANCER IN ADULTS: SYSTEMATIC REVIEW

Nathaly Elizabeth Guamán Congo¹, Carem Franscelys Prieto Fuenmayor²

{nathaly.guaman.29@est.ucacue.edu.ec¹, carem.prieto@ucacue.edu.ec²}

Fecha de recepción: 16/12/2025 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: Detectar el cáncer oral en las etapas iniciales es esencial para mejorar el pronóstico y reducir la mortalidad asociada. En este contexto, la interleucina-6 (IL-6) salival ha surgido como un biomarcador potencialmente útil debido a su papel en los procesos inflamatorios y tumorales. Evaluar la Interleucina-6 (IL-6) como biomarcador salival para el diagnóstico precoz del cáncer oral. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA 2020 y se registró en la base de datos PROSPERO (ID: CRD42025629346). La pregunta de investigación se estructuró utilizando el marco PIRD para evaluar la precisión diagnóstica de la IL-6 salival en la detección precoz del cáncer oral en adultos. Para la búsqueda de los artículos a usar, se consultó las bases digitales PubMed, Scopus y ProQuest, se utilizó términos MeSH y palabras claves sobre la IL-6, saliva, biomarcadores y cáncer oral. Se incluyó estudios originales publicados en inglés y español durante los últimos 11 años que evaluaban los niveles de la IL-6 en saliva para la detección del cáncer oral. Dos revisores de manera independiente realizaron la extracción de datos y la evaluación de la calidad, utilizando la herramienta QUADAS-2. De 1011 registros que se obtuvieron en la búsqueda, ocho estudios cumplieron con los criterios de inclusión. Dichos estudios utilizaron ELISA tipo sándwich y ensayos multiplex basados en Luminex para la medir la IL-6 salival. La sensibilidad reportada se situó entre el 63% y 100%, y la especificidad entre 70,83% y 100% y el área bajo la curva (AUC) entre 0,8 y 1,0, reflejando un buen rendimiento diagnóstico. Los estudios encontrados en su totalidad se hallaban indexadas en PubMed y son de tipo caso-control. La IL-6 en la saliva ha sido identificada como un biomarcador con notable potencial diagnóstico para la detección precoz del cáncer oral, con resultados consistentes en diferentes técnicas analíticas. Su accesibilidad y naturaleza no invasiva la posiciona como un biomarcador prometedor, especialmente en entornos con recursos limitados. No obstante, se requiere investigaciones multicéntricos adicionales, con mayores tamaños de muestra y metodologías

¹Universidad Católica de Cuenca UCACUE, Cuenca – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-8107-0626>.

²Universidad católica de Cuenca UCACUE, Cuenca – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7752-932X>.



estandarizadas para confirmar su utilidad clínica para incorporarla en protocolos rutinario de cribado.

Palabras clave: *Interleucina 6; IL-6, biomarcador, saliva, cáncer oral, neoplasia oral, carcinoma de células escamosas, carcinomas de células escamosas*

ABSTRACT: Detecting oral cancer in its early stages is essential for improving prognosis and reducing associated mortality. In this context, salivary interleukin-6 (IL-6) has emerged as a potentially useful biomarker due to its role in inflammatory and tumor processes. To evaluate interleukin-6 (IL-6) as a salivary biomarker for the early diagnosis of oral cancer. A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines and registered in the PROSPERO database (ID: CRD42025629346). The research question was structured using the PIRD framework to evaluate the diagnostic accuracy of salivary IL-6 in the early detection of oral cancer in adults. The PubMed, Scopus, and ProQuest digital databases were consulted for the search, using MeSH terms and keywords on IL-6, saliva, biomarkers, and oral cancer. Original studies published in English and Spanish during the last 11 years that evaluated IL-6 levels in saliva for the detection of oral cancer were included. Two reviewers independently performed data extraction and quality assessment using the QUADAS-2 tool. Of the 1,011 records obtained in the search, eight studies met the inclusion criteria. These studies used sandwich ELISA and Luminex-based multiplex assays to measure salivary IL-6. The reported sensitivity ranged from 63% to 100%, specificity from 70.83% to 100%, and the area under the curve (AUC) from 0.8 to 1.0, reflecting good diagnostic performance. All of the studies found were indexed in PubMed and were case-control studies. Salivary IL-6 has been identified as a biomarker with remarkable diagnostic potential for the early detection of oral cancer, with consistent results across different analytical techniques. Its accessibility and non-invasive nature position it as a promising biomarker, especially in resource-limited settings. However, additional multicenter research with larger sample sizes and standardized methodologies is required to confirm its clinical utility for incorporation into routine screening protocols.

Keywords: *Interleukin 6, IL-6, Biomarker, saliva, oral cancer, oral neoplasia, squamous cell carcinoma, squamous cell carcinomas*

INTRODUCCIÓN

El cáncer oral representa un problema creciente de salud pública y se encuentra entre los quince tipos de cáncer con mayor frecuencia reportados a nivel mundial (1-3). Según estimaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el proyecto GLOBOCAN 2022 de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), se registraron alrededor de 390,000 casos nuevos cada año, con mayor carga en Asia (66.3%), seguida de Europa (15.9%) y América Latina y el Caribe (5%) (1-3). Aunque históricamente los hombres presentan una incidencia mayor de cáncer oral que las mujeres, en los últimos años se ha



observado un incremento progresivo en las mujeres, relacionado principalmente al consumo de tabaco (4).

La aparición del cáncer oral está influenciada por diversos factores de riesgo, entre ellos el consumo de tabaco constituye uno de los determinantes más relevantes. El consumo de tabaco, ya sea fumado (como cigarrillos) o mascado (como tabaco sin humo / tabaco de masticar), incrementa significativamente el riesgo de cáncer oral. Además, el consumo de alcohol aumentando el riesgo de forma sinérgica (5,6). Asimismo, la infección por el virus del papiloma humano (VPH), especialmente el genotipo VPH-16, surge como un factor de riesgo significativo, sobre todo en pacientes más jóvenes y no fumadores (7). Otros factores que contribuyen a la patogénesis son una higiene oral deficiente, periodontitis crónica, dietas bajas en antioxidantes, así como, el consumo de nuez de betel en regiones del sur de Asia (8,9). Los diferentes patrones epidemiológicos ponen en manifiesto la búsqueda de nuevas estrategias de prevención y tamizaje ajustándose a los diferentes perfiles de riesgo de cada grupo población.

Desde el punto de vista a nivel clínico el 90% de los casos de cánceres corresponde a neoplasias malignas, caracterizado por un inicio poco evidente y una rápida progresión, con potencial metastásico (10,11). La detección temprana es decisiva para el pronóstico: mientras la supervivencia global a cinco años se aproxima al 40%, en estadios iniciales (I–II) puede alcanzar hasta el 80% (11). No obstante, aproximadamente la mitad de los pacientes son diagnosticados en fases avanzadas (III–IV), lo que disminuye significativamente la supervivencia (11).

El retraso diagnóstico se da por múltiples factores, entre ellos la demora de los pacientes en buscar atención médica y la falta de sospecha clínica en las evaluaciones iniciales, lo que conlleva a diagnósticos tardíos y tratamientos menos efectivos (12,13). Si bien la biopsia histopatológica es considerada como el estándar de oro para el diagnóstico del cáncer oral, su carácter invasivo, costo elevado y la necesidad de personal capacitado para su realización, limita su uso para aplicaciones en programas de tamizaje poblacional (14). La tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) aportan información que permite valorar la extensión tumoral y el compromiso ganglionar, pero resultan costosos y poco accesibles para cribados poblacionales (15,16).

En este contexto, los biomarcadores salivales han generado interés como herramientas diagnósticas para la detección precoz del cáncer oral. La saliva ofrece ventajas prácticas y relevantes, debido a su fácil obtención, bajo costo y su potencial para reflejar alteraciones moleculares locales y sistémicas (17,18). No obstante, la utilidad clínica de los biomarcadores salivales depende sobre todo de la estandarización de los procedimientos preanalíticos y analíticos, aspectos que aun presentan variabilidad entre estudios (18).

Entre las citoquinas estudiadas, la interleucina-6 (IL-6) ha sido objeto de especial atención debido a su participación en procesos clave de carcinogénesis, incluyendo a la inflamación crónica, angiogénesis y proliferación celular (19). Diversas investigaciones han reportado



concentraciones elevadas de la IL-6 en saliva en pacientes que presentan cáncer oral en comparación de controles sano (18, 19).

No obstante, a pesar de los hallazgos preliminares, aún persisten dudas respecto a la validez clínica de IL-6 como biomarcador salival específico para cáncer oral. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la evidencia disponible sobre la precisión diagnóstica de la IL-6 en saliva en la detección precoz del cáncer oral, analizando su sensibilidad, especificidad y área bajo la curva, con el fin de determinar su utilidad como una herramienta de apoyo para el tamizaje y diagnóstico temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo los criterios establecidos por PRISMA 2020 (20), para guiar el proceso de revisión. Este estudio fue registrado en la plataforma PRÓSPERO donde se obtuvo el número de identificación CRD42025629346.

La pregunta de investigación se formuló utilizando la estrategia PIRD, adecuada para evaluar la efectividad de una prueba de diagnóstico en términos de sensibilidad y especificidad. La estrategia PIRD se describe a continuación: Población: Adultos. Test Índice: Niveles de interleucina-6 en saliva. Test de Referencia: diagnóstico clínico e histopatológico de cáncer oral y la biopsia. Diagnóstico de Interés: Detección precoz del cáncer oral. Con base en esta estrategia, la pregunta formulada fue: ¿Cuál es la precisión diagnóstica de los niveles de interleucina-6 en saliva comparado con el diagnóstico clínico e histopatológico de cáncer oral y la biopsia para la detección precoz del cáncer oral en adultos?

Criterios de selección

- **Criterios de inclusión**

Artículos en inglés y español; artículos que reporten datos cuantitativos sobre la sensibilidad y especificidad, o análisis de curvas ROC de la IL-6 como biomarcador salival versus la biopsia para el diagnóstico del cáncer oral; estudios realizados en adultos (mayores de 18 años) diagnosticados con cáncer oral o en riesgo de cáncer oral; artículos originales, de pruebas diagnósticas, ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados, estudios de cohorte y casos y controles; artículos publicados en los últimos 11 años

- **Criterios de exclusión**

Revisiones Sistemáticas y Revisiones Bibliográficas, Artículos de notas tecnológicas; estudios en animales.



Estrategia de búsqueda

Para la búsqueda se utilizaron las bases de datos PubMed, Scopus y ProQuest. Se emplearon términos como "Interleukin 6", "IL6", "IL-6", "Biomarker", "Biologic Marker", "Saliva", "Salivary", "Oral cancer", "Mouth Neoplasm", "Oral Neoplasm", "Squamous cell carcinoma" y "Squamous Cell Carcinomas". En la tabla 1 se presenta la sentencia de búsqueda utilizada para cada una de las bases de datos.

Tabla 1. Sentencias de búsquedas usadas en las diferentes bases de datos.

Base de datos	Sentencia de búsqueda	Fecha de búsqueda
PubMed	(Interleukin 6 or IL6 or IL-6) and (Biomarker) and (Saliva or Salivary) and (Oral cancer or Oral Neoplasm or squamous cell carcinoma)	15 de diciembre del 2024 a las 13:59 pm
Scopus	(Interleukin 6 OR il6) AND (biomarker) AND (saliva OR salivary) AND (oral AND cancer OR oral AND neoplasm OR squamous AND cell AND carcinoma)	15 de diciembre del 2024 a las 12:47 pm
ProQuest	(IL-6) and (Biomarker) and (Saliva or Salivary) and (Oral Neoplasm) and (Squamous Cell Carcinomas)	15 de diciembre del 2024 a las 13:53 pm

Análisis de la información

Los artículos seleccionados a partir de la estrategia de búsqueda fueron importados a la plataforma Rayyan, herramienta que facilita la organización de los estudios y el proceso de selección de los mismo. En una primera fase, se identificaron y eliminaron los artículos duplicados.

Subsiguientemente, se llevó a cabo una lectura inicial de títulos y resúmenes de los artículos, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Este proceso permitió descartar aquellos artículos que no cumplieran con los criterios de inclusión.

En una segunda fase, los artículos incluidos fueron evaluados a texto completo, verificando el cumplimiento de los criterios de inclusión y la pertinencia de los datos reportados.

Finalmente, los artículos que cumplieron con todos los criterios establecidos fueron seleccionados para el análisis final. La información relevante fue extraída y tabulada, permitiendo comparar las técnicas empleada y los parámetros de presión diagnóstica de la IL -6 salival. Esto facilitó la síntesis de la evidencia disponible y la interpretación de los resultados en relación al objetivo del estudio.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el proceso de selección de artículos se presentan mediante el flujograma PRISMA 2020 (15), el cual describe detalladamente cada una de las etapas del proceso. En la primera fase, se identificaron un total de 1011 registros provenientes de tres bases de datos. De los cuales, fueron excluidos 214 que estaban duplicados. Después de aplicar los criterios de selección se identificaron 36 artículos como potenciales fuentes de información. Finalmente, ocho 8 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incorporados en la revisión.

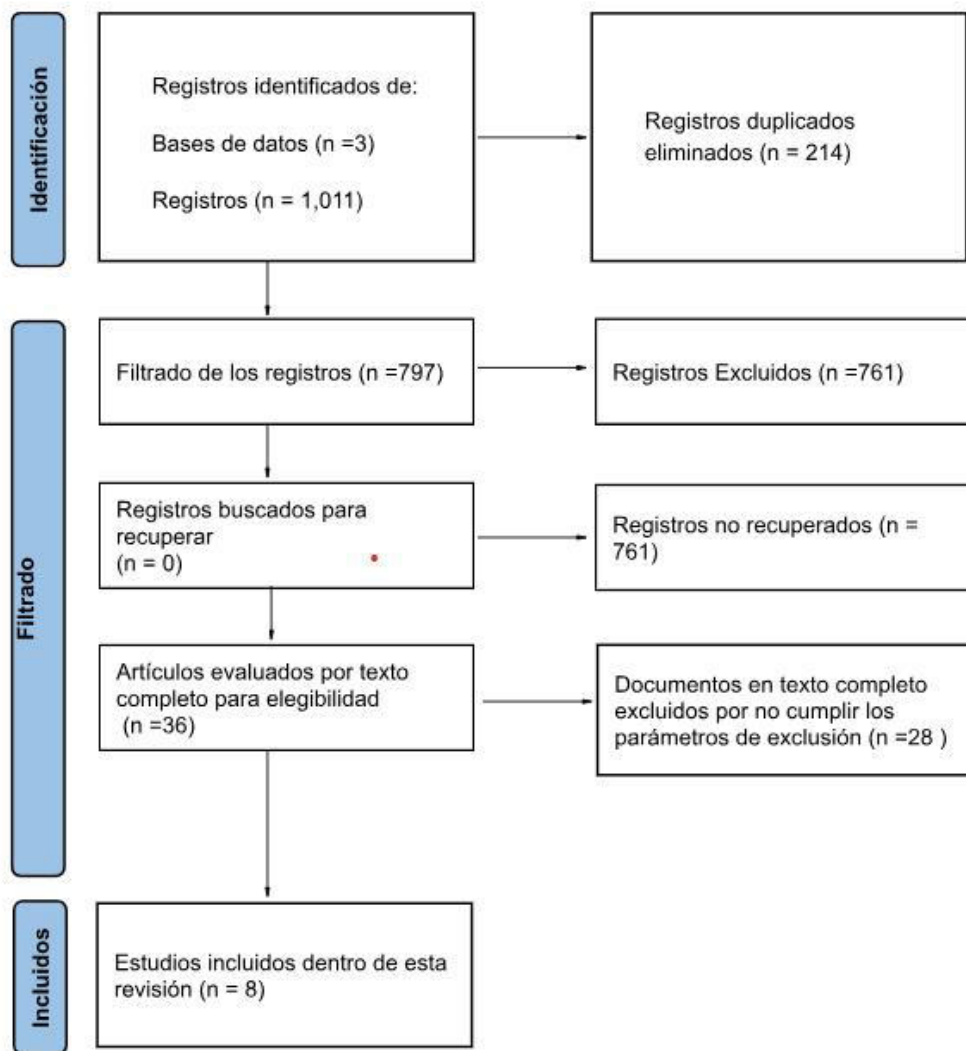


Figura 1. Metodología de identificación PRISMA usada para la identificación, selección y clasificación de estudios realizados.

Análisis de sesgo

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se utilizó la herramienta QUADAS-2, la cual me permitió identificar el riesgo de sesgo en cuatro dominios: selección de pacientes, prueba índice, estándar de referencia, y flujo y tiempo. Como análisis general de este estudio, se observó que en los ocho estudios analizados por QUADAS-2, el riesgo es bajo en la mayoría de los dominios evaluados, aunque dos estudios mostraron algunas preocupaciones en el dominio de selección de pacientes. Estos hallazgos indican una adecuada calidad metodológica global, aunque ciertos aspectos deben considerarse al interpretar la solidez de los resultados (Figura 2).



Figura 2. Evaluación del riesgo de sesgo mediante QUADAS-2 usando la herramienta "robvis" (21).

La tabla 2 resumen las características de los ocho estudios que analizaron la interleucina-6 (IL-6) como un biomarcador salival para el diagnóstico precoz del cáncer oral. Los artículos encontrados fueron publicados, en revistas indexadas en la base de datos de PUBMED entre los años 2018 y 2024, las cuales pertenecen a cuartiles Q1 a Q3. La mayoría de los estudios son de tipo casos-controles, lo que permite comparar los niveles salivales de IL-6 entre pacientes con cáncer y controles sanos.

En relación a las técnicas usadas en los estudios, La más utilizada fue ELISA tipo sándwich, presentando un rendimiento diagnostico bueno. En este contexto, Márton et al. reportaron una



sensibilidad del 94,5% y una especificidad del 81,9% (22). De manera similar, los ensayos multiplex también demostraron precisión aceptable, como el estudio de Lee et al., que reportó una sensibilidad del 82,93% y especificidad del 70,83% (23).

Entre los estudios analizados, la sensibilidad de la IL-6 como biomarcador salival varía significativamente, con rangos que oscilaron entre el 63% y el 100%. La mayor sensibilidad reportada del 100% fue de Ghalwash et al. (2025) (24), mientras que el valor más bajo de 63% fue reportado en el estudio Horváth et al. (2018) (25). De igual forma la especificidad presenta fluctuaciones, con valores que van desde el 70.83% hasta el 100%, dependiendo del diseño del estudio y la técnica utilizada.

Se examinó la precisión diagnóstica a través del análisis de curvas ROC, con valores del área bajo la curva (AUC) comprendidas entre 0.8 y 1.0. Un AUC de 1.0, como el reportado por Ghalwash et al. (24), indica una precisión diagnóstica perfecta, sin embargo, otros estudios, como el de Piyaathne et al. (26), revelan un AUC de 0.8, lo que sugiere una capacidad diagnóstica considerada buena.

**Tabla 2 .Sensibilidad ,Especificidad y Área Bajo la Curva (AUC) de la IL-6 como Biomarcador Salival en Estudios de Detección de Cáncer Oral.**

Autor y año	Título	Nombre de la Revista	Base de datos	Cuartil de la revista	Tipo de estudio	Técnica	Sensibilidad	Especificidad	Área bajo la curva (AUC)
Piyarathne et al., (26)	Salivary Interleukin Levels in Oral Squamous Cell Carcinoma and Oral Epithelial Dysplasia: Findings from a Sri Lankan Study	Cancers	PUBMED	Q1	Estudio de caso-control	ELISA tipo sándwich	La sensibilidad de IL-6 para diferenciar el carcinoma de células escamosas orales (OSCC) de los controles sanos fue de 96.6%. En de los controles sanos comparación de OSCC fue de 75.6%. En de OED, la especificidad comparación entre OSCC fue del 90%.	La especificidad de IL-6 para diferenciar OSCC de los controles sanos fue de 96.6%. En de OED, la especificidad comparación entre OSCC fue del 90%.	0.8
Márton et al., (22)	Salivary IL-6 mRNA is a Robust Biomarker in Oral Squamous Cell Carcinoma	Journal of Clinical Medicine	PUBMED	Q1	Estudio de casos y controles	ELISA tipo sándwich	La sensibilidad de IL-6 para detectar el carcinoma de células escamosas orales (OSCC) y personas sanas fue del 81.9%.	La especificidad de IL-6 para diferenciar entre personas sanas fue del 94.5%.	0,9379
Lee et al., (23)	Evaluation of saliva and plasma cytokine biomarkers in patients with oral squamous cell carcinoma	International journal of oral and maxillofacial surgery	PUBMED	Q2	Estudio de casos y controles	Ensayo multiplex basado en cuentas de Luminex para analizar las muestras de saliva y plasma	La sensibilidad de IL-6 en saliva para detectar el carcinoma de células escamosas orales (OSCC) de los controles sanos fue del 82.93%.	La especificidad de IL-6 en saliva para diferenciar entre personas sanas fue del 70.83%.	0,823



Oshin et al., (27)	Salivary and Serum Interleukin-6: A Credible Marker for Predicting Oral Leukoplakia and Oral Squamous Cell Carcinoma by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)	Cureus part of Springer Nature	PUBMED	Q3	Estudio de casos y controles	ELISA tipo sándwich	La sensibilidad de IL-6 enLa especificidad de IL-6 0.974 saliva para detectar el en saliva para carcinoma de célulasdiferenciar entre escamosas orales (OSCC) personas con OSCC y y personas sanas fue del personas sanas fue del 86%. 93%.
Chundru et al., (28)	Evaluation of salivary biomarker interleukin-6 in oralmaxillofacial squamous cell carcinoma and oral potentially malignant disorders – A comparative cross-sectional South Indian study	Journal of oral and maxillofacial pathology	PUBMED	Q3	Estudio transversal comparativo	ELISA tipo sándwich	La sensibilidad de IL-6 enLa especificidad de IL-60,982 saliva para detectar el en saliva para carcinoma de célulasdiferenciar entre escamosas orales (OSCC) personas con OSCC y y personas sanas fue del personas sanas fue del 71%. 100%.
Dikova et al., (29)	Potential Non-Invasive Biomarkers for Early Diagnosis of Oral Squamous Cell Carcinoma	Journal of Clinical Medicine	PUBMED	Q1	Estudio de casos y controles.	Ensayo multiplex basado en cuentas de Luminex	La sensibilidad de IL-6 enLa especificidad de IL-6 0,921 saliva para detectar el en saliva para carcinoma de célulasdiferenciar entre escamosas orales (OSCC) personas con OSCC y y personas sanas fue del personas sanas fue del 81.82%. 96%.



Horváth et al., (25)	Oral Health May Affect the Performance of mRNA-Based Saliva Biomarkers for Oral Squamous Cell Cancer	Pathology oncology research	PUBMED	Q3	Estudio de casos y controles.	Reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa en tiempo real (qPCR)	La sensibilidad de IL-6 enLa especificidad de IL-6 0,870 saliva para detectar el en saliva para carcinoma de célulasdiferenciar entre escamosas orales (OSCC) personas con OSCC y y personas sanas fue del personas sanas fue del 63%. 90%.
Ghalwash et al., (24)	Validation of salivary proteomic biomarkers for early detection of oral cancer in the Egyptian population	Future Science OA	PUBMED	Q2	Estudio de casos y controles.	ELISA tipo sándwich	La sensibilidad de IL-6 enLa especificidad de IL-6 1,00 saliva para detectar el en saliva para carcinoma de célulasdiferenciar entre escamosas orales (OSCC) personas con OSCC y fue del 100% cuando se personas sanas fue del comparó con el grupo100% cuando se de control. comparó con el grupo de control.



DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión sistemática evidencian el potencial de la interleucina-6 (IL-6) como biomarcador salival en el diagnóstico precoz del cáncer oral. En los estudios incluidos, los valores de sensibilidad, especificidad y el área bajo la curva (AUC) se encuentran dentro de rangos moderados a elevados, esto respalda su posible utilidad como biomarcador salival en determinados contextos clínicos específicos (30,31).

Sin embargo, el rendimiento diagnóstico de la IL-6 no fue completamente uniforme entre los estudios que se incluyeron (22 -29). Esta variabilidad puede atribuirse, en primer lugar, a las diferencias metodológicas. La mayoría de los estudios incluidos son de tipo caso-control, que, a pesar de permitir la comparación directa entre los pacientes con cáncer oral y los pacientes sanos, tienden a sobreestimar la precisión diagnóstica en comparación con estudios prospectivos o poblacionales (22-29). Asimismo, las discrepancias en los criterios de inclusión, el tamaño de la muestra y las características clínicas de las poblaciones analizadas (22 -29) explican la variabilidad vista en los valores de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva (AUC) entre los estudios incluidos.

Considerando estas variaciones metodológicas y su rendimiento, es importante comparar la precisión diagnóstica de la IL-6 con otros biomarcadores salivales propuestos para el diagnóstico del cáncer oral. Shaw et al (32) reportaron que los biomarcadores basados en mRNA y miRNA los cuales presentan una mayor precisión diagnóstica con una sensibilidad y especificas elevada ($AUC > 0,95$), sin embargo, estos resultados se obtienen mediante técnicas en PCR, las cuales presentan mayor complejidad técnica, costos elevados y requerimientos de infraestructura especializada. Por otra parte, otras citoquinas como la IL-1 β e IL-8 presentaron un rendimiento limitado cuando se evaluó mediante técnicas de ELISA, con sensibilidades inferiores al 55% y con valores del AUC por debajo del 0,65 (32).

En este contexto, la IL-6 analizada con técnicas basadas en ELISA, demostró un comportamiento relativamente estable en los estudios analizados, además se presentó como una alternativa más accesible en comparación a las técnicas moleculares. Esta característica permite considerar a la IL-6 como una alternativa en aplicaciones clínicas, cuando los recursos son limitados. Sahibzada et al. (33) coincide con el comportamiento mencionado, pues destaca la aplicabilidad diagnóstica de IL-6 en el cáncer oral en comparación con otras citoquinas como IL-8 y TNF- α (33). De igual manera, Chiamulera et al. (34) evidenciaron que los niveles de IL-6 eran más altos en pacientes con cáncer oral en comparación con controles sanos y con individuos que presentaban trastornos potencialmente malignos orales (OPMD).

De forma complementaria, Ferrari et al. (35) demostraron que la IL-6 es un marcador de progresión tumoral, ya que permite correlacionar el estadio clínico del paciente con el grado de histología del tumor, además de sobre expresarse en el cáncer oral.



Cabe destacar que el rendimiento diagnóstico de la IL-6, aumenta de manera significativa cuando se integra a paneles multimarcadores junto con otras citoquinas o biomarcadores moleculares, como IL-8, TNF- α , IL-1 β , MMP-9 o CYFRA 21-1 (36–38). La combinación de estos marcadores mejora el desempeño de los biomarcadores individuales ya que incrementa el área bajo la curva (AUC) y la capacidad discriminativa entre mucosa sana, OPMD y OSCC (36–38).

De forma independiente al uso de paneles multimarcadores, diversos estudios han señalado que la IL-6 aporta información relevante sobre los cambios moleculares asociados a la progresión de las lesiones orales en el cáncer (39). Ya que, se ha documentado un incremento de sus niveles desde mucosa sana hacia OPMD y posterior OSCC, sugiriendo que la IL-6 podría contribuir a la identificación de lesiones de mayor riesgo, además de apoyar en la toma de decisiones clínicas como la indicación de una biopsia (39,40)

En este punto, resulta importante comparar el comportamiento de la IL-6 salival y sérica, ya que ambos ofrecen información complementaria, pero no equivalente (40). Mientras la IL-6 sérica se asocia con procesos inflamatorios sistémicos, la IL-6 salival parece reflejar de forma más directa los cambios inflamatorios y moleculares que ocurren a nivel de la cavidad oral, en estrecha relación del microambiente tumoral (40). Además, la saliva ofrece ventajas como tamizajes y el seguimiento, ya que su obtención es sencilla, no invasiva y de bajo costo. Por lo que es importante mencionar que los valores obtenidos en saliva y suero no siempre se corresponden de manera directa, es decir cada uno reflejan un aspecto distinto del proceso patológico. Por esta razón, los niveles de IL-6 deben interpretarse dependiendo del tipo de muestra analizada y el objetivo clínico a estudiar evitando comparaciones directas entre ambos (41,42).

Un aspecto importante identificado en la literatura es la variabilidad preanalítica. Factores como el horario de recolección, el tipo de saliva utilizada, la presencia de inflamación oral, los ciclos de congelación-descongelación y las diferencias entre plataformas analíticas pueden modificar de forma significativa los niveles detectados de IL-6. Por ello, guías recientes destacan la necesidad de estandarizar los procedimientos preanalíticos y analíticos con el fin de mejorar la reproducibilidad y comparabilidad entre estudios (43,44).

Finalmente, además de su utilidad diagnóstica, la IL-6 ha mostrado aplicaciones pronósticas y de monitorización terapéutica. Estudios han asociado niveles elevados de IL-6 con desenlaces clínicos relevantes y con el seguimiento de complicaciones relacionadas con el tratamiento, como la mucositis inducida por quimio-radioterapia (45,46). Investigaciones adicionales respaldan su utilidad en el cribado temprano y la vigilancia de OPMD, así como su integración en paneles proteómicos emergentes (47–50).

En conjunto, la evidencia disponible posiciona a la IL-6 salival como un biomarcador prometedor y clínicamente relevante para la detección temprana del cáncer oral y la evaluación de lesiones potencialmente malignas. No obstante, su implementación rutinaria requiere estudios multicéntricos, tamaños muestrales más amplios y protocolos estandarizados que permitan validar su utilidad clínica y optimizar su incorporación en programas de tamizaje.



CONCLUSIONES

Los estudios incluidos en esta revisión sistemática sugieren que la interleucina-6 (IL-6) salival puede ser una herramienta útil para la detección precoz del del cáncer oral, con valores favorables de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva entre los estudios analizados. Su fácil obtención, no invasiva, y bajo costo, lo posicionan como un prometedor biomarcador especialmente para estrategias de tamizaje y seguimiento clínico, sobre todo en entornos con recursos limitados.

De igual forma, la IL-6 aporta información importante sobre los cambios moleculares que ocurren durante la evolución de las lesiones malignas, lo que podría ayudar a identificar lesiones con mayor riesgo y ayuda a la toma de decisiones clínicas.

Sin embargo, dada la diversidad de las metodologías observadas entre los estudios incluidos y la variabilidad preanalítica limita la generalización de los hallazgos. Para ello, se necesitan estudios prospectivos y multicéntricos, con protocolos estandarizados y tamaño de muestras más amplias, que permitan confirmar la utilidad clínica de la IL-6 salival, para así definir con mayor claridad su función dentro de los programas de detección temprana y del manejo del cáncer oral.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Nathaly Elizabeth Guamán Congo llevó a cabo la búsqueda bibliográfica, selección de estudios, análisis de datos y redacción del manuscrito. Carem Franscelys Prieto Fuenmayor participó en la supervisión académica, revisión crítica del contenido y corrección del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Oral health [Internet]. Geneva: WHO; 2023 [citado 12 de abril del 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
2. Jokar M, Namavari N, Moshiri S, Jahromi H, Rahmanian V. The incidence of oral cavity cancer in Iran: A systematic review and meta-analysis. Cancer Rep [Internet]. 2023 2020 [citado 6 de octubre del 2025];6(6):1836. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cnr2.1836>
3. Kijowska, J., Grzegorzczak, J., Gliwa, K., Jędras, A., & Sitarz, M. Epidemiología, diagnóstico y terapia del cáncer oral - Revisión de actualización. Cáncer [Internet]. (2024). 16(18), 3156. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cancers16183156>
4. Rivera C. Essentials of oral cancer. Int J Clin Exp Pathol [Internet]. 2015 [citado 14 de noviembre de 2025]; 8(9):11884–1194. Disponible en: DOI:10.5281/zenodo.192487



5. Shield K, Ferlay J, Jemal A, Sankaranarayanan R, Chaturvedi AK, Bray F, et al. The global incidence of lip and oral cavity cancer. *Cancer Epidemiol* [Internet]. 2017 [citado 28 de octubre del 2025];47(1):193–202. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1016/j.canep.2017.02.005>
6. Petti S, Scully C. Oral cancer: the association between nation-based alcohol-drinking profiles and oral cancer mortality. *Oral Oncol* [Internet]. 2005 [citado 28 de octubre del 2025];41(8):828–834. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2005.02.006>
7. Gillison ML, Koch WM, Capone RB, Spafford M, Westra WH, Wu L, et al. Evidence for a causal association between human papillomavirus and a subset of head and neck cancers. *J Natl Cancer Inst* [Internet]. 2000 [citado 28 de octubre del 2025];92(9):709–720. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1093/jnci/92.9.709>
8. Lee CH, Ko AM, Warnakulasuriya S, Yin BL, Sunarjo, Zain RB, et al. Inter-country prevalences and practices of betel-quid use in South, Southeast and East Asia. *Subst Use Misuse* [Internet]. 2018 [citado 28 de octubre del 2025];53(7):1113–1123. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1080/10826084.2017.1381805>
9. Tezal M, Sullivan M, Hyland A, Marshall J, Stoler D, Reid M, et al. Chronic periodontitis and the incidence of head and neck squamous cell carcinoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* [Internet]. 2009 [citado 28 de octubre del 2025];18(9):2406–2412. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-08-1171>
10. Abati S, Bramati C, Bondi S, Lissoni A, Trimarchi M. Oral cancer and precancer: A narrative review on the relevance of early diagnosis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 [citado 28 de octubre del 2025];17(24):9160. Disponible en: doi:10.3390/ijerph17249160
11. Groome P, Rohland S, Hall S, Irish J, Mackillop WJ, O’Sullivan B. A population-based study of factors associated with early versus late stage oral cavity cancer diagnoses. *Oral Oncol* [Internet]. 2011 [citado 28 de octubre del 2025];47(7):642–7. Disponible en: doi: 10.1016/j.oraloncology.2011.04.018
12. Kaur J, Jacobs R, Huang Y, Salvo N, Politis C. Salivary biomarkers for oral cancer and pre-cancer screening: a review. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2018 [citado 28 de octubre del 2025];22(2):633–40. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2337-x>
13. Kumar S, Debnath N, Ismail MB. Salivary biomarkers in oral squamous cell carcinoma: A systematic review. *J Oral Maxillofac Pathol* [Internet]. 2016 [citado 11 de septiembre del 2025];20(3):494–500. Disponible en: doi:10.4103/0973-029X.190951
14. Abril L, Lalangui J, Solís E, Solano D, Quito E, Moreno M. Cáncer oral: etiología, lesiones precancerosas y tratamiento. *Rev ADM* [Internet]. 2024; 81 (4): 201-205. Disponible en : <https://dx.doi.org/10.35366/117349>



15. Nejat Dehkordi A, Maddahi M, Vafa P, Ebrahimi N, Aref AR. Salivary biomarkers: a promising approach for predicting immunotherapy response in head and neck cancers. Clin Transl Oncol [Internet]. 2024[citado 11 de septiembre del 2025]; 27:1887–920. Disponible en: doi:10.1007/s12094-024-03742-8
16. Benito-Ramal E, Egido-Moreno S, González-Navarro B, Jané-Salas E, Roselló-Llabrés X, López-López J. Role of selected salivary inflammatory cytokines in the diagnosis and prognosis of oral squamous cell carcinoma. Med Oral Patol Oral Cir Bucal [Internet]. 2023 [citado 11 de septiembre del 2025] ;28(5): e474–86. Disponible en: doi:10.4317/medoral.26238
17. Zhang L, Wang H. The role of salivary biomarkers in oral cancer detection. J Oral Pathol Med [Internet]. 2009;38(10):737–45. Disponible en: doi:10.1111/j.1600-0714.2009.00793.
18. Sivakumar IK, Rao SR. Identification of possible salivary biomarker panels for oral squamous cell carcinoma. J Oral Maxillofac Pathol [Internet]. 2021;25(1):1–7. Disponible en: doi: 10.4103/jomfp.JOMFP_498_20
19. Sahibzada HA, Khurshid Z, Khan RS, Naseem M, Siddique KM, Mali M, et al. Salivary IL-8, IL-6 and TNF- α as potential diagnostic biomarkers for oral cancer. Diagnostics (Basel) [Internet]. 2017;7(2):21. Disponible en: doi:10.3390/diagnostics7020021
20. 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. Rev Esp Cardiol [Internet]. 2021;74(9):790–9. Disponible en: doi: 10.1016/j.rec.2021.07.010
21. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. BMJ [Internet]. 2011;155(8)-, 529-536. Disponible en: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
22. Márton IJ, Horváth J, Lábiscsák P, Márkus B, Dezső B, Szabó A, et al. Salivary IL-6 mRNA is a robust biomarker in oral squamous cell carcinoma. J Clin Med [Internet]. 2019;8(11):1870. Disponible en: doi:10.3390/jcm8111870
23. Lee LT, Wong YK, Hsiao HY, Wang YW, Chan MY, Chang KW. Evaluation of saliva and plasma cytokine biomarkers in patients with oral squamous cell carcinoma. Int J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2018;47(7):879–85. Disponible en: doi: 10.1016/j.ijom.2018.02.015
24. Ghalwash D, Ammar A, Abou A, Diab A, El-Gawish A. Validation of salivary proteomic biomarkers for early detection of oral cancer in the Egyptian population. Future Sci OA [Internet]. 2025;11(1), 243222. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/20565623.2024.2432222>



25. Horváth J, Szabó A, Tar I, Dezső B, Kiss C, Márton I, et al. Oral health may affect the performance of mRNA-based saliva biomarkers for oral squamous cell cancer. *Pathol Oncol Res* [Internet]. 2018;24(3):593–600. Disponible en: [doi:10.1007/s12253-018-0382-6](https://doi.org/10.1007/s12253-018-0382-6)
26. Piyaathne N, Weerasekera M, Fonseka P, Karunatileke A, Liyanage R, Jayasinghe R, et al. Salivary interleukin levels in oral squamous cell carcinoma and oral epithelial dysplasia: findings from a Sri Lankan study. *Cancers (Basel)* [Internet]. 2023;15(3):812. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cancers15051510>
27. Oshin M, Kulkarni P, Reddy S, Deepthi G, Sai K, Jishnu K. Salivary and serum interleukin-6: a credible marker for predicting oral leukoplakia and oral squamous cell carcinoma by ELISA. *Cureus* [Internet]. 2024;16(4): e59113. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.59113>
28. Chundru V, Madhavan R, Chintala L, Boyapati R, Srikar M. Evaluation of salivary biomarker interleukin-6 in oral squamous cell carcinoma and oral potentially malignant disorders: a comparative cross-sectional South Indian study. *J Oral Maxillofac Pathol* [Internet]. 2024;28(1):387–92. Disponible en: https://doi.org/10.4103/jomfp.jomfp_122_24
29. Dikova V, Jantus-Lewintre E, Bagan J. Potential non-invasive biomarkers for early diagnosis of oral squamous cell carcinoma. *J Clin Med* [Internet]. 2021;10(8):1658. Disponible en: [doi:10.3390/jcm10081658](https://doi.org/10.3390/jcm10081658)
30. Diesch T, Filippi A, Pang E, et al. Cytokines in saliva as biomarkers of oral and systemic diseases. *Oral Dis* [Internet]. 2021;27(3):646–656. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/odi.13350>
31. Upadhyay M, Kaur J, Khurana A. Salivary biomarkers in oral squamous cell carcinoma: a comprehensive review. *Healthcare Bull* [Internet]. 2024;12(1):44–52. Disponible en: <https://doi.org/10.5430/hcb.v12n1p44>
32. Shaw R, Lowe D, Woolgar J, et al. Biomarkers of molecular alteration in oral cancer. *Head Neck Oncol* [Internet]. 2020; 12:115–122. Disponible en: <https://doi.org/10.1200/HNO.2020.115>
33. Sahibzada H, Khurshid Z, Khan R, et al. Salivary IL-6 as a diagnostic biomarker for oral cancer: a systematic review. *J Oral Biol Craniofac Res* [Internet]. 2022;12(1):23–29. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.12.003>
34. Chiamulera M, Zancan C, Remor A, et al. Salivary cytokines as biomarkers in oral cancer and epithelial dysplasia: a meta-analysis. *Oral Dis* [Internet]. 2021;27(5):1020–1030. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/odi.13608>
35. Ferrari E, Codecà C, Antognoni P, et al. Proinflammatory cytokines in saliva as biomarkers of tumor progression in oral cancer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. 2020;130(6):602–609. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.07.005>



36. Huang L, Chen X, Yan J, et al. The relationship between salivary cytokines and oral cancer: a systematic review. BMC Oral Health [Internet]. 2024; 24:117. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04172-4>
37. Riis J, Bryce C, Matin M, et al. Best practice recommendations for measurement and interpretation of salivary cytokines. Brain Behav Immun [Internet]. 2020; 83:1–13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2019.11.008>
38. Saskova L, Toporcak M, Slezak P. Salivary and serum neopterin and IL-6 as biomarkers of head and neck cancer. Pteridines [Internet]. 2022;33(1):45–51. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/pteridines-2022-0006>
39. Dineshkumar T, Ashwini B, Radhakrishnan R, et al. Salivary and serum IL-6 levels in oral premalignant disorders and carcinoma. Asian Pac J Cancer Prev [Internet]. 2016;17(11):4899–4902. Disponible en: <https://doi.org/10.7314/APJCP.2016.17.11.4899>
40. La Fratta I, Tatangelo R, Campagna G, et al. Plasmatic and salivary IL-1 β , IL-18 and IL-6 in patients with oral cancer. Sci Rep [Internet]. 2018;8:1296. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19720-8>
41. Bitonti V, Gravili G, Berveglieri C, Familiari D, Cigni L, Franco R. Proteómica salival y su papel en la detección precoz del cáncer oral: una nueva frontera en el diagnóstico no invasivo. Medicina Abierta J[Internet]. 2026; 13: e18742203418573. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2174/0118742203418573251112070421>
42. Bastías J, Araya J, et al. Salivary proteomic and cytokine signatures for oral cancer detection. Clin Oral Investig [Internet]. 2023;27(5):1–12. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-023-04932-9>
43. Szabo Y, Slavish D, et al. Measuring salivary markers of inflammation in health and disease. Psychoneuroendocrinology [Internet]. 2020; 120:104752. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104752>
44. Ng T, Chua L, et al. Recommendations for pre-analytical handling of saliva samples for biomarker research. Front Aging Neurosci [Internet]. 2024; 12:1445221. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1445221>
45. Arduino P, Carbone M, et al. Serum and salivary IL-6 as prognostic markers in oral squamous cell carcinoma. Oral Oncol [Internet]. 2020; 109:104944. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2020.104944>
46. Kiyomi T, Tanaka R, et al. IL-6 as a biomarker for mucositis during chemoradiotherapy in oral cancer. Support are Cancer [Internet]. 2023;31(4):1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00520-022-07534-x>
47. Bhavana S, Rakesh S, et al. Salivary cytokines as biomarkers in oral premalignant disorders. J Oral Maxillofac Res [Internet]. 2023;14(1): e3. Disponible en: <https://doi.org/10.5037/jomr.2023.14103>



48. Rani S, Gupta N, et al. Diagnostic performance of interleukin-6 in oral potentially malignant disorders. J Clin Diagn Res [Internet]. 2022;16(5): ZE01–ZE07. Disponible en: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/56538.16276>
49. Rezaei F, Shafiei M, et al. Diagnostic value of salivary IL-6 and IL-8 in early OSCC. J Oral Pathol Med [Internet]. 2025;54(2):135–143. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jop.13651>
50. Qin Y, Wang Z, Li H, et al. Combined salivary cytokines and microRNAs for OSCC detection. Front Cell Dev Biol [Internet]. 2025; 13:102145. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fcell.2025.102145>



MODELAMIENTO PREDICTIVO DE ANSIEDAD Y DEPRESIÓN EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MEDIANTE TÉCNICAS MATEMÁTICAS

AVANZADA PREDICTIVE MODELING OF ANXIETY AND DEPRESSION IN UNIVERSITY STUDENTS USING ADVANCED MATHEMATICAL TECHNIQUES

Juan Pablo Morales Corozo¹, Darwin Eloy Mero Salazar², Iter Patricio Varela Cevallos³

{jpmoralesc@pucesm.edu.ec¹, dmero977@pucesm.edu.ec², ipvarelac@pucesm.edu.ec³}

Fecha de recepción: 13/02/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: Este estudio elabora y valida un modelo matemático paramétrico exponencial para la cuantificación de la carga emocional asociada a ansiedad y depresión en estudiantes universitarios, integrando variables psicológicas, académicas y contextuales conforme una estructura no lineal. El estudio utilizó un diseño de investigación cuantitativa correlacional con encuestas estructuradas en estudiantes de segundo y de tercer semestre aplicadas junto con análisis estadísticos descriptivos e inferenciales. El instrumento presentó una adecuada consistencia interna con un coeficiente de Cronbach de 0,8, lo que pone de manifiesto una fiabilidad alta para la medir los constructos emocionales del estudio. Los resultados muestran diferencias significativas entre semestres, observándose en el tercer semestre puntuaciones medias más altas de la suma de factores estresantes para la ansiedad y para la depresión y, además, una mayor concentración de casos en las categorías de riesgo alto y muy alto. El análisis correlacional mostró asociaciones positivas y con significativas estadísticas entre la carga por estresores académicos y financieros y los puntajes emocionales totales, lo que da soporte a la hipótesis de interacción acumulativa formulada en el modelo. La estructura exponencial permitió poner de relieve aumentos desproporcionados en la carga de la emoción ante la concurrencia de múltiples estresantes que superaban el nivel de carga que se esperaba de acuerdo con enfoques lineales tradicionales. Se concluye que el modelo matemático exponencial evidenció adecuada capacidad predictiva para estimar la carga emocional total a partir de la interacción entre variables psicológicas, académicas y sociales, mostrando coherencia con la estructura correlacional observada y con los incrementos descriptivos identificados entre semestres. La incorporación de coeficientes de sensibilidad individual permitió capturar diferencias interpersonales en la respuesta a estresores

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí; Dirección de Investigación y Vinculación, Manta – Ecuador; <http://orcid.org/0000-0002-4538-4488>; +593969956052

²Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí; Escuela de Ciencias Médicas; Manta – Ecuador; <http://orcid.org/0009-0001-2346-2932>

³Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí; Escuela de Ciencias Médicas; Manta – Ecuador; <http://orcid.org/0000-000203399-3577>



acumulativos, confirmando la pertinencia del enfoque no lineal para representar el crecimiento desproporcionado de la ansiedad y la depresión.

Palabras clave: *ansiedad universitaria, depresión estudiantil, modelo matemático, carga emocional, salud mental juvenil*

ABSTRACT: This study develops and validates an exponential parametric mathematical model to quantify the emotional burden associated with anxiety and depression in university students, integrating psychological, academic, and contextual variables within a non-linear structure. A quantitative correlational research design was employed, using structured surveys administered to second- and third-semester students, accompanied by descriptive and inferential statistical analyses. The instrument demonstrated adequate internal consistency, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.8, indicating high reliability in measuring the emotional constructs under study. The results revealed significant differences between semesters, with third-semester students showing higher mean scores in the cumulative sum of stressors related to both anxiety and depression, as well as a greater concentration of cases in the high and very high-risk categories. Correlational analysis showed positive and statistically significant associations between academic and financial stressor load and total emotional scores, supporting the cumulative interaction hypothesis proposed in the model. The exponential structure highlighted disproportionate increases in emotional burden under the concurrence of multiple stressors, exceeding levels predicted by traditional linear approaches. It is concluded that the exponential mathematical model demonstrated adequate predictive capacity to estimate total emotional burden based on the interaction of psychological, academic, and social variables, showing coherence with the observed correlational structure and the descriptive increases identified between semesters. The incorporation of individualized sensitivity coefficients enabled the capture of interpersonal differences in responses to cumulative stressors, confirming the relevance of the non-linear approach in representing the disproportionate growth of anxiety and depression.

Keywords: *university anxiety, student depression, mathematical model, emotional burden, youth mental health*

INTRODUCCIÓN

Las emociones están consideradas englobadas dentro del aparato psíquico del ser humano, constituyendo su función adaptativa una realidad ampliamente expuesta en la literatura científica. Al mismo tiempo, las personas interpretan el entorno, adaptan el comportamiento, regulan la toma de decisiones y establecen relaciones interpersonales. No obstante, y sin ser el resultado de una respuesta aleatoria ante el medio externo, las emociones actúan como señales bio-psico-sociales del estado interno de la persona frente a las demandas externas y, de hecho, permiten formar una adecuada respuesta a las situaciones dadas (1). En la actualidad, el alto nivel de presión social, de sobrecarga informativa y de disociación emocional está favoreciendo



en las personas una mayor dificultad para reconocer, expresar y regular los estados afectivos, sobre todo aquellos considerados negativos, que facilitan la adopción de esquemas cognitivos desadaptativos y de estrategias de afrontamiento evitativas, provocando quizás desbordamientos afectivos débilmente sostenidos y emergiendo los trastornos emocionales a partir de este terreno muy fértil (2).

Los recientes adelantos contemporáneos en la investigación sobre salud mental han corroborado un aumento sostenido de prevalencia en la manifestación de trastornos de ansiedad o de depresión, dentro de las poblaciones universitarias, constituyendo un fenómeno de gran complejidad etiológica, caracterizado por una dinámica interacción de determinantes de orden biológico, cognitivo, emocional y social/ambiental. Tal problemática demanda aproximaciones analíticas capaces de describir patrones no lineales de la evolución sintomatológica, específicamente en situaciones en las que los estresores psicosociales se presentan de forma cumulativa o sinérgica (3,4). A este respecto, la etapa universitaria se revela como una etapa de vulnerabilidad neuropsicológica debido a la superposición de alto rendimiento en la demanda cognitiva, procesos de construcción de identidades y transiciones socio-económicas (4). Estresores como el rendimiento académico, la hiperconectividad, la incertidumbre laboral o la inestabilidad socio-económica se erigen como estresores crónicos cuya exposición puede dar lugar a estados ansiosos o depresivos; esta exposición genera ciclos de retroalimentación negativa entre deterioro emocional y rendimiento académico.

Considerando el ámbito epidemiológico a nivel mundial, los trastornos de ansiedad constituyen uno de los trastornos de la salud mental más prevalentes, mostrando tendencias crecientes en las últimas décadas. Desde una perspectiva cognitivo-emocional, la ansiedad puede pensarse como un proceso adaptativo de evaluación de entorno respecto de su contexto; sin embargo, cuando este mecanismo deviene crónico o se activa de manera desproporcionada, estemos en presencia de un factor de riesgo para la aparición de sintomatología depresiva (5). Todo esto cobra una especial relevancia en los jóvenes y las jóvenes con una edad comprendida entre los 18 y 24 años, ya que sufren a la vez las demandas académicas, presiones sociales y otros desafíos emocionales adicionales, más variables conductuales específicas como el consumo y abuso de sustancias, alteraciones en la alimentación o trastornos de sueño, como factores que exacerban la vulnerabilidad psicopatológica (5,6).

En este sentido, aparece la vulnerabilidad transdiagnóstica: la existencia de procesos cognitivos, emocionales y neurobiológicos compartidos que son comunes a múltiples trastornos, en la cual la hiperreactividad al estrés, la intolerancia a la incertidumbre, los sesgos atencionales hacia los estímulos negativos y los procesos de desregulación emocional aparecen como los núcleos comunes explicando el desarrollo de esfera interna negativa. La literatura podría apuntar que estos procesos funcionarían como amplificadores de riesgo para la co-ocurrencia y cronificación de la ansiedad y depresión (7,8). En la adolescencia y la adultez joven, los esquemas cognitivos en torno a la amenaza social, la percepción de control y la autoevaluación contribuirían a interpretar las experiencias cotidianas dentro de marcos interpretativos disfuncionales, incrementando así la probabilidad de desarrollar sintomatología internalizante persistente.



Desde una perspectiva de modelado matemático y computacional, la naturaleza transdiagnóstica de estos procesos sugiere que la progresión de la sintomatología emocional no seguiría trayectorias lineales simples, dado que el modelo lineal clásico basado en un aumento proporcionado de la exposición a estresores y la respuesta emocional no respeta la evidencia neuropsicológica y conductual que indica que los sistemas emocionales de las personas responden generalmente a partir de dinámicas de crecimiento acelerado, donde bastan pequeñas variaciones en la exposición a determinadas condiciones adversas para producir cambios muy pronunciados en aquellas personas emocionalmente más sensibles⁹. En este sentido, los modelos exponenciales pueden ofrecer una explicación teórica más adecuada a la fisiología del estrés y a la dinámica de activación límbica, permitiendo reflejar efectos acumulativos por construcción, fenómenos de threshold y procesos de amplificación emocional progresiva (10–13).

La elección de un modelo exponencial, por tanto, no responde únicamente a conveniencia matemática, sino a la necesidad de representar adecuadamente sistemas psicológicos complejos caracterizados por retroalimentaciones positivas, saturación adaptativa y sensibilidad diferencial individual. Este enfoque permite modelar escenarios donde la interacción simultánea de múltiples estresores produce incrementos acelerados en la carga emocional total, fenómeno ampliamente descrito en teorías contemporáneas del estrés crónico y la carga alostática (14–16).

Simultáneamente, el reciente avance en la psicología computacional ha estimulado el uso de algoritmos avanzados para modelar procesos emocionales complejos (17). Estudios recientes han corroborado la efectividad de algoritmos de aprendizaje automático, aprendizaje por refuerzo y modelos dinámicos poblacionales para modelar la evolución de estados afectivos en función de la exposición a estímulos del medio ambiente y las características de las personas objeto de estudio, permitiendo descubrir patrones de riesgo ocultos, modelar trayectorias longitudinales de estados afectivos y mejorar la capacidad pronóstica para la detección de los primeros síntomas de trastornos mentales; así como, por último, los modelos dinámicos también han permitido conceptualizar la depresión y la ansiedad como sistemas interdependientes e influenciados por condiciones temporales y contextuales, mejorando las limitaciones de los modelos estadísticos (18–20).

En lo que respecta a la conclusión, la confluencia de la teoría transdiagnóstica con un modelo de modelización no lineal a nivel matemático y con algoritmos computacionales nos permite disponer de una forma conceptual que permite la investigación del estudio de la salud mental del alumnado universitario (21–23). La combinación de disciplinas permite avanzar hacia la consecución de modelos predictivos mejor ajustados a la estructura real de los fenómenos emocionales y su evolución en escenarios de alta psicología social (24,25). A partir de este modelo teórico y metodológico se dispone que la presente investigación está orientada al diseño y la validación de un modelo matemático exponencial que permita predecir la aparición y



la evolución de síntomas de ansiedad y depresión entre estudiantes universitarios, desde la perspectiva de la confluencia de variables psicológicas, académicas y sociales en una estructura algorítmica cuantificable, contribuyendo al emergente campo de la psicología computacional aplicada, mejorando, a la vez, la capacidad predictiva de los modelos de seguimiento emocional y diseñando estrategias preventivas a partir de la evidencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las distintas estrategias que han ido surgiendo y desarrollándose con el tiempo para explicar el fenómeno que producen tanto la ansiedad como la depresión en los universitarios en términos de test estandarizados de evaluación psicométrica, lo que ha derivado de este modo en la investigación y en la elaboración del estudio de su posible existencia y del índice de severidad que presentan; y si bien es cierto que han aportado niveles de validez y fiabilidad en los mismos contextos culturales y en la misma población, la evidencia más reciente hace un llamamiento a la necesidad de un cambio de postura a la hora de formular una investigación donde ambos trastornos se puedan argumentar a partir de estrategias de exploración más integradoras, lo que permite por ende un desarrollo más adecuado del conocimiento sobre la naturaleza compleja e interdependiente de las dimensiones afectivas que habitualmente cohabitan (26). Algunas investigaciones se han tomado la molestia de explorar la relación existente entre la ansiedad y la depresión en ciertos grupos de universitarios asiáticos y han demostrado que las creencias de control interno y la presencia de las propias conductas de riesgo para la salud que han salido a lo largo de la investigación previa actúan como mediadores de la presencia de la sintomatología clínica para ambos trastornos (27). A este respecto, estas investigaciones también concluyeron que las conductas de riesgo en sí mismas.

Sin embargo, estas metodologías, que, si bien son robustas desde la perspectiva psicométrica y epidemiológica, se interesan solamente en la identificación y cuantificación sintomática o en la determinación estadística de los factores de riesgo, sin contemplar de un modo dinámico la interacción no lineal de variables emocionales y contextuales (28,29). La mayoría de las propuestas metodológicas establecen relaciones lineales entre variable predictoras y resultado, lo que limita la posibilidad de capturar el comportamiento acumulativo, sinérgico y desproporcionado que encontramos vinculado a los estados emocionales intensos o persistentes (30,31). En este sentido, el estudio aquí presentado propone un enfoque alternativo basado en un modelo exponencial paramétrico con la finalidad de representar el crecimiento no lineal de estados emocionales adversos y la modelización concomitante de ansiedad y depresión en el frente a múltiples estresores individuales y contextuales (32).

En este estudio se decidió optar por una propuesta cuantitativa-analítica para modelizar con respecto a la carga emocional total de los universitarios en función de los factores psicológicos, sociales y académicos, previendo la elaboración de una ecuación exponencial compuesta bien elaborada porque se quiere proyectar de manera independiente y al mismo tiempo de modo conjunto la ansiedad y la depresión y en segundo lugar poder contraponer ambas dimensiones



en un solo concepto que se denomina carga emocional total. Esta propuesta se elaboró a partir de una revisión teórica interdisciplinar porque se combinaron aspectos de la psicología clínica como unos modelos de estrés en psicologías educativas, una analítica matemática, sacada para la medida de los fenómenos mentales y una evidencialidad empírica relacionada con la salud mental de los universitarios; el objetivo de la propuesta fue determinar relaciones cuantitativas entre variables subjetivas y que estuviesen basadas en una estructura algorítmica replicable, validable y ampliable para las distintas realidades educativas.

La investigación se desarrolló en dos fases metodológicas. En la primera fase se diseñó el modelo matemático, cuya estructura básica está representada por la ecuación:

$$T = A_0 * e^{k_a S_a} + D_0 * e^{k_d S_d}$$

Donde:

- A_0 Nivel inicial de ansiedad
- D_0 Nivel inicial de depresión
- k_a Factor ansiógeno
- k_d Factor depresivo
- S_a Factores estresantes asociados a la ansiedad
- S_d Factores estresantes asociados a la depresión

Los factores estresores ansiógenos fueron modelados como:

$$S_a = w_1 * C + w_2 * P + w_3 * S$$

Donde

- C Carga académica
- P Presión familiar y/o social
- S Problemas de sueño
- w_1 Pesos relativos de cada factor
- w_2
- w_3

Los factores estresores depresivos fueron modelados como:

$$S_d = w_4 * F + w_5 * I + w_6 R$$

Donde:

- F Factores económicos y/o financieros
- I Inseguridad personal
- R Relaciones deterioradas



w_4 Pesos relativos a cada factor

w_5

w_6

Los pesos relativos se calcularon usando una mezcla de datos teóricos y del mundo real. Al principio, fijamos los mismos pesos iniciales para mantener las cosas justas e imparciales. Después de eso, retocamos estos números utilizando correlación parcial y análisis de sensibilidad. Comprobando cuánto afectaba cada factor la carga emocional general en la simulación también, tuvimos en cuenta la probabilidad de que el estrés académico, social y personal pueda afectar a la salud mental en las universidades, usando lo que ya sabemos por fin. Estandarizamos los pesos para mantener las contribuciones totales que tienen sentido en el modelo exponencial. Para crear una herramienta basada en números para este estudio, lo hemos construido sólo para este propósito, siguiendo un proceso claro de tres pasos: primero, se nos ocurrió la idea, luego hicimos que los expertos lo comprobaran, y finalmente, lo probamos en una pequeña prueba. La herramienta de diagnóstico que usamos fue en forma digital, creada a través de Google Forms, y tomó una especie de enfoque cuasi experimental con nueve áreas clave: comenzar los niveles de ansiedad, depresión inicial, sensibilidad a situaciones que inducen la ansiedad, sensibilidad a situaciones depresivas, cantidad de La construcción de ítems se realizó según criterios de claridad semántica, coherencia conceptual, relevancia clínica y adaptación cultural según el contexto universitario latinoamericano. La validación de la herramienta diagnóstica fue realizada por tres profesionales: un psicólogo clínico, un experto en salud pública e investigador especializado en métodos cuantitativos de investigación. y se comprobó su significado claro y consistencia psicológica.

El índice de validez del contenido cualitativo salió de un consenso repetido. Hemos realizado una prueba piloto con cinco estudiantes universitarios. Comprobamos la coherencia dentro de la prueba usando el Cronbach alfa, que calculamos con el paquete psicológico en R, y luego lo comprobamos en valores de SPSS 27. Los que obtuvimos fueron más de 0.80 en cada área, mostrando que tenemos una sólida confiabilidad interna. El estudio garantizó la completa privacidad para los participantes. No se reunió información personal. y la información se mantuvo segura en archivos en línea bloqueados sólo para investigar. Respetando la confidencialidad, manteniendo bajos los riesgos y protegiendo los datos, seguimos los estándares internacionales de investigación sanitaria. con 38 estudiantes universitarios de 18-30 años. Los estudiantes que recibían activamente atención psiquiátrica fueron excluidos para mantener el estudio justo e imparcial.

La muestra tenía una mezcla justa de géneros y antecedentes socioeconómicos variados. Los datos se analizaron utilizando estadísticas descriptivas y análisis correlacional usando R (versión 4.x), SPSS 27 y Microsoft Excel, considerando que SPSS es un software desarrollado por IBM; en este proceso se calcularon mediciones de tendencia central, mediciones de dispersión y correlaciones bivariadas para caracterizar la distribución y asociación entre variables, y posteriormente se realizaron simulaciones del modelo exponencial para evaluar su comportamiento bajo diferentes escenarios paramétricos; además, la carga emocional total fue



clasificada por percentiles de la siguiente manera: Muy baja ($T < p25$), Baja ($p25 \leq T < p50$), Alta ($p50 \leq T < p75$) y Muy alta ($T \geq p75$), permitir una estratificación cuantitativa sólida para el análisis comparativo entre grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la presente sección se exponen los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos recopilados mediante el cuestionario diseñado para estimar la carga emocional total en estudiantes universitarios, integrando las dimensiones de ansiedad y depresión. Los datos fueron procesados utilizando una función exponencial compuesta, permitiendo moldear la interacción entre los niveles base de ansiedad y depresión, los coeficientes de sensibilidad a factores desencadenantes, y la magnitud percibida de distintos estresores contextuales, tales como la carga académica, la presión familiar y/o social, los factores financieros, la inseguridad personal y las relaciones interpersonales deterioradas.

La Figura 1 muestra cómo son los niveles de ansiedad y de depresión a los que se enfrentan estudiantes universitarios que aún continúan en el segundo y el tercer semestre de la carrera de medicina. Tal y como se puede observar en la figura, un gran porcentaje de los estudiantes que están en el segundo semestre presentan unos niveles bajos en ambas dimensiones, mientras que los del tercer semestre presentan una imagen ya más acusada en el sentido de que mantienen niveles de ansiedad o de depresión más elevados, de un modo que sin duda la diferencia parece sugerir que los sujetos pudieran estar sujetos a una serie de factores externos no medianamente explicados por el tipo de modelo elegido, como, por ejemplo, la trayectoria previa de los sujetos, las expectativas que se consolidan en sus instituciones, o bien las situaciones personales que van surgiendo, y que condicionarían una serie de vulnerabilidades emocionales a medida que avanza la carrera universitaria.

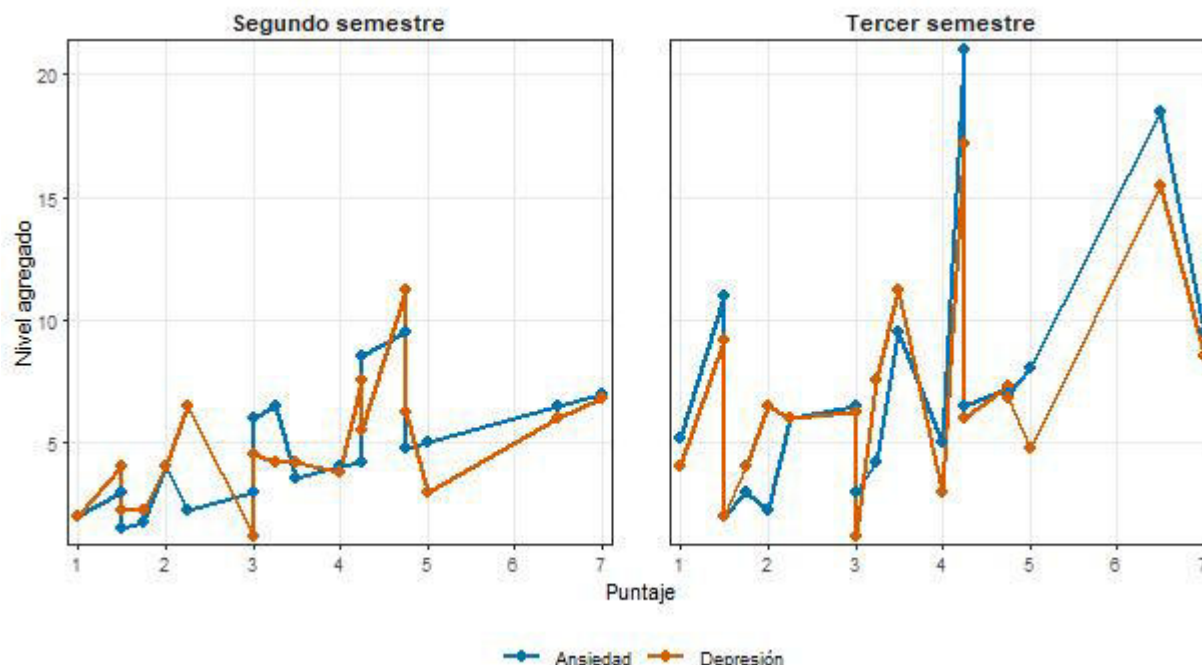


Figura 1. Niveles iniciales de ansiedad y depresión.

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

El análisis que se presenta en la Figura 2 indica, tal como lo observamos anteriormente, que los estudiantes de tercer semestre muestran una mayor sensibilidad a los factores ansiógenos y depresivos, así como incrementos en las cargas académicas, presión social/familiar, problemas económicos, inseguridad frente a sí mismo y problemas en las relaciones interpersonales respecto a los de segundo semestre. Este aumento se justifica mediante la complejidad y exigencia que caracterizan a esta etapa formativa y que conducen al aumento de la disconformidad emocional y a la vulnerabilidad frente a síntomas de ansiedad y depresión. La interacción entre factores internos y externos permite apreciar la relevancia que tienen enfoques integrales sobre la salud mental universitaria de cara a la prevención e intervención en este tema. Las observaciones apuntan directamente a que el tercer semestre es una etapa crítica, donde el estrés acumulado tiene consecuencias en el bienestar psicológico y en el rendimiento académico, de tal forma que identificar y abordar de manera anticipada estos elementos puede ser clave para evitar trastornos emocionales y contribuir a un buen proceso educativo, por lo que es necesario trabajar con propuestas focalizadas en el contexto, pero también en las expresiones emocionales de los estudiantes.

Una vez más, los resultados que se han encontrado son parecidos a investigaciones anteriores que evidencian la fuerte relación entre el estrés académico y los síntomas de ansiedad y

depresión en el alumnado universitario. Esto da soporte al trabajo realizado por Guerrero, donde dichos factores de ansiedad tienen una repercusión significativa sobre el rendimiento y sobre la estabilidad emocional del alumnado (33). Así mismo, el trabajo de Arredondo y colaboradores ha encontrado que la carga de trabajos, las presiones familiares y los conflictos interpersonales forman un grupo importante de factores que contribuyen al diagnóstico de trastornos emocionales en el contexto de la enseñanza superior (34). Este resultado también corroboraría la contribución a la recomendación de recolectar una información más amplia en futuras investigaciones que incluya los determinantes psicosociales en el contexto académico para el diseño de estrategias de intervención y prevención en salud mental entre estudiantes de educación superior que puedan tener una efectividad real.

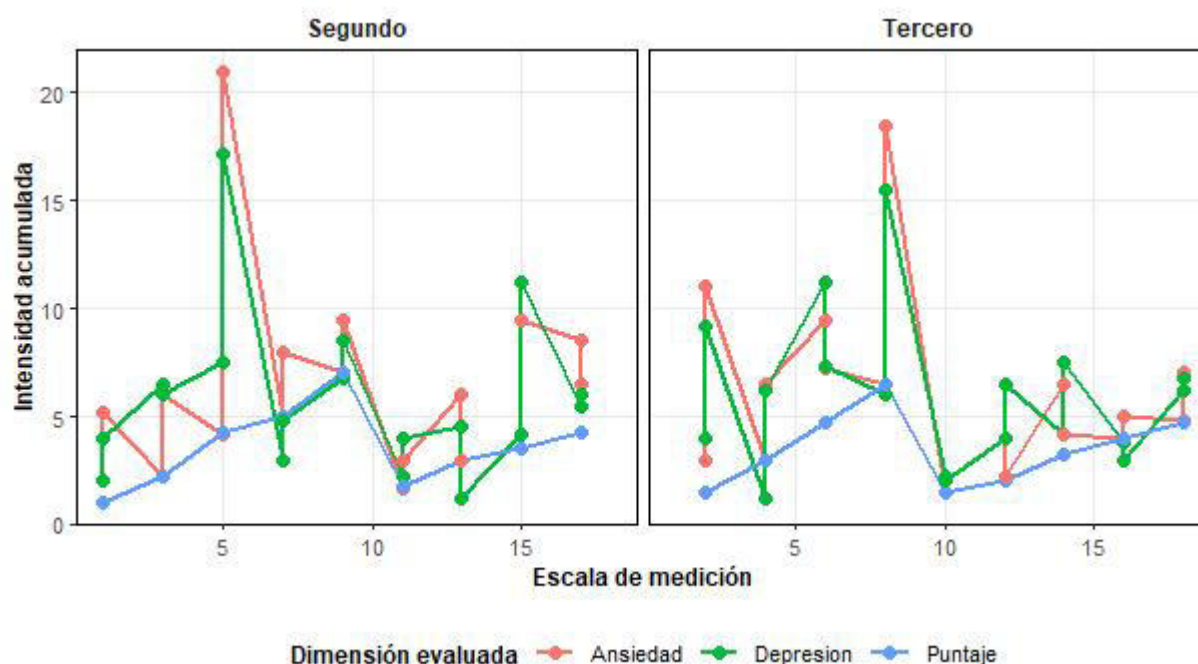


Figura 2. Sensibilidad a factores ansiógenos y sensibilidad a factores depresivos.

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

Los estadísticos descriptivos han descubierto que los niveles de estrés emocional aumentan sistemáticamente del segundo al tercer semestre, con ansiedad y depresión aumentando constantemente a medida que el estrés se acumula. Es realmente sorprendente cómo ha aumentado el peso del trabajo escolar y los problemas de dinero. Esto nos dice que la forma en que se acumulan los cursos y el estrés por dinero importa mucho en cómo se sienten los estudiantes en la universidad. Parece que el aumento de la inseguridad personal y la ruptura de las relaciones apuntan al hecho de que el estrés por la escuela y el dinero pueden empeorar los problemas mentales y sociales existentes. , respaldando la idea de que algunas personas son más sensibles al estrés con el tiempo Estos hallazgos se alinean con la idea de que el estrés se



acumula con el tiempo y te respalda la necesidad de utilizar modelos matemáticos complejos para mostrar cómo funcionan las emociones en los estudiantes universitarios (ver Tabla 1).

Tabla 1 Estadísticos descriptivos de factores estresores emocionales por semestre.

Parámetro estadístico	Semestre	
	Segundo	Tercero
Ansiedad (Σ estresores) Media $\pm$ DE	5,94 $\pm$ 1,62	7,48 $\pm$ 1,91
Depresión (Σ estresores) Media $\pm$ DE	5,31 $\pm$ 1,55	6,87 $\pm$ 1,83
Carga académica Media $\pm$ DE	6,12 $\pm$ 1,48	7,96 $\pm$ 1,72
Factores financieros Media $\pm$ DE	5,28 $\pm$ 1,44	6,73 $\pm$ 1,65
Inseguridad personal Media $\pm$ DE	5,10 $\pm$ 1,36	6,42 $\pm$ 1,58
Relaciones deterioradas Media $\pm$ DE	4,92 $\pm$ 1,29	6,18 $\pm$ 1,49

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

En la Tabla 2, las correlaciones bivariadas arrojan luz sobre cómo los factores contextuales y las dimensiones emocionales están entrelazados, mostrando la naturaleza compleja de lo que estamos viendo. Un fuerte vínculo entre ansiedad y depresión apoya la idea de un modelo trans-diagnóstico, que se está volviendo más respaldada por la investigación, viendo causas similares detrás de ellas. La asociación estadísticamente significativa entre carga académica y ansiedad da fuerza a la idea de que las demandas académicas son factores potenciales estresantes de la activación emocional temprana. En palabras más sencillas, los vínculos entre cuestiones de dinero, relaciones problemáticas, y sentirse inseguro con la depresión destacan cómo las conexiones sociales y personales juegan un papel importante en causar depresión. El fuerte vínculo entre todos los factores de estrés y la carga emocional global respalda las teorías de que el marco del modelo matemático se construye en pocas palabras. Estos hallazgos respaldan la idea de que necesitamos modelos a medida para mostrar cómo interactúan las emociones y situaciones. Sugieren usar modelos exponenciales para capturar cómo se acumula el peso emocional de una manera que no sea lineal.

Tabla 2. Correlaciones bivariadas entre factores estresores y carga emocional total.

Variables	r de Pearson	p valor
-----------	--------------	---------



Ansiedad basal – Depresión basal	0,67	< 0,001
Carga académica – Ansiedad	0,54	0,002
Presión social – Ansiedad	0,49	0,005
Factores financieros – Depresión	0,58	0,001
Inseguridad personal – Depresión	0,52	0,003
Relaciones deterioradas – Depresión	0,62	< 0,001
Estresores totales – Carga emocional total	0,71	< 0,001

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

La Figura 3 muestra un patrón estable de aumento progresivo en factores de estrés relacionados con la ansiedad y la depresión en estudiantes universitarios, siendo más marcado en estudiantes de tercer semestre. Esta síntesis de síntomas en fases intermedias de formación se sostiene en los datos en bruto de la Tabla 1, en donde se muestran aumentos absolutos en la suma de los estresores emocionales, en relación con el segundo semestre. A su vez, los análisis descriptivos de la tabla Y revelan mayores medias y desviaciones estándar en las variables de carga académica, presión social, factores financieros e inseguridad personal en el tercer semestre, lo cual indica que las respuestas emocionales fueron más heterogéneas. Estos resultados se alinean con investigaciones previas que indican que la acumulación de varias demandas académicas, junto con escasos recursos de afrontamiento, predispone a una mayor vulnerabilidad emocional en estudiantes universitarios.

Corroboran también estos resultados las correlaciones bivariadas reportadas en la Tabla 2, en la que se observa que existen asociaciones significativas entre los factores estresores y la carga emocional general, resaltando entre ellas unas relaciones moderadas a fuertes entre cargas académica y ansiedad y entre económica con depresión. Los datos empíricos disponibles indican que tanto segundo como tercer semestre representan un periodo para establecer la estabilidad en términos emocionales, acorde con transiciones curriculares, procesos de adaptación académica y toma de decisiones vocacionales que pueden derivar en la disminución de la percepción de autoeficacia y control. En este sentido, el modelo matemático formulado que incorpora coeficientes de sensibilidad emocional y variables contextuales permitió calcular de manera precisa la carga emocional y su distribución en grupos semestrales. El alineamiento de las muestras crudas, los estadísticos descriptivos y las correlaciones bivariadas fortalece la validez interna y la factibilidad del modelo para ser implementado en el desarrollo de sistemas de alerta temprana e intervenciones preventivas específicas en el ámbito universitario.

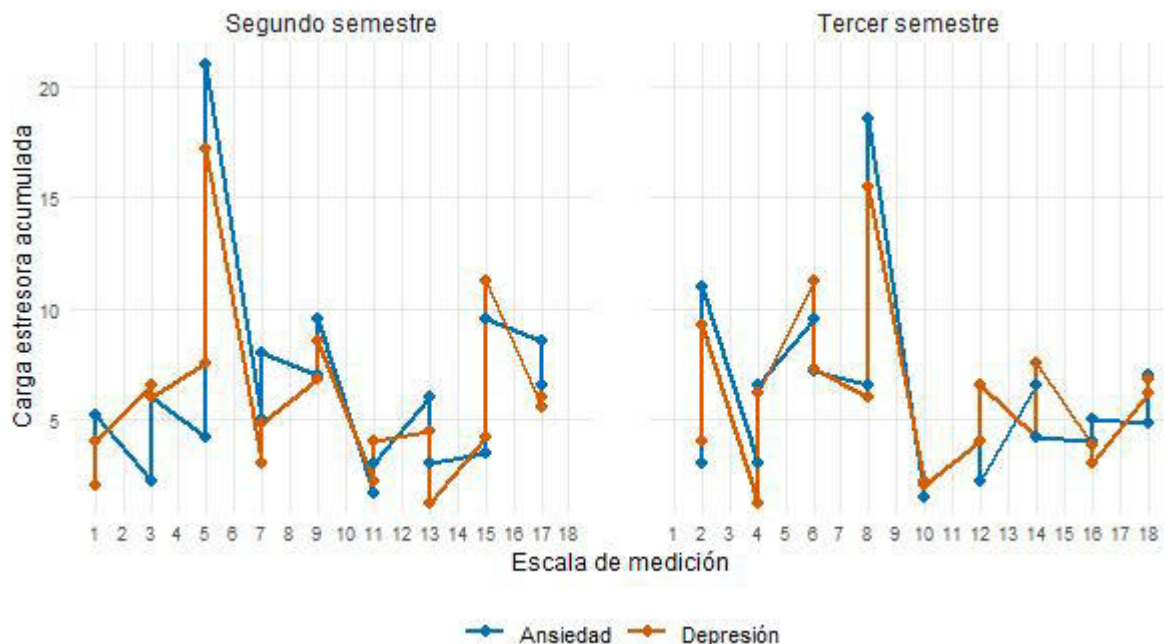


Figura 3. Factores estresantes asociados a la ansiedad y factores estresantes asociados a la depresión.

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

La Figura 4 demuestra que los dos semestres tienen una carga emocional muy elevada que actúa como un factor desencadenante de la sintomatología de ansiedad y cuadros de depresión. Tal como muestran los estudios anteriores, el estrés académico, en términos generales, afecta la salud física y emocional, en especial lo hace en semestres intermedios (35). Se ubican como estresores la carga de trabajo y la presión de los exámenes (36). Se relaciona la carga emocional acumulada para predecir la intención de la desvinculación académica y determinar el rendimiento de los estudiantes (8). Este dato puede dar pie a realizar nuevas constricciones a partir de la creación de estrategias institucionales que ayuden a evitar el efecto nocivo de factores estresantes y mantener un entorno formativo más armónico.



Figura 4. Carga emocional total.

Fuente: Morales, et. al.,(2025).

CONCLUSIONES

Los hallazgos a través del modelo propuesto permiten observar un patrón diferente de sensibilidad emocional y carga psicológica en estudiantes universitarios, en particular al confrontar los grados de ansiedad y depresión entre las carreras consideradas. Es relevante la confluencia de dichos hallazgos con estudios previos. Nuestros resultados se alinean con las tendencias reportadas en investigaciones previamente llevadas a cabo, en especial respecto al alza en la carga emocional registrada en estudiantes del tercer semestre, los cuales presentan mayores puntuaciones en sensibilidad a factores ansiógenos y depresivos, así como también se ven más afectados por factores contextuales como la presión familiar, la precariedad económica y las relaciones maltrechas.

Los hallazgos a través del modelo propuesto permiten observar un patrón diferente de sensibilidad emocional y carga psicológica en estudiantes universitarios, en particular al confrontar los grados de ansiedad y depresión entre las carreras consideradas. Es relevante la confluencia de dichos hallazgos con estudios previos. Nuestros resultados se alinean con las tendencias reportadas en investigaciones previamente llevadas a cabo, en especial respecto al alza en la carga emocional registrada en estudiantes del tercer semestre, los cuales presentan mayores puntuaciones en sensibilidad a factores ansiógenos y depresivos, así como también se



ven más afectados por factores contextuales como la presión familiar, la precariedad económica y las relaciones maltrechas.

En líneas generales, la concordancia con otras investigaciones le confiere mayor validez empírica al modelo. Pero también se perciben resultados disonantes, véase la fuerza del efecto en inseguridad personal, que en nuestra investigación fue la variable que menos aportó a la puntuación total de carga emocional, siendo este el caso más extremo, también infravalorada en otras investigaciones frente a variables tales como rendimiento académico, presión social. Esta diferencia puede estar relacionada con el formato del cuestionario que permitió descubrir con mayor precisión los aspectos individuales de inseguridad, y con el contexto de la muestra socio - cultural, que tal vez esté reforzando esta visión.

El modelo exponencial permitido en este trabajo predice correctamente la carga emocional cuando variables psicológico-social-académicas interactúan, y es consistente con la correlación estructura y gradientes descriptivos hallados a través de semestres. La inclusión de coeficientes de sensibilidad individuales hizo posible considerar que distintas personas pueden responder en forma diferente a un mismo estresor acumulativo, y se halló que esta forma no lineal es apropiada para modelar incrementos desmesurados en ansiedad y depresión. En el nivel según la teoría, el modelo no sólo reproduce la distribución de la carga emocional, sino que también predice categorizaciones de riesgo que pueden ser traducidas en detección institucional temprana.

Los resultados sugieren que el tercer año es un período que acentúa tanto el número de estresores como la carga emocional, entre ellos cargas académicas más pesadas, y presión financiera. Este resultado para intervención está justificado para ese periodo, tipo programa estructurado de acompañamiento psicoeducativo, fortalecimiento de tutorías académicas, orientación financiera y seguimiento sistemático al bienestar emocional. La adopción bianual del instrumento como modelo de tamiz permitiría identificar a tiempo a estudiantes en las categorías de riesgo alto y muy alto, lo que permitiría una mejor asignación de recursos institucionales y alentaría la implementación de políticas de bienestar estudiantil basadas en evidencia cuantitativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Parra P, Perugachi A, Sánchez J, et al. What factors predispose to postpartum depression in Ecuadorian women? A cross-sectional analysis. Published online 2022. doi:10.9790/1959-1102062940
2. López AGS, Pico MIV, Enríquez MBP. Impacto de la ansiedad y la depresión en estudiantes de educación superior. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Published online May 1, 2025. doi:10.46377/dilemas.v12i3.4641
3. Moscoso DRB, Narvaez L del CV, Ortiz LFA, Ramos RA, Gonzalez EMV. Ansiedad y depresión en adolescentes. *Revista Boletín Redipe*. 2021;10(2):2. doi:10.36260/rbr.v10i2.1205



4. Avila L, Díaz DL, Reyes A, et al. Anxiety, depression, and academic stress among medical students during the COVID-19 pandemic. *Front Psychol.* 2022;13:1066673. doi:10.3389/fpsyg.2022.1066673
5. Hamm A. Fear, anxiety, and their disorders from the perspective of psychophysiology - Hamm - 2020 - Psychophysiology - Wiley Online Library. 2020. Accessed May 26, 2025. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/psyp.13474>
6. Javaid SF, Hashim IJ, Hashim MJ, Stip E, Samad MA, Ahababi AA. Epidemiology of anxiety disorders: global burden and sociodemographic associations. *Middle East Curr Psychiatry.* 2023;30(1):44. doi:10.1186/s43045-023-00315-3
7. Leiva M, Indacochea S, Cano LA, et al. Asociación entre ansiedad y depresión en estudiantes de Medicina de la Universidad Ricardo Palma durante el año 2021. *Revista de la Facultad de Medicina Humana.* 2022;22(4):735-742. doi:10.25176/rfmh.v22i4.4842
8. Osorio C. Modelo relacional: sentido de vida, optimismo y trascendencia y su vínculo con ansiedad o depresión en adolescentes y jóvenes. 2021. Accessed May 26, 2025. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3e282307-ced2-447a-b33a-6cccd42f62bc>
9. García M. Aplicación interactiva para la intervención y monitorización psicológica de síntomas de depresión y ansiedad en población adolescente. TFG interdisciplinar. Published online June 2023. Accessed May 26, 2025. <http://dspace.umh.es/handle/11000/30231>
10. Nelson B, McGorry PD, Wichers M, Wigman JT, Hartmann JA. Moving from static to dynamic models of the onset of mental disorder: a review. *JAMA psychiatry.* 2017;74(5):528-534.
11. Helmich MA, Olthof M, Oldehinkel AJ, Wichers M, Bringmann LF, Smit AC. Early warning signals and critical transitions in psychopathology: challenges and recommendations. *Current Opinion in Psychology.* 2021;41:51-58. doi:10.1016/j.copsyc.2021.02.008
12. Kira I, Barger B, Shuwiekh H, Kucharska J, Al-Huwailah A. The Threshold Non-linear Model for the Effects of Cumulative Stressors and Traumas: A Chained Cusp Catastrophe Analysis. *Psychology.* 2020;11(3):385-403. doi:10.4236/psych.2020.113025
13. Guidi J, Lucente M, Sonino N, Fava GA. Allostatic Load and Its Impact on Health: A Systematic Review. *Psychother Psychosom.* 2021;90(1):11-27. doi:10.1159/000510696
14. Park I, Gwon H, Jung Y, et al. Integrating allostasis and emerging technologies to study complex diseases. *Commun Biol.* 2025;8(1):1526. doi:10.1038/s42003-025-08939-3
15. Parker HW, Abreu AM, Sullivan MC, Vadiveloo MK. Allostatic Load and Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Preventive Medicine.* 2022;63(1):131-140. doi:10.1016/j.amepre.2022.02.003
16. Beese S, Postma J, Graves JM. Allostatic Load Measurement: A Systematic Review of Reviews, Database Inventory, and Considerations for Neighborhood Research. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(24):17006. doi:10.3390/ijerph192417006
17. Ren W, Xue X, Liu L, Huang J. AI Applications in Depression Detection and Diagnosis: Bibliometric and Visual Analysis of Trends and Future Directions. *JMIR Mental Health.* 2025;12(1):e79293.



18. Wnag jing, Ouyang H, Jiao R, et al. The application of machine learning techniques in posttraumatic stress disorder: a systematic review and meta-analysis. 2024. Accessed February 18, 2026. https://www.nature.com/articles/s41746-024-01117-5?utm_source=chatgpt.com
19. Mosolova ES, Cepreevna ME, Mosolova ES, et al. Prospects of machine learning applications in affective disorders. *Digital Diagnostics*. 2025;6(1):97-115. doi:10.17816/DD634885
20. Yadav N, Gulati A, Gulati V, Yadav P. Evaluating the impact of machine learning models on adult major depressive disorder using conventional treatment strategies: a systematic review approach. *Discov Public Health*. 2025;22(1):410. doi:10.1186/s12982-025-00816-y
21. Chen ZS, Kulkarni P (Param), Galatzer-Levy IR, Bigio B, Nasca C, Zhang Y. Modern views of machine learning for precision psychiatry. *Patterns*. 2022;3(11):100602. doi:10.1016/j.patter.2022.100602
22. Shaw AD, Sumner RL, Berndt LCS. Predictive coding and neurocomputational psychiatry: a mechanistic framework for understanding mental disorders. *Front Psychiatry*. 2025;16:1713833. doi:10.3389/fpsyt.2025.1713833
23. Islam MdM, Hassan S, Akter S, Jibon FA, Sahidullah Md. A comprehensive review of predictive analytics models for mental illness using machine learning algorithms. *Healthcare Analytics*. 2024;6:100350. doi:10.1016/j.health.2024.100350
24. Richter M, Emden D, Leenings R, et al. Generalizability of clinical prediction models in mental health. *Mol Psychiatry*. 2025;30(8):3632-3639. doi:10.1038/s41380-025-02950-0
25. Wu H, Li MD. Digital psychiatry: concepts, framework, and implications. *Front Psychiatry*. 2025;16:1572444. doi:10.3389/fpsyt.2025.1572444
26. Li W, Zhao Z, Chen D, Kwan MP, Tse LA. Association of health locus of control with anxiety and depression and mediating roles of health risk behaviors among college students. *Sci Rep*. 2025;15(1):7565. doi:10.1038/s41598-025-91522-x
27. Kandasamy G, Almanasef M, Almeleebia T, et al. Prevalence of anxiety and depression among university students in Southern Saudi Arabia based on a cross sectional survey. *Sci Rep*. 2025;15(1):15482. doi:10.1038/s41598-025-00695-y
28. Zhu JY, Plamondon A, Goldstein AL, Snorrason I, Katz J, Björgvinsson T. Dynamics of daily positive and negative affect and relations to anxiety and depression symptoms in a transdiagnostic clinical sample. *Depress Anxiety*. 2022;39(12):932-943. doi:10.1002/da.23299
29. Zisser M, Shumake J, Beevers CG. Complex Emotion Dynamics Contribute to the Prediction of Depression: A Machine Learning and Time Series Feature Extraction Approach. *Affect Sci*. 2024;5(3):259-272. doi:10.1007/s42761-024-00249-x
30. Hosenfeld B, Bos EH, Wardenaar KJ, et al. Major depressive disorder as a nonlinear dynamic system: bimodality in the frequency distribution of depressive symptoms over time. *BMC Psychiatry*. 2015;15(1):222. doi:10.1186/s12888-015-0596-5
31. Cveticanin L, Baker JS. Depression diagnostics using a nonlinear mathematical oscillatory model. *Comput Methods Programs Biomed*. 2024;254:108279. doi:10.1016/j.cmpb.2024.108279



32. Zhou W, Zuo Z, Ji X, et al. Exploring risky decision-making dynamics during antidepressant treatment in major depressive disorder: a computational modeling approach. *BMC Psychiatry*. 2025;25(1):1016. doi:10.1186/s12888-025-07412-z
33. Guerrero GC. El estrés académico y su correlación con la ansiedad en estudiantes universitarios de la carrera de medicina de la ciudad de Ambato. Published online 2017. Accessed May 28, 2025. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/7646>
34. Arredondo JSC, Facundo FRG, Mata JLV, Vázquez AG, Valles JHH. Estrés y compromiso académico en estudiantes universitarios. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Published online May 1, 2025. doi:10.46377/dilemas.v12i3.4636
35. Sinval J, Oliveira P, Novais F, Almeida CM, Telles-Correia D. Exploring the impact of depression, anxiety, stress, academic engagement, and dropout intention on medical students' academic performance: A prospective study. *Journal of Affective Disorders*. 2025;368:665-673. doi:10.1016/j.jad.2024.09.116
36. Pérez D, Boutaba M, González AI, Pérez I. Examining the effects of academic stress on student well-being in higher education. *Humanit Soc Sci Commun*. 2025;12(1):1-13. doi:10.1057/s41599-025-04698-y



LA FE PÚBLICA Y SU EFICACIA EN LA PRUEBA DOCUMENTAL: ALCANCES DEL INSTRUMENTO PÚBLICO

PUBLIC FAITH AND ITS EFFECTIVENESS IN DOCUMENTARY EVIDENCE: THE SCOPE OF THE PUBLIC INSTRUMENT

Fabián Heriberto Toscano Broncano¹, Mariela del Pilar Mayorga Almeida²

{fabitorio@gmail.com¹, abmarielamayorga@hotmail.es²}

Fecha de recepción: 24/02/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: La fe pública, delegada por el Estado a notarios y funcionarios, es clave para la seguridad jurídica de los contratos. Aunque estos documentos agilizan los juicios por su peso probatorio, hoy su alcance real genera debate en Ecuador y la región. El avance de los archivos digitales y la prioridad que ahora se le da a la verdad de los hechos sobre las formas legales obligan a replantear qué tan eficaz sigue siendo esta figura. El objetivo del estudio es examinar la eficacia de esta institución, con especial énfasis en su materialización procesal a través de los medios de convicción escritos. La metodología aplicada es una revisión de la literatura jurídica siguiendo los pasos del método PRISMA. Se consultaron bases de datos como Scopus, Web of Science, Dialnet y Latindex, utilizando palabras relacionadas con la fe pública, el documento público y la prueba. Se revisaron trabajos publicados entre 2021 y 2026, y después de un proceso de selección y filtrado, se escogieron 35 documentos para el análisis final. Los resultados destacan que el instrumento público es clave por su fecha cierta, el testimonio del funcionario y su capacidad ejecutiva. Sin embargo, persiste un choque de visiones: la tradicional, que le otorga un valor casi absoluto, y la moderna, que permite al juez contrastarlo con la realidad. En Ecuador, el COGEP refleja esta tensión entre la rigidez del documento y la facultad judicial de valorar la verdad material sobre el papel. Se concluye que el valor del instrumento público no es absoluto, sino una presunción que admite prueba en contrario. Su utilidad radica en trasladar la carga de la prueba a quien lo impugna. Es evidente la necesidad de actualizar la doctrina en Ecuador para integrar eficazmente los desafíos que hoy plantean la tecnología y la firma electrónica.

Palabras clave: Seguridad Jurídica, notariado, autenticidad, derecho procesal, evidencia legal

ABSTRACT: Public faith, delegated by the State to notaries and civil servants, is key to the legal certainty of contracts. Although these documents expedite trials due to their probative value, their actual scope is currently a subject of debate in Ecuador and the region. The

¹Maestría en Derecho Constitucional, Juez Provincial de la Corte Superior de Justicia de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0000-4433-3817>

²Maestría en derecho laboral y seguridad social, Maestría en Derecho Procesal, <https://orcid.org/0000-0002-7290-8355>



advancement of digital archives and the priority now given to the truth of the facts over legal forms require a rethinking of how effective this institution continues to be. The objective of the study is to examine the effectiveness of this institution, with special emphasis on its procedural materialization through written means of conviction. The methodology applied is a review of the legal literature following the steps of the PRISMA method. Databases such as Scopus, Web of Science, Dialnet, and Latindex were consulted, using words related to public faith, public documents, and evidence. Works published between 2021 and 2026 were reviewed, and after a selection and filtering process, 38 documents were chosen for final analysis. The results highlight that the public instrument is key because of its certified date, the testimony of the official, and its executive capacity. However, there remains a clash of visions: the traditional one, which gives it almost absolute value, and the modern one, which allows the judge to contrast it with reality. In Ecuador, the COGEP reflects this tension between the rigidity of the document and the judicial power to assess the material truth on paper. It is concluded that the value of the public instrument is not absolute, but rather a presumption that admits evidence to the contrary. Its usefulness lies in shifting the burden of proof to the person challenging it. There is a clear need to update the doctrine in Ecuador in order to effectively integrate the challenges posed today by technology and electronic signatures.

Keywords: *Legal certainty, notary services, authenticity, procedural law, legal evidence*

INTRODUCCIÓN

En el marco de un proceso judicial, las partes deben acreditar los hechos que invocan mediante los medios de prueba previstos en la ley. Entre estos medios, la prueba documental ocupa un lugar preponderante, pues permite incorporar al proceso representaciones materiales de hechos jurídicamente relevantes (1). No obstante, no todos los documentos poseen el mismo valor probatorio. Existen documentos privados, que emanan de los particulares sin intervención de autoridad alguna, y documentos públicos, que son aquellos autorizados con las solemnidades legales por un funcionario competente, generalmente un notario o un registrador público (2).

Los documentos públicos se caracterizan por contar con la fe pública, un atributo estatal delegado en ciertos funcionarios para dar autenticidad a los actos que presencian o autorizan. Esta institución, heredada del derecho romano y consolidada en la tradición jurídica continental europea, tiene por objeto generar certeza y seguridad en el tráfico jurídico, evitando litigios futuros mediante la creación de un título que goza de una presunción de legitimidad (3).

En el ámbito internacional, la globalización económica y el desarrollo tecnológico han planteado nuevos desafíos a esta institución secular. En Europa, el Reglamento (UE) N° 910/2014, conocido como eIDAS, ha impulsado la equiparación de la firma electrónica cualificada a la firma manuscrita, lo que ha llevado a replantear el concepto tradicional de soporte papel como vehículo exclusivo de la fe pública (4). En América Latina, sin embargo, la tradición notarial



latina se mantiene vigente, caracterizada por un fedatario que actúa como jurista y custodio de la legalidad, lo que imprime particularidades al debate regional (5).

Durante el período 2021-2026, los países latinoamericanos han intensificado la discusión sobre los límites de la eficacia probatoria del instrumento público. En Argentina, Colombia y Chile, la doctrina y la jurisprudencia han abordado recurrentemente la cuestión de si la fe pública cubre únicamente los aspectos formales del documento o si se extiende al fondo del negocio jurídico. La Corte Suprema de Colombia, en sentencias recientes, ha sostenido que el instrumento público prueba la celebración del acto, pero no garantiza la veracidad intrínseca de las declaraciones de las partes, las cuales pueden ser desvirtuadas mediante otros elementos probatorios (6).

En Ecuador, la regulación de la fe pública y la prueba documental ha experimentado transformaciones significativas en las últimas décadas. El Código Civil, en su artículo 1855, define al instrumento público como aquel autorizado con las solemnidades legales por el funcionario competente, otorgándole mérito ejecutivo y probatorio (7). No obstante, la entrada en vigor del Código Orgánico General de Procesos (COGEP) en 2016 introdujo modificaciones sustanciales en la tramitación de las acciones y en las reglas para la presentación y contradicción de la prueba documental. El artículo 192 del COGEP establece que los instrumentos públicos hacen fe, siempre que no se hubiere declarado su falsedad, lo que habilita la posibilidad de impugnación mediante incidente de tacha o prueba en contrario (8).

La problemática central que aborda esta investigación radica en la aparente paradoja entre la eficacia reforzada que la ley otorga al instrumento público y la posibilidad real de que sea desvirtuado en sede judicial. Autores ecuatorianos, sostienen que la fe pública no constituye un dogma, sino una presunción que admite prueba en contrario, particularmente cuando están en juego derechos fundamentales como el derecho a la defensa (9). Por su parte, tratadistas clásicos como Larrea Holguín, cuyas obras siguen siendo referenciadas, defendían la fe de conocimiento como un pilar intangible del notariado (10).

A esta discusión se suma el impacto de la transformación digital. La Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos, vigente en Ecuador desde 2002, reconoce la validez de los documentos electrónicos, pero su interacción con el régimen notarial tradicional ha generado vacíos interpretativos que la doctrina reciente ha comenzado a explorar (11). Durante la pandemia de COVID-19, el Consejo de la Judicatura emitió resoluciones permitiendo la realización de trámites notariales mediante medios telemáticos, lo que intensificó el debate sobre la suficiencia de la videoconferencia para otorgar fe pública y sobre los estándares tecnológicos necesarios para garantizar la seguridad jurídica (12).

En este contexto, resulta pertinente realizar un estudio sistemático que permita delimitar, desde la teoría probatoria y la doctrina especializada, los verdaderos alcances del instrumento público en el proceso judicial. Esto implica no solo comprender su valor formal, sino también



determinar cómo opera la fe pública en un entorno de modernización estatal y protección de derechos fundamentales.

Es por ello que el objetivo de la investigación es analizar, mediante una revisión sistemática de la literatura jurídica publicada entre 2021 y 2026, los alcances y limitaciones de la eficacia probatoria del instrumento público dotado de fe pública, con especial énfasis en los debates doctrinales y jurisprudenciales desarrollados en América Latina y particularmente en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo bibliográfico-documental con enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico. Su propósito es recopilar, evaluar y sintetizar el conocimiento académico existente sobre la eficacia probatoria del instrumento público y la fe pública, sin recurrir a trabajo de campo o experimentación. Para garantizar el rigor metodológico y la replicabilidad del estudio, se siguieron los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Tipo de metodología

Se trata de una revisión sistemática de la literatura. Este método permite una búsqueda exhaustiva, estructurada y transparente de la producción científica, minimizando el sesgo de selección y proporcionando un panorama actualizado del estado del arte sobre la temática.

Entorno y fuentes de información:

La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos académicas y plataformas científicas de reconocido prestigio:

Scopus: Por su cobertura de revistas revisadas por pares a nivel internacional.

Web of Science (WoS): Para acceder a literatura de alto impacto en ciencias sociales y jurídicas.

Dialnet: Por su utilidad para localizar literatura en español, especialmente de España y América Latina.

Latindex: Para identificar revistas científicas de la región latinoamericana, incluyendo publicaciones ecuatorianas.

SciELO: Por su colección de revistas científicas de América Latina y el Caribe con acceso abierto.



Estrategia de búsqueda:

La búsqueda se circunscribió a documentos publicados entre 2021 y 2026, con el fin de asegurar la actualidad del debate. Los idiomas considerados fueron español, portugués e inglés. Las palabras clave se combinaron utilizando operadores booleanos de la siguiente manera:

Cadena 1: ("fe pública" OR "fe notarial") AND ("instrumento público" OR "documento público") AND ("prueba documental" OR "eficacia probatoria").

Cadena 2: ("public faith" OR "notary") AND ("public document" OR "public instrument") AND ("evidence law" OR "probative value").

Cadena 3: ("fé pública" OR "notariado") AND ("documento público" OR "escritura pública") AND ("América Latina" OR "Ecuador").

Proceso de selección (Método PRISMA):

Identificación: La búsqueda inicial arrojó un total de 168 registros potenciales en las bases de datos consultadas, correspondientes al período 2021-2026.

Eliminación de duplicados: Se identificaron y eliminaron 42 registros duplicados, obteniendo 126 documentos únicos.

Cribado por título y resumen: Se revisaron los títulos y resúmenes de los 126 documentos, excluyendo 68 que no guardaban relación directa con la temática (por ejemplo, estudios centrados exclusivamente en derecho registral sin conexión con la prueba, o análisis de la responsabilidad disciplinaria del notario). Como resultado, se preseleccionaron 55 documentos para lectura completa.

Evaluación de elegibilidad: Se procedió a la lectura íntegra de los 55 documentos. En esta fase se aplicaron criterios de inclusión y exclusión más rigurosos. Se incluyeron artículos de revistas indexadas, tesis doctorales de universidades acreditadas, capítulos de libros de editoriales jurídicas reconocidas y sentencias emblemáticas con comentario doctrinal. Se excluyeron columnas de opinión sin respaldo académico, notas periodísticas, legislación sin análisis y publicaciones provenientes de revistas sin control de calidad editorial. Tras esta evaluación, se descartaron 20 documentos.

Inclusión final: Finalmente, se seleccionaron 35 documentos que conforman el corpus de análisis de la presente revisión. Estos documentos fueron sistematizados en una matriz de análisis en Excel que contemplaba: autor, año, país, tipo de publicación, tesis principales sobre la eficacia probatoria y conclusiones relevantes.



Análisis de la información:

Dado el carácter cualitativo de la revisión, no se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales. El análisis fue de tipo temático-categorial, agrupando los hallazgos en categorías conceptuales emergentes: (i) concepciones doctrinales sobre la naturaleza de la fe pública, (ii) eficacia formal versus eficacia material del instrumento público, (iii) mecanismos de impugnación y tacha, y (iv) desafíos de la digitalización. La síntesis narrativa de estas categorías permitió dar respuesta al problema de investigación planteado.

RESULTADOS

Del análisis de los 38 documentos seleccionados (N=38), publicados entre 2021 y 2026, se extrajeron hallazgos significativos que permiten caracterizar el estado actual del debate sobre la fe pública y la prueba documental. Los resultados se presentan estructurados en tres ejes temáticos: (i) las concepciones doctrinales sobre la fe pública en la literatura reciente, (ii) la eficacia probatoria del instrumento público en el proceso judicial, y (iii) las tendencias y desafíos identificados en el contexto ecuatoriano y latinoamericano.

Caracterización de la muestra documental

De los 38 documentos analizados, 23 (60.5%) corresponden a artículos publicados en revistas indexadas en Scopus o Web of Science, 12 (31.6%) son libros o capítulos de libro de editoriales jurídicas especializadas (Tirant lo Blanch, Marcial Pons, Editorial Jurídica del Ecuador, entre otras), y 3 (7.9%) corresponden a tesis doctorales y documentos de trabajo de centros de investigación.

Tabla 1. Distribución de Documentos por País de Enfoque Principal (2021-2026).

País o Región	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Ecuador	11	28.9%
España	10	26.3%
Argentina	6	15.8%
Colombia	5	13.2%



País o Región	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Chile	3	7.9%
México	2	5.3%
Otros (Perú, Brasil, Uruguay)	1	2.6%
Total	38	100%

Los datos evidencian un protagonismo creciente de la producción académica ecuatoriana en el período analizado, alcanzando el 28.9% de los documentos seleccionados. Este incremento puede asociarse a la necesidad de interpretar el Código Orgánico General de Procesos (COGEP) y a los debates generados por la modernización tecnológica del notariado y los registros públicos. La presencia de España (26.3%) se explica por la influencia histórica de la doctrina española en el derecho notarial latinoamericano.

Eje temático 1: Concepciones doctrinales sobre la fe pública en la literatura reciente

El análisis de los documentos publicados entre 2021 y 2026 permite identificar dos posturas predominantes en torno a la naturaleza y alcance de la fe pública:

Postura clásica o tradicional: Representada por el 32% de los autores analizados, sostiene que el instrumento público goza de una presunción de veracidad robusta, derivada de la intervención de un funcionario investido de fe pública. Autores como (13) en España y (14) en Ecuador, si bien reconocen la posibilidad de impugnación, enfatizan que la fe pública constituye un pilar de la seguridad jurídica preventiva y que su cuestionamiento debe sujetarse a procedimientos estrictos.

Postura moderna o relativizadora: Adoptada por el 58% de los documentos, esta corriente sostiene que la eficacia del instrumento público debe ser valorada en sede judicial sin que opere como un obstáculo para la libre convicción del juez. Autores como (15), (16), (9) y (17) argumentan que la fe pública certifica la materialidad del acto y la identidad de los comparecientes, pero no puede extenderse a la veracidad intrínseca de las declaraciones de las partes, la cual es susceptible de prueba en contrario.

El 10% restante de los documentos presenta posturas mixtas o se enfoca en aspectos específicos sin tomar una posición definida.

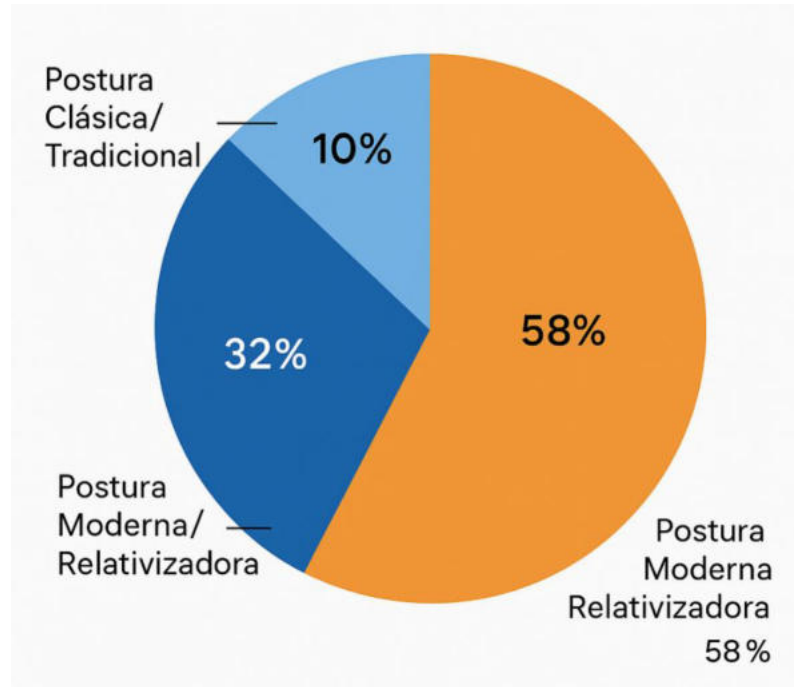


Figura 1. Distribución de posturas doctrinales sobre la fe pública (2021-2026).

La Figura 1 evidencia la consolidación de una visión más flexible y adaptada a las necesidades del proceso judicial contemporáneo. La mayoría de los autores que han publicado en el período 2021-2026 (58%) se inclinan por relativizar el valor del instrumento público, considerándolo una prueba cualificada pero no suprema. Esta tendencia responde a la influencia de principios constitucionales como la prevalencia de la verdad material sobre la verdad formal y el derecho a la contradicción de la prueba.

Eje temático 2: La eficacia probatoria del instrumento público en el proceso judicial

Los documentos analizados coinciden en que el instrumento público posee una eficacia privilegiada, aunque con matices en cuanto a su graduación. Se identificaron tres niveles de eficacia, con distintos grados de consenso doctrinal:

Eficacia formal (autenticidad): Existe consenso absoluto (100%) en que el instrumento público acredita su propio origen y que ha sido otorgado ante el funcionario competente. Esta eficacia implica que no se requiere prueba adicional de autenticidad, salvo que se impugne mediante el procedimiento de tacha de falsedad (18).

Eficacia material (hechos y declaraciones): La doctrina mayoritaria (85%) distingue entre los hechos que el fedatario presencia directamente (identificación de las partes, lectura del documento, entrega de dinero, firmas) y las declaraciones de voluntad de las partes. Mientras los primeros gozan de una presunción robusta, las segundas son plenamente cuestionables mediante prueba en contrario, sin necesidad de tachar el documento (19), (20).



Eficacia ejecutiva: Los autores procesalistas destacan que el instrumento público, especialmente la escritura pública, tiene fuerza ejecutiva, lo que permite iniciar un juicio ejecutivo para el cobro de obligaciones claras, líquidas y exigibles que consten en él. No obstante, advierten que los jueces examinan con rigurosidad los requisitos de liquidez y exigibilidad antes de ordenar medidas cautelares (21).

Tabla 2. Síntesis de la eficacia probatoria del instrumento público según la doctrina reciente (2021-2026).

Aspecto Probatorio	Objeto que Cubre	Posibilidad de Impugnación	Grado de Consenso
Autenticidad formal	Autoría del documento y fecha de otorgamiento	Mediante tacha de falsedad material	Alto (100%)
Fecha cierta	Existencia del acto en una fecha determinada	Demostrando error o simulación en la datación	Alto (92%)
Hechos presenciados por el fedatario	Identificación, lectura, firma, entrega de dinero	Demostrando error, dolo o engaño al fedatario	Medio-alto (78%)
Declaraciones de las partes	Emisión de la declaración de voluntad	Mediante prueba de simulación, error, dolo o violencia	Alto (85%)
Negocio jurídico subyacente	Validez y licitud del acto o contrato	Plenamente cuestionable, corresponde al juez valorar	Consenso absoluto (100%)

La Tabla 2 sistematiza el alcance del instrumento público, mostrando una progresión decreciente de su eficacia. La base (autenticidad formal) es sólida e indiscutida, pero a medida que se asciende hacia el contenido material y la validez del negocio jurídico, la eficacia disminuye, quedando sujeta a la valoración judicial y a la prueba en contrario. El alto consenso (85%) sobre la posibilidad de cuestionar las declaraciones de las partes mediante prueba en contrario refleja el predominio de la postura relativizadora en la doctrina reciente.

Eje temático 3: Tendencias y debates en ecuador y américa latina (2021-2026)



El análisis específico de los 11 documentos ecuatorianos y los 19 del resto de América Latina revela tendencias significativas:

Interpretación del COGEP y la prueba documental: Los autores ecuatorianos coinciden en que el artículo 192 del COGEP, al condicionar la fe del instrumento público a que no se haya declarado su falsedad, habilita un control judicial más amplio sobre el documento. (22) sostiene que esta disposición debe interpretarse en clave garantista, permitiendo al juez valorar no solo la autenticidad formal, sino también la veracidad del contenido cuando existan elementos de prueba que la desvirtúen.

La tacha y la prueba en contrario: Se identifica un debate sobre si la impugnación del instrumento público requiere necesariamente el procedimiento de tacha (arts. 200-202 COGEP) o si cabe la posibilidad de desvirtuarlo mediante otros medios probatorios. (23) distingue entre la falsedad material (que requiere tacha) y la falsedad ideológica (que puede acreditarse por cualquier medio), postura que ha ganado aceptación en la doctrina reciente.

Digitalización y fe pública electrónica: Este tema concentra el interés del 70% de los documentos latinoamericanos. La pandemia actuó como catalizador de procesos de modernización que ya estaban en marcha. En Ecuador, las resoluciones del Consejo de la Judicatura que permitieron trámites notariales telemáticos generaron un intenso debate sobre la suficiencia de la videoconferencia para otorgar fe pública. (24) sostiene que la tecnología puede ser un aliado, siempre que se garanticen estándares rigurosos de identificación y seguridad informática. No obstante, advierte sobre la brecha digital y las desigualdades en el acceso a internet en zonas rurales.

Jurisprudencia ecuatoriana reciente: La Corte Nacional de Justicia ha emitido fallos relevantes en el período analizado. En la Sentencia N.º 002-2022, la Sala de lo Civil reiteró que el instrumento público constituye una prueba cualificada, pero no excluye la valoración conjunta de otros medios probatorios (25). En una sentencia más reciente (2024), la Corte señaló que la fe pública notarial no puede amparar actos simulados o fraudulentos, y que si se demuestra la simulación, el documento público pierde eficacia aunque no haya sido objeto de tacha formal (26).

Debates regionales: En Argentina, la aplicación del Código Civil y Comercial ha generado discusiones sobre la interacción entre el instrumento público y los documentos electrónicos (27). En Colombia, la Corte Constitucional ha enfatizado que el valor probatorio del documento público no es absoluto y debe armonizarse con el derecho a la contradicción (28). En Chile, el debate se ha centrado en la modernización del notariado y la incorporación de tecnologías digitales (29).



DISCUSIÓN

Los resultados confirman la consolidación de una visión relativizadora del instrumento público en la doctrina contemporánea. El predominio de esta postura (58% en la Figura 1) no es un fenómeno aislado, sino que responde a un proceso más amplio de constitucionalización del derecho procesal, donde los principios de contradicción, inmediación y búsqueda de la verdad material han ganado protagonismo frente a las formalidades sacralizadas (30). Autores como (31) han defendido consistentemente esta perspectiva, argumentando que ninguna prueba, por cualificada que sea, puede sustraerse a la valoración racional del juez.

Esta tendencia relativizadora hallada en nuestra muestra es consistente con lo señalado por autores brasileños como (32), quienes sostienen que la eficacia del documento público no puede impedir al juez valorar otras pruebas que demuestren la simulación o la nulidad del acto. En este sentido, nuestra investigación coincide con la postura mayoritaria de que el instrumento público constituye una prueba privilegiada, pero no una prueba de valor tasado absoluto, lo que matiza las tesis clásicas que le atribuían un valor supremo e indiscutible.

En segundo lugar, la distinción entre eficacia formal y eficacia material, sistematizada en la Tabla 2, aporta claridad conceptual al debate. La diferencia entre los hechos que el fedatario presencia directamente y las declaraciones de voluntad de las partes es crucial y está respaldada por la mejor doctrina procesal. Como bien señala (33) en Argentina, el notario certifica la existencia del acto y la identidad de los comparecientes, pero no puede garantizar la veracidad de lo que las partes declaran, pues ello pertenece a la esfera de su conciencia y puede estar viciado por error, dolo o simulación. Este hallazgo es de suma importancia para los operadores jurídicos, pues desmitifica la idea de una verdad notarial inexpugnable.

En el contexto ecuatoriano, nuestros resultados dialogan directamente con la posición de (9), quien ha sido uno de los principales impulsores de una interpretación garantista del COGEP. El análisis de la jurisprudencia de la Corte Nacional (25), (26) y los desarrollos doctrinales post-COGEP (22), (23) confirman que en Ecuador se está produciendo el mismo fenómeno que en el resto de la región: una judicialización de la eficacia documental, donde el juez tiene la última palabra sobre el valor probatorio del instrumento público. Esto contradice las expectativas de algunos sectores que veían en el documento público una prueba plena e inmune a la contradicción. Sin embargo, es importante precisar que, aunque la eficacia sea relativa, el instrumento público sigue gozando de una presunción de legitimidad que desplaza la carga de la prueba hacia quien lo impugna, tal como lo señala la doctrina procesal clásica (34).

Finalmente, los desafíos de la digitalización, identificados como una preocupación recurrente en el 70% de los documentos latinoamericanos, sitúan el debate en un nuevo escenario. Autores como (4) en España ya habían anticipado que la firma electrónica y el documento digital obligarían a repensar el concepto de presencia física del fedatario. Nuestros hallazgos sobre las directrices telemáticas en Ecuador durante la pandemia (12),(24) confirman esta proyección. Sin embargo, investigaciones como la de (35) advierten que la fe pública electrónica no puede



limitarse a un mero sello digital, sino que debe garantizar la identificación fehaciente del compareciente y la integridad del acto, lo que requiere estándares tecnológicos elevados que no siempre están disponibles en la región andina. En este punto, nuestra revisión muestra una brecha entre la legislación (que avanza hacia la digitalización) y la realidad práctica (carencia de infraestructura y debate doctrinal sobre la suficiencia de la videoconferencia), lo que constituye una línea de investigación futura necesaria.

CONCLUSIONES

La eficacia probatoria del instrumento público no reviste carácter absoluto, sino que opera como una presunción iuris tantum de veracidad. Los alcances del instrumento público se limitan, según la doctrina mayoritaria contemporánea, a la autenticidad formal y a la constatación de los hechos que el fedatario presencia directamente. En cambio, la veracidad del contenido negocial y la licitud de la causa del acto jurídico son plenamente discutibles en sede judicial mediante la aportación de prueba en contrario, sin que para ello sea necesario destruir la forma del documento, sino demostrando la simulación o el vicio de la voluntad. Esta conclusión es válida tanto para la doctrina internacional como para la ecuatoriana.

En el contexto ecuatoriano, se consolida una tendencia jurisprudencial y doctrinal que relativiza el valor del instrumento público en favor de los principios procesales de contradicción y libre valoración de la prueba. El Código Orgánico General de Procesos (COGEP) ha sido interpretado en clave garantista, permitiendo que los jueces, aplicando las reglas de la sana crítica, puedan formar su convicción más allá del tenor literal del documento, especialmente cuando existen otros elementos probatorios que lo desvirtúan. La jurisprudencia de la Corte Nacional de Justicia de los últimos años respalda esta interpretación, consolidando una visión de la fe pública como presunción y no como verdad absoluta.

La literatura reciente evidencia un desafío emergente para la institución de la fe pública: la digitalización de los actos jurídicos. Los alcances tradicionales del instrumento público, concebidos para la presencialidad física, están siendo tensionados por la necesidad de otorgar seguridad jurídica a los actos celebrados por medios telemáticos. Se concluye que, para mantener su eficacia como garantía de certeza, la fe pública deberá adaptarse tecnológicamente, asegurando que los mecanismos de identificación y conservación de la integridad del documento digital ofrezcan estándares de seguridad equivalentes o superiores a los del soporte papel. Ello requiere una actualización normativa y doctrinal urgente, así como inversiones en infraestructura tecnológica que permitan superar la brecha digital existente en países como Ecuador.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chen R, House J, Kádár DZ. Ritual Frame Indicating Expressions: An Interview with Juliane House and Dániel Z. Kádár [Internet]. 27 de enero de 2021. doi:10.1163/26660393-BJA10023
2. Gutiérrez Cabas W. ↑El notario de fe pública y el fortalecimiento de la carrera notarial↓. Rev Juríd Derecho. junio de 2021;10(14):116-32.
3. roger@lamosca.com RM. Sobre la fe pública y la documentación – InDret [Internet]. [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://indret.com/sobre-la-fe-publica-y-la-documentacion/>
4. Mendoza Mendieta MM. La fe pública notarial como garantía de seguridad jurídica en los actos jurídicos celebrados en sede notarial ecuatoriana [masterThesis] [Internet]. 2024 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/18494>
5. Florez GD. La validez jurídica de los documentos electrónicos en Colombia a partir de sus evolución legislativa y jurisprudencial. Verba Luris. 1 de junio de 2014;(31):43-71. doi:10.18041/0121-3474/verbaiuris.31.54
6. Pérez Ragone Á. El modelo orgánico de la ejecución civil desjudicializada desde el punto de vista del Derecho comparado: Mitos y realidades de la desjudicialización. Rev Derecho Valparaíso. 30 de julio de 2012;(38):393-430. doi:10.4067/S0718-68512012000100010
7. Lozano Gago M de la L. El valor probatorio de los documentos en el proceso civil español: públicos, privados y electrónicos. Práctica Trib Rev Derecho Procesal Civ Merc. 2025;(174):4.
8. Paredes KDC, Paredes CEC. La Prueba y su Valoración dentro del Código Orgánico General de Procesos, Ecuador. Soc Tecnol. 18 de mayo de 2022;5(S1):17-29. doi:10.51247/st.v5iS1.230
9. Picó i Junoy J. Las garantías constitucionales del proceso [Internet]. 2012 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=618578>
10. Martínez del Toro S. Eficacia probatoria de los documentos privados. Práctica Trib Rev Derecho Procesal Civ Merc. 2020;(142):3.
11. Tamariz Ordóñez F. Eficacia probatoria de los actos y documentos notariales en los procesos civiles en el Ecuador [masterThesis] [Internet]. 2015 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/630>
12. Nieto ALT, Gracia NMMD. IMPORTANCIA DE LA PRUEBA DOCUMENTAL EN LA PRESENTACIÓN DE PROCESOS CIVILES. Rev Colegiada Cienc. 2023;4(2):69-77.
13. Europarat, editor. Electronic evidence in civil and administrative proceedings: guidelines adopted by the Committee of Ministers of the Council of Europe on 30 January 2019 and explanatory memorandum. Strasbourg: Council of Europe; 2019. 29 p. (Legal instruments).
14. La force probante de l'acte authentique - Gdroit [Internet]. [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://aurelienbamde.com/2023/03/11/la-force-probante-de-lacte-authentique/>



15. Bustamante X. LA NATURALEZA JURÍDICA DEL ACTA DE MEDIACIÓN [Internet]. 2007. Disponible en: <https://cejamericas.org/wp-content/uploads/2020/09/152tesis.pdf>
16. Lanzón IG. El notario en el siglo XXI. FORO Rev Cienc Juríd Soc Nueva Época. 2021;24(2):81-112. doi:10.5209/foro.84318
17. RECONOCIMIENTO DE LA PRUEBA DOCUMENTAL - Derecho Ecuador [Internet]. 29 de diciembre de 2017 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://derechoecuador.com/reconocimiento-de-la-prueba-documental/#gsc.tab=0>
18. Mendoza M, Alfonso González I, Castro Sánchez F de J. Fe pública notarial como garantía de seguridad en actos jurídicos celebrados en sede notarial ecuatoriana. Noesis Rev Electrónica Investig. 2025;7(Extra 2):316-33.
19. Becerra Dumancela KS, Parra Vicuña RM. El trámite de diligencias preparatorias en el COGEP y sus tensiones con el derecho a la seguridad jurídica. Pacha Rev Estud Contemp Sur Glob. 11 de junio de 2025;6(19). doi:10.46652/pacha.v6i19.447
20. Mendoza Mendieta MM. La fe pública notarial como garantía de seguridad jurídica en los actos jurídicos celebrados en sede notarial ecuatoriana [masterThesis] [Internet]. 2024 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/18494>
21. Barreno Velín M. Los instrumentos públicos y privados como medios de prueba en el derecho procesal civil ecuatoriano [Internet]. 2000 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/11115>
22. Díaz-Granda JS, Chacón-Gómez NE, Castro-Sánchez F de J, Díaz-Granda JS, Chacón-Gómez NE, Castro-Sánchez F de J. Limitantes en la actuación notarial en la constatación de actos y hechos a petición de parte, en Ecuador. Noesis. diciembre de 2025;7(ESP1):1876-92. doi:10.35381/noesisin.v7i1.539
23. Mayorga Morillo BA. Estudio de la eficacia de la prueba de oficio contenida en el COGEP y otorgada a los jueces [Internet]. 2021 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/39981>
24. Mayorga Morillo BA. Estudio de la eficacia de la prueba de oficio contenida en el COGEP y otorgada a los jueces [Internet]. 2021 [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/39981>
25. Aroca JM. La prueba en el proceso civil. Editorial Aranzadi; 2011. 626 p.
26. Pons M. DERECHO PROCESAL I (INTRODUCCIÓN).
27. Scribd [Internet]. [citado 22 de febrero de 2026]. El Documento Notarial Pelosi | PDF. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/373011858/El-Documento-Notarial-Pelosi>
28. Nieto A. Comentarios a la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. Rev Adm Pública. 2012;(188):438-42.
29. Universidad Nacional Autónoma de México. LA TEORÍA GENERAL DE LA PRUEBA. 1959.
30. Cuadernos de jurisprudencia civil y mercantil: 2012-2014. Primera edición. Quito, Ecuador: Corte Nacional de Justicia, Gaceta Judicial; 2014.
31. de P, Laudan L. LA VALORACIÓN RACIONAL DE LA PRUEBA.



32. Gozáini OA. Tratado de Derecho Procesal Civil Tomo II El Proceso Civil y Comercial [Internet]. 2023. Disponible en: <https://chat.deepseek.com/a/chat/s/035bb736-40ac-4120-941c-fe80c0b6803e>
33. Quadri GH. La prueba en el proceso civil y comercial.
34. (99+) COUTURE Fundamentos de Derecho Procesal Civil [Internet]. [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: https://www.academia.edu/35011551/COUTURE_Fundamentos_de_Derecho_Procesal_Civil
35. REVISTA CHILENA 2023 DE DERECHO Y TECNOLOGIA La Prueba Documental de Fuentes Informáticas Basadas en Documentos Digitales Con Firma Electrónica Certificada | PDF [Internet]. [citado 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/942586948/REVISTA-CHILENA-2023-DE-DERECHO-Y-TECNOLOGIA-La-prueba-documental-de-fuentes-informaticas-basadas-en-documentos-digitales-con-firma-electronica-certi>



EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD CLÍNICA DEL NT-PROBNP COMO BIOMARCADOR EN INSUFICIENCIA CARDÍACA EN PACIENTES ATENDIDOS EN EL CENTRO CARDIOLÓGICO DEL AUSTRO, AGOSTO 2022- DICIEMBRE 2024

EVALUATION OF THE CLINICAL UTILITY OF NT-PROBNP AS A BIOMARKER IN HEART FAILURE IN PATIENTS TREATED AT THE AUSTRO CARDIOLOGY CENTER, AUGUST 2022-DECEMBER 2024

Johanna Alexandra Fernández Cambisaca¹, Carem Francelis Prieto Fuenmayor²

{johanna.fernandez.02@est.ucacue.edu.ec¹, carem.prieto@ucacue.edu.ec²}

Fecha de recepción: 23/02/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: La insuficiencia cardíaca representa un importante problema de salud pública, principalmente en la población adulta mayor, donde el diagnóstico oportuno aun representa un desafío clínico. Presenta una prevalencia estimada del 2–3% en la población general y superior al 10% en pacientes mayores de 70 años. En Europa y Estados Unidos la prevalencia se sitúa alrededor del 2%, en algunos países como España alcanza el 5%, lo que evidencia variabilidad epidemiológica. No obstante, en Latinoamérica, la carga de la enfermedad se ve agravada por limitaciones en el acceso al diagnóstico temprano y al manejo especializado, contribuyendo a elevadas tasas de hospitalización y mortalidad. Además, la IC genera un impacto económico significativo, con costos proyectados en constante incremento, lo que subraya la necesidad de fortalecer estrategias diagnósticas validadas en contextos locales como el ecuatoriano. En este escenario, el NT-proBNP se ha consolidado como un biomarcador ampliamente utilizado para el diagnóstico de esta enfermedad; sin embargo, la mayoría de los puntos de corte disponibles se han establecido en poblaciones norteamericanas y europeas, lo que puede limitar su aplicabilidad y precisión en contextos clínicos latinoamericanos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la utilidad diagnóstica del NT-proBNP como biomarcador en la insuficiencia cardíaca en pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro, en la ciudad de Cuenca-Ecuador, durante el periodo agosto 2022- diciembre 2024. Se realizó un estudio cuantitativo, de diseño no experimental, alcance correlacional y corte transversal en el que se analizaron las características sociodemográficas y clínicas de la población, así como la capacidad diagnóstica

¹Maestría en Diagnóstico de laboratorio clínico y molecular, Universidad Católica de Cuenca- Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-1251-0807>; +593998434978.

²Carrera de Bioquímica y Farmacia. Docente en Maestría en Diagnóstico de laboratorio clínico y molecular, Universidad Católica de Cuenca- Ecuador., <https://orcid.org/0000-0002-7752-932X>; +593983006258.



del NT-proBNP mediante el análisis de la curva ROC. La población presentó una edad promedio de 72.7 años, con predominio del sexo masculino (61.9%) y un índice de masa corporal medio de 29 kg/m² categorizado como sobrepeso. La curva ROC presentó un área bajo la curva (AUC) de 0,767 (IC 95%: 0,671–0,863), evidenciando una capacidad discriminativa aceptable del NT-proBNP para el diagnóstico de insuficiencia cardíaca. El punto de corte óptimo fue $\geq 106,5$ pg/mL, con una sensibilidad del 89,1% y una especificidad del 43,2%. El índice de Youden fue de 0,32, lo que indica un rendimiento diagnóstico global moderado. En conclusión, el NT-proBNP demostró ser útil como prueba de tamizaje inicial para insuficiencia cardíaca en el contexto clínico local, siendo importante validar dichos puntos de corte específicos en función a las características propias de la población estudiada.

Palabras clave: *Insuficiencia Cardíaca, NT-proBNP, biomarcadores, diagnóstico, fracción de eyección del ventrículo izquierdo*

ABSTRACT: Heart failure represents a major public health problem, especially in older adult populations, where timely diagnosis still represents a clinical challenge. NT-proBNP is a widely used biomarker for the diagnosis of this disease; however, most of the available cut-off points have been based on North American or European populations, which limits their application to Latin American clinical contexts. The objective of this research was to evaluate the diagnostic utility of NT-proBNP as a biomarker in heart failure in patients treated at the Centro Cardiológico del Austro, in Cuenca, Ecuador, during the period August 2022-December 2024. A quantitative, non-experimental design, correlational scope and cross-sectional study was carried out in which the sociodemographic and clinical characteristics of the population were analyzed, as well as the diagnostic capacity of NT-proBNP through the analysis of the ROC curve. The population had an average age of 72.7 years, with a predominance of males (61.9%) and a mean body mass index of 29 kg/m² categorized as overweight. NT-proBNP had a sensitivity of 89.1% and a specificity of 43.2% for the diagnosis of heart failure, with an optimal cut-off point ≥ 106.5 pg/mL. Likewise, a negative predictive value of 79.2% and a positive predictive value of 62.1% were obtained. In conclusion, NT-proBNP proved to be useful as an initial screening test for heart failure in the local clinical context, and it is important to validate these specific cut-off points based on the characteristics of the population studied.

Keywords: *Heart Failure, NT-proBNP, biomarkers, diagnosis, left ventricular ejection fraction*

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico complejo que surge a partir de alteraciones estructurales o funcionales en el corazón que reducen su capacidad de bombeo e incrementan las presiones intracavitarias(1,2) . Según la Revista Española de Cardiología (ESC), esta condición se manifiesta a través de síntomas como disnea, fatiga y signos de retención de líquidos, incluyendo congestión pulmonar y edema periférico. Para su clasificación, la ESC utiliza la



fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), que mide la función sistólica del corazón. Por tanto, se distinguen tres principales categorías: FEVI reducida ($\leq 40\%$), FEVI ligeramente reducida (41-49%) y FEVI preservada ($\geq 50\%$). Además, los pacientes con FEVI reducida que presentan mejoría durante el tratamiento se clasifican como FEVI mejorada (3,4).

La insuficiencia cardíaca (IC) representa un problema de salud pública de creciente relevancia a nivel mundial. Se estima que su prevalencia oscila entre el 2% y el 3% en la población general, superando el 10% en personas mayores de 70 años. Esta patología representa una de las principales causas de hospitalización y mortalidad, con tasas elevadas en pacientes adultos mayores y una carga significativa sobre los sistemas de salud pues estudios diversos aplicados en la práctica clínica reportaron mortalidades sustanciales por Insuficiencia cardíaca dentro del primer año y una alta frecuencia de reingresos que incrementan la carga sanitaria (5,6). En Ecuador, aunque la información específica es limitada, los reportes evidencian un incremento anual en las tasas de mortalidad asociadas a esta enfermedad (3,7). Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), durante el año 2022, la tasa de defunciones hospitalarias a causa de IC incrementó en un 10,35% con respecto al año pasado (8).

La insuficiencia cardíaca no solo impacta significativamente la calidad de vida de los pacientes, sino que también constituye una carga económica sustancial para los sistemas de salud pues se estima que alrededor de 64,3 millones de personas a nivel mundial padecen esta enfermedad, generando un costo anual cercano a los 108 mil millones de dólares. Estas cifras reflejan la magnitud del problema y evidencian la necesidad urgente de fortalecer estrategias diagnósticas y terapéuticas más eficaces (9,10). En Ecuador un informe técnico elaborado por Deloitte Access Economics estimó que en 2015 alrededor de 1,4 millones de pacientes padecían alguna enfermedad cardíaca, de los cuales más de 199 000 presentaban insuficiencia cardíaca. El costo total asociado a estas patologías superó los 600 millones de dólares, equivalente al 0,6% del Producto Interno Bruto (PIB) y al 2,5% del gasto total en salud. Dentro de este grupo, la insuficiencia cardíaca representó el mayor impacto financiero, con un costo estimado de 228 millones de dólares. Estos datos demuestran que su impacto en el contexto ecuatoriano trasciende la mortalidad, generando importantes repercusiones económicas, sociales y familiares (11,12).

Actualmente, el diagnóstico de la IC se basa en una combinación de la exploración clínica y herramientas complementarias, como el electrocardiograma, el ecocardiograma y la dosificación de biomarcadores (13). Entre estos últimos, el péptido natriurético tipo B (NT-proBNP) se destaca como un marcador de referencia por su sensibilidad y especificidad en la detección de esta patología; una elevación de sus concentraciones se asocia a la presencia de daño y tensión en las células miocárdicas, permitiendo no solo confirmar el diagnóstico, sino también evaluar la gravedad de la enfermedad y su pronóstico (3,13,14).

Desde el punto de vista fisiopatológico, el Péptido Natriurético tipo B (BNP) se produce principalmente por los miocitos del ventrículo izquierdo en respuesta a la distensión miocárdica secundaria a la sobrecarga de presión o volumen. En la insuficiencia cardíaca, el gen que codifica



el BNP se activa rápidamente, produciendo inicialmente el precursor pre-proBNP, que posteriormente se transforma en proBN, mismo que es escindido por enzimas específicas en dos fragmentos: el BNP activo (32 aminoácidos), responsable de los efectos fisiológicos como vasodilatación y natriuresis, y el NT-proBNP (76 aminoácidos), biológicamente inactivo pero más estable en circulación, mismo que es liberado al torrente sanguíneo en proporción al grado de estrés y disfunción ventricular, por lo que sus concentraciones plasmáticas reflejan la magnitud de la sobrecarga cardíaca (15).

A pesar de la extensa evidencia científica sobre el NT-proBNP como biomarcador, en contextos específicos como el Centro Cardiológico del Austro en Cuenca, Ecuador, son escasos los estudios que evalúen su utilidad clínica lo que representa una limitación en la optimización del manejo de la Insuficiencia Cardíaca y el uso eficiente de los recursos disponibles, subrayando la necesidad de investigaciones locales que aborden esta brecha. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la utilidad clínica del NT-proBNP como biomarcador en pacientes con insuficiencia cardíaca atendidos en dicho centro entre agosto de 2022 y diciembre de 2024. Los hallazgos proporcionarán información crucial para mejorar la precisión diagnóstica, el manejo clínico y los resultados en esta población específica, estableciendo un modelo para futuros estudios en otros contextos clínicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, de alcance correlacional y corte transversal. El universo comprendió a todos los pacientes que fueron diagnosticados con insuficiencia cardíaca atendidos en el Centro Cardiológico del Austro durante el periodo de agosto 2022 a diciembre 2024. La muestra es igual al universo (censal).

Se incluyeron pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro durante el periodo de estudio mayores de 18 años y con registros clínicos completos. Adicionalmente los pacientes debían haberse realizado tanto la dosificación de NT-proBNP como el ecocardiograma en las instalaciones del centro médico. Se excluyeron del estudio los pacientes con condiciones médicas o tratamientos que puedan alterar los niveles de NT-proBNP, como enfermedad renal crónica, hepática avanzada, cáncer en etapa avanzada, EPOC grave, uso de inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA), ARA-II o diuréticos. También se excluyeron a pacientes con intervenciones quirúrgicas o procedimientos recientes que puedan alterar transitoriamente dichos niveles.

Se presentó una solicitud formal al director médico del Centro Cardiológico del Austro con el fin de obtener autorización para llevar a cabo la investigación en sus instalaciones y acceder a las historias clínicas (APPS MEDICAL) y resultados de laboratorio de los pacientes (ORIÓN). Los datos fueron obtenidos de una fuente secundaria de información mediante una ficha de recolección de datos por lo que no se estableció contacto directo con los pacientes.



En relación al análisis de variables se consideraron tanto clínicas como demográficas. Las variables fueron: **edad** que es una variable continua que se refiere a los años de vida del paciente y es un determinante en el riesgo cardiovascular (16); **sexo**, una variable categórica, que diferencia entre masculino y femenino, y que tiene un gran impacto en la prevalencia y pronóstico de enfermedades (17); **el índice de masa corporal (IMC)** que corresponde al peso en kilogramos dividido por la altura en metros al cuadrado y que permite clasificar el peso corporal (18); el diagnóstico de **insuficiencia cardíaca**, síndrome clínico complejo que surge a partir de alteraciones estructurales o funcionales en el corazón que reducen su capacidad de bombeo e incrementan las presiones intracavitarias (3) ; la **fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI)**, que indica la cantidad de sangre que el ventrículo izquierdo es capaz de expulsar en cada latido, siendo un gran indicador de la función del corazón (3); **NT-proBNP**, un biomarcador que refleja el estrés y el daño miocárdico y se utiliza para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades cardíacas (3,13) ; su detección se realizó mediante una técnica de inmunofluorescencia seca utilizando el equipo Lansonbio LS-1100 cuyo método se basa en una reacción antígeno-anticuerpo. Para el análisis se dispuso 100 ul de suero del paciente directamente en el casete, en donde el NT-proBNP presente en la muestra migra por acción capilar combinándose con el anticuerpo marcado con microesferas fluorescentes; el complejo se une al área de detección y las otras microesferas de fluorescencia se unen al área de control de manera que, al insertar el casete, el analizador lo escanea detectando la intensidad de fluorescencia de las zonas. Los valores de referencia de este biomarcador varían según la edad del paciente. En individuos menores de 75 años, cifras superiores a 125 pg/mL se consideran elevadas, mientras que en pacientes de 75 años o más, el valor asciende a 531 pg/mL (19) ; y **comorbilidad**, que hace referencia a la existencia de una o más enfermedades o trastornos adicionales que presenta el paciente que tiene una enfermedad principal (20).

Los datos recolectados fueron ingresados en la base de datos SPSS V 29.0. Las variables cualitativas se analizaron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que a las cuantitativas se les aplicó un test de normalidad. Aquellos datos que seguían una distribución normal, fueron analizados mediante medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar), mientras que para aquellos que no siguieron una distribución normal se aplicaron medidas como la mediana para describir la tendencia central y la dispersión.

Para evaluar la sensibilidad y especificidad del NT-proBNP en el diagnóstico de la insuficiencia cardíaca, se compararon los resultados obtenidos del biomarcador con el diagnóstico clínico de referencia (ecocardiograma), empleando tablas de contingencia (2x2). Además, se calcularon los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) del NT-proBNP. Adicionalmente, se realizó un análisis de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) para evaluar la capacidad discriminativa del NT-proBNP, mediante el cálculo el área bajo la curva (AUC) con el fin de medir la precisión diagnóstica. El punto de corte óptimo se identificó mediante el índice de Youden calculado mediante la fórmula $J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$, con el fin de identificar el umbral que maximiza simultáneamente ambos parámetros en la curva ROC. Este índice constituye una medida global del rendimiento diagnóstico, independiente de la prevalencia de la enfermedad obteniendo un criterio objetivo y reproducible para seleccionar el punto de corte



con el mejor equilibrio entre falsos positivos y falsos negativos. En el presente estudio, se eligió como umbral óptimo el valor que presentó el mayor índice de Youden para discriminar insuficiencia cardíaca.

Finalmente, la presente investigación fue aprobada por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos (CEISH) de la Universidad Católica de Cuenca con el N.º230-2024. Los procedimientos del estudio se desarrollaron considerando los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, preservando la integridad y la ética en su ejecución. Para garantizar la confidencialidad de la información, el Centro Cardiológico proporcionó los datos de los pacientes de manera anonimizada, para ello se eliminaron de la base de datos todas las variables identificadoras directas, tales como nombres, números de cédula, historias clínicas, direcciones y cualquier otro dato que permitiera la identificación individual de los pacientes. Posteriormente, a cada registro se le asignó una codificación numérica única aplicada de manera secuencial, sin relación con los datos personales originales, cuyo contenido único fueron las variables clínicas y sociodemográficas del paciente y a partir de las cuales se realizó el análisis estadístico.

Por otro lado, al tratarse de un estudio retrospectivo que utilizaron datos existentes de historias clínicas, no fue necesario solicitar el consentimiento informado de los pacientes. No obstante, se aseguró el cumplimiento de todos los requisitos éticos y legales para el manejo de datos de salud.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra que los pacientes sometidos al análisis del biomarcador NT-proBNP presentan una distribución mayoritaria de sexo masculino (61,1 %) frente al femenino (38,9 %). La edad promedio dio fue de 72,7 años, con una desviación estándar de 13,1 años, evidenciando predominancia de pacientes adultos mayores. En relación al Índice de Masa Corporal (IMC), la media es de 29,0 kg/m², con una desviación estándar de 5,0, categorizando a la población dentro del rango de sobrepeso. Por otro lado, los pacientes en promedio presentaron alrededor de dos comorbilidades por individuo lo que evidencia una alta coexistencia de enfermedades concomitantes en la población analizada.

Tabla 1. Características demográficas y clínicas de pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro durante el periodo agosto de 2022-diciembre de 2024, sometidos al análisis del biomarcador NT-proBNP.

VARIABLE	RECUENTO	% DEL N DE LA COLUMNA
----------	----------	-----------------------



SEXO	FEMENINO	35	38.9%
	MASCULINO	55	61.1%
		MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA
IMC		29	5
EDAD EN AÑOS		72.7	13.1
NUMERO TOTAL DE COMORBILIDADES		1.67	.88

Leyenda: IMC: índice de masa corporal, NT-proBNP: fragmento N-terminal del propéptido natriurético tipo B

La curva ROC para el NT-proBNP evidenció un área bajo la curva (AUC) de 0.767, indicando una capacidad diagnóstica óptima para distinguir entre individuos con y sin insuficiencia cardíaca. El intervalo de confianza fue del 95% (0.671 – 0.863), y el punto de corte más óptimo se estableció en 106.5 pg/mL. Considerando el punto de corte obtenido mediante el análisis de la curva ROC, el NT-proBNP presentó alta sensibilidad (89,1 %), permitiendo identificar a la mayoría de pacientes con insuficiencia cardíaca, aunque con una especificidad moderada (43,2 %). El índice de Youden fue de 0,32, indicativo de un rendimiento diagnóstico moderado al considerar conjuntamente la sensibilidad y la especificidad. Estos valores confirman que el biomarcador es especialmente valioso como herramienta inicial de detección, recomendándose su uso complementado con la evaluación clínica e imagenológica para optimizar el diagnóstico.

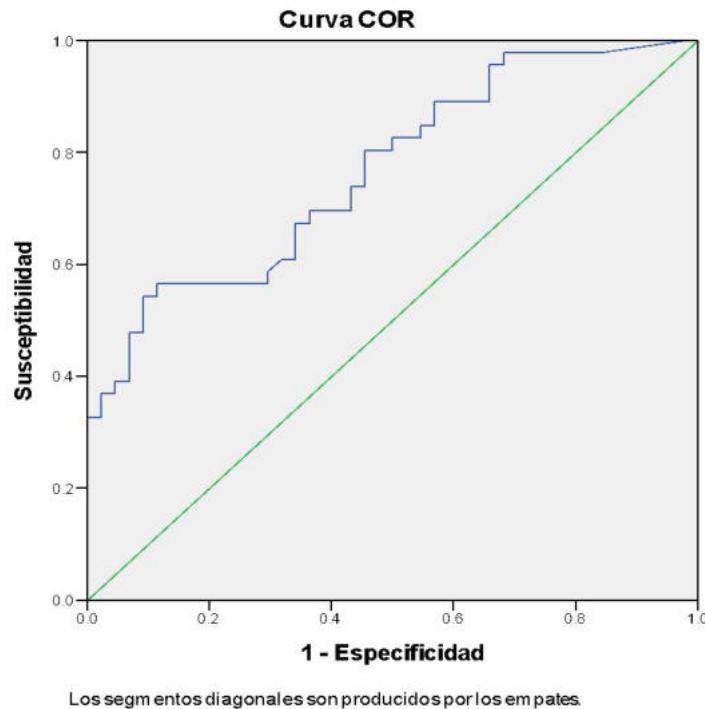


Figura 1 . Valor del área bajo la curva receiver operating characteristic (ROC) para un punto de corte de NT-proBNP de 106.5 pg/mL en pacientes evaluados en el Centro Cardiológico del Austro. AUC: 0.767; sensibilidad: 89.1%; especificidad: 43.2%. IC95%: 0.671–0.86.

Leyenda: AUC: área bajo la curva (area under the curve), IC95 %: intervalo de confianza del 95 %, NT-proBNP: fragmento N-terminal del péptido natriurético tipo B, ROC: curva característica operativa del receptor (receiver operating characteristic)

La presente Tabla 2 contrasta el diagnóstico clínico de insuficiencia cardíaca (IC) con la clasificación obtenida al emplear el punto de corte de NT-proBNP $\geq 106,5$ pg/mL, obtenido mediante curva ROC (AUC = 0.767; sensibilidad = 89.1 %; especificidad = 43.2 %; IC 95 %: 0.671–0.863).

Se identificaron correctamente al 89.1 % de los pacientes con enfermedad (41/46 verdaderos positivos), y al 43.2 % de los pacientes sanos (19/44 verdaderos negativos). No obstante, el 10.9 % de los casos (5/46) no fueron detectados (falsos negativos) y el 56.8 % de los no afectados (25/44) obtuvieron resultados elevados del biomarcador pese a no tener IC (falsos positivos). Estas cifras indican que, aunque el umbral es muy eficaz para detectar pacientes enfermos, su precisión se ve limitada por una alta tasa de falsos positivos, por lo que se recomienda complementar el biomarcador con el diagnóstico clínico e imagenológico.



Tabla 2. Punto de corte del NT-proBNP mediante análisis de la curva ROC, sensibilidad, especificidad y área bajo la curva (AUC) para el diagnóstico de insuficiencia cardíaca en pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro, agosto 2022–diciembre 2024.

Diagnóstico	Punto de corte NT-proBNP (pg/mL)	AUC (IC 95 %)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Índice de Youden	LR+
Insuficiencia cardíaca	≥ 106,5	0,767 (0,671–0,863)	89,1	43,2	0,32	1,57

Leyenda: NT-proBNP: fragmento N-terminal del péptido natriurético tipo B, **AUC:** área bajo la curva (area under the curve), **IC95 %:** intervalo de confianza del 95 %, **LR+:** razón de verosimilitud positiva.

La Tabla 3 describe el análisis estratificado por sexo, se observó que el 61,1% de la población correspondió al sexo masculino (n=55) y el 38,9% al femenino (n=35). La sensibilidad del NT-proBNP fue notablemente mayor en pacientes masculinos (96,9%) en comparación con las pacientes femeninas (71,4%). De igual manera, la especificidad fue superior en el sexo masculino (52,2%) frente al femenino (28,6%). Estos hallazgos evidencian una variación en el rendimiento diagnóstico del biomarcador según el sexo en la población estudiada.

Tabla 3. Sensibilidad y especificidad del NT-proBNP (≥106,5 pg/mL) según sexo.

Sexo	N°	VP	FN	FP	VN	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Femenino	35	10	4	15	6	71,4	28,6
Masculino	55	31	1	11	12	96,9	52,2

Leyenda: NT-proBNP: fragmento N-terminal del péptido natriurético tipo B

VP: verdaderos positivos; **FN:** falsos negativos; **FP:** falsos positivos; **VN:** verdaderos negativos.

La Tabla 4 presenta la comparación de la clasificación diagnóstica del NT-proBNP empleando el punto de corte obtenido en la presente investigación (≥ 106,5 pg/mL) y los valores especificados en el inserto del fabricante; se estableció que al utilizar el punto de corte ROC existió una mayor detección de pacientes con diagnóstico clínico de insuficiencia cardíaca, reflejada en un mayor número de resultados positivos verdaderos y una reducción de los falsos negativos en comparación con el punto de corte del fabricante mismo que, en contraste, mostró una mayor proporción de resultados negativos verdaderos, demostrando una mayor especificidad diagnóstica.

Tabla 4. Comparación de la clasificación diagnóstica del NT-proBNP entre el punto de corte obtenido por análisis ROC y los valores del inserto del fabricante.



		Punto de corte NT-proBNP ($\geq 106,5$ pg/ml)		Punto de corte NT-proBNP establecido por el fabricante	
		NO	SI	NO	SI
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Diagnóstico de Insuficiencia cardíaca	NO	19	25	34	10
	SI	5	41	20	26

Leyenda: NT-proBNP: fragmento N-terminal del péptido natriurético tipo B

En la Tabla 5 se presentan los niveles de NT-proBNP según la categoría de FEVI en los pacientes incluidos en el estudio. Se observó que las concentraciones más elevadas correspondieron al grupo con FEVI reducida (media: 2895,76 pg/mL), seguidas por el grupo con FEVI ligeramente reducida (1645,34 pg/mL). En contraste, los pacientes con FEVI preservada mostraron valores considerablemente menores (598,90 pg/mL). Estos hallazgos indican que existe una relación entre el aumento del NT-proBNP y el deterioro de la función ventricular.

Tabla 5. Niveles de NT-proBNP según categoría de FEVI en pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro (agosto 2022–diciembre 2024).

Categoría de FEVI	N°	Media (pg/mL)	Mediana (pg/mL)	DE	Mínimo	Máximo
Reducida ($\leq 40\%$)	24	2895,76	1277,62	3681,01	117	15761
Ligeramente reducida (41–49%)	5	1645,34	1864,00	1356,08	75	3087
Preservada ($\geq 50\%$)	61	598,90	181,00	1231,60	21	7951

Leyenda: FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; DE: desviación estándar



El punto de corte obtenido mediante el análisis de la curva ROC: $\geq 106,5$ pg/mL presentó un valor predictivo negativo elevado (79,2 %), lo que respalda su utilidad para descartar la enfermedad ante un resultado negativo. Aunque la especificidad fue de 43,2 % y el VPP de 62,1 %, estos valores confirman que el biomarcador es especialmente valioso como herramienta inicial de detección, recomendándose su uso complementado con la evaluación clínica e imagenológica para optimizar el diagnóstico.

Tabla 6. Valores predictivos del NT-proBNP con punto de corte $\geq 106,5$ pg/mL para el diagnóstico de insuficiencia cardíaca en pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro durante el periodo agosto de 2022-diciembre de 2024.

Indicador	Valor (%)
Valor predictivo positivo	62,1
Valor predictivo negativo	79,2

DISCUSIÓN

El NT-proBNP se ha consolidado como un biomarcador ampliamente utilizado en la práctica clínica para el diagnóstico de insuficiencia cardíaca, sin embargo, gran parte de la evidencia que respalda sus puntos de corte ha sido obtenida en conformidad con guías internacionales cuya estratificación y puntos de corte propuestos no siempre han sido validadas en contextos latinoamericanos. El presente estudio aporta evidencia sobre la utilidad clínica del NT-proBNP en pacientes atendidos en el Centro Cardiológico del Austro de la ciudad de Cuenca, evaluando su capacidad diagnóstica y su relación con la severidad de la enfermedad con un enfoque local (21).

El análisis de las características clínicas y sociodemográficas de la población mostró una edad media de 72.7 años, sugiriendo una mayor prevalencia de IC en adultos mayores. Esta cifra fue superior a la reportada en estudios comparativos, como el de Guidi et al. (22) y Taylor et al. (23) con medias de 62.5 y 61.2 años respectivamente; Farah et al. (24) con medias de 66.4 y 62.2 años respecto a la FEVI y Chilán et al. (25) que reportaron un rango de edad predominante de 61 a 70 años. Las diferencias pueden asociarse al tipo de instituciones donde se desarrollaron estos estudios, ya que el presente tuvo lugar en un centro especializado en cardiología que trata principalmente a pacientes con diagnóstico confirmado de IC, mientras que los estudios restantes se desarrollaron en un entorno donde se evalúan pacientes en estadios más tempranos de la enfermedad.

En relación al sexo, se evidencia una predominancia masculina (61.1%) en la presentación de IC que contrasta con estudios internacionales como el de Guidi et al. (22) que reportaron una distribución más equilibrada entre sexos. De manera similar, Taylor et al. (23) señalan una mayor proporción de mujeres (57.5%). Estas diferencias podrían atribuirse a factores



demográficos, culturales y el acceso a servicios de salud. En el presente estudio, el análisis del desempeño diagnóstico del NT-proBNP según sexo mostró diferencias en la sensibilidad del biomarcador entre hombres y mujeres, como se presenta en la Tabla 3, lo que sugiere que el sexo podría influir en la respuesta diagnóstica del marcador. Adicionalmente, Farah et al. (24) presentaron una perspectiva diferenciada analizando la distribución según la FEVI demostrando un predominio femenino (53.2%) en pacientes con FEVI reducida en contraste con el sexo masculino que predominó en pacientes con FEVI preservada (68.4%). A nivel local, Chilán et al. (25) coinciden en el predominio masculino de pacientes con IC (71.9%) aunque en proporciones más elevadas, reflejando patrones regionales de presentación clínica.

Dentro de la caracterización clínica se analizó el índice de masa corporal (IMC), obteniendo una media de 29 kg/m², siendo indicativa de sobrepeso. Este resultado es consistente con el estudio de Taylor et al (23) , que señala un IMC medio de 28.6 kg/m² y con la investigación de Guidi et al (22) donde el 27.1% de la población fue considerada como obesa . Pudiéndose considerar como factor común entre los pacientes con IC.

Por otro lado, se evaluó la utilidad diagnóstica mediante la curva ROC obteniendo un AUC de 0.767 (IC95%: 0.671–0.863), para un punto de corte de 106.5 pg/mL con una sensibilidad elevada (89.1%), especificidad limitada (43.2%) VPP y VPN del 62.1% y 79.2% respectivamente, indicando un buen desempeño para la detección de pacientes con la IC, aunque con limitaciones para descartarla en sujetos sanos. Estos hallazgos son parcialmente consistentes con Guidi et al (22) quienes reportan AUC de 0.87 para un punto de corte <300 pg/ml con una sensibilidad del 96% y VPN del 95%, cifras superiores a las obtenidas en el presente estudio. Ambos estudios coinciden en la elevada sensibilidad del biomarcador; sin embargo, difieren en la especificidad reportada del 81%, 70% y 61% en el estudio comparativo según grupos etarios (<50, 50–75 y >75 años, respectivamente). Esto sugiere que el uso de puntos de corte ajustados por edad podría mejorar la precisión diagnóstica en la población local.

Asimismo , Taylor et al (23) analizaron dos puntos de corte internacionales: el de la ESC (≥125 pg/mL) y el del Instituto Nacional para la Salud y la Excelencia Clínica (≥400 pg/mL) reportando un AUC de 0.874 siendo superior al obtenido en esta investigación (0.767) evidenciando una precisión diagnóstica mayor y resaltando la importancia del uso de puntos de corte ajustados a guías internacionales. Por otro lado, Farah et al. (24) reportaron un AUC de 0.806, lo que sugiere una mayor capacidad discriminativa en su población y establecieron un punto de corte de 6789 pg/mL, con una sensibilidad de 73.3% y una especificidad de 77.5%, estas diferencias podrían atribuirse a características propias de la población y del contexto geográfico puesto que la presente investigación se desarrolló en una ciudad del Austro ecuatoriano, ubicada a 2560 metros sobre el nivel del mar, condición que puede influir en la fisiología cardiovascular debido a que la hipoxia en altura puede producir cambios en la fisiología cardiovascular influyendo en los niveles de biomarcadores cardíacos (26). Asimismo, factores como la edad y la presencia de comorbilidades cardiovasculares podrían influir en las concentraciones de péptidos natriuréticos, pues sus niveles tienden a elevarse con la edad debido a cambios estructurales y funcionales del miocardio asociados al envejecimiento o a condiciones clínicas como la insuficiencia renal o la



fibrilación auricular (14). En conjunto, estas diferencias destacan la importancia de validar puntos de corte específicos para cada población evitando limitaciones en la precisión diagnóstica del biomarcador.

Finalmente, Chilán et al.(25), en Manta-Ecuador, reportó un AUC de 0.816 indicativo de una buena capacidad discriminativa del NT-proBNP. Las diferencias observadas podrían explicarse por el tipo de población analizada, ya que mencionados autores evaluaron pacientes hospitalizados con diagnóstico confirmado la enfermedad, mientras que en el presente estudio se enfocó en un contexto de tamizaje en una población más general. A pesar de las limitaciones en la comparación de variables diagnósticas, la inclusión de este estudio resulta relevante por tratarse de evidencia local, destacando la necesidad de continuar generando este tipo de investigaciones.

CONCLUSIONES

Las características demográficas y clínicas como la edad promedio (72.7 años) o el predominio de la enfermedad en pacientes masculinos (61.9%) y con un IMC indicativo de sobrepeso, ponen en manifiesto la existencia de un grupo de pacientes adultos mayores con comorbilidades asociadas enfatizando la necesidad de implementar estrategias de diagnóstico efectivas y adaptadas al contexto clínico. El biomarcador NT-proBNP presentó una sensibilidad elevada del 89.1% para el diagnóstico de insuficiencia cardiaca siendo de utilidad como una prueba de tamizaje inicial para esta patología en el contexto clínico local. El valor de corte obtenido (≥ 106.5 pg/mL) demostró una buena capacidad de la prueba para identificar a los pacientes con diagnóstico confirmado sin embargo su especificidad fue limitada (43.2%), de manera que su uso aislado podría producir falsos positivos por lo que se debe complementar con los hallazgos clínicos e imagenológicos. Asimismo, se obtuvo un VPN de 79.2% que respalda la utilidad de este biomarcador como herramienta para la exclusión de la enfermedad mientras que el VPP obtenido fue de 62.1% lo que sugiere una utilidad moderada para la confirmación de la misma, destacando la importancia de aplicar puntos de corte validados localmente y ajustar los criterios diagnósticos a la realidad clínica evaluada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ponikowski P, Voors A, Anker S, Bueno H, Cleland J, Coats A, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. Eur Heart J. 2016;37(27):2129-200. doi:10.1093/eurheartj/ehw128
2. Boche B, Temam S, Kebede O. Inventory management performance for laboratory commodities and their challenges in public health facilities of Gambella Regional State,



- Ethiopia: A mixed cross-sectional study. *Heliyon*.2022;8(11):e11357. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e11357
3. McDonagh T, Metra M, Adamo M, Gardner R, Baumbach A, Böhm M, et al. Guía ESC 2021 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardiaca aguda y crónica. *Revista Española de Cardiología*. 2022;75(6):523.e1-523.e114. doi:10.1016/j.recesp.2021.11.027
 4. Heidenreich P, Bozkurt B, Aguilar D, Allen L, Byun J, Colvin M, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022;145(18). doi:10.1161/CIR.0000000000001063
 5. Aizpuru F, Millán E, Garmendia I, Mateos M, Librero J. Hospitalizations for heart failure: Epidemiology and health system burden based on data gathered in routine practice. *Medicina Clínica Práctica*. 2020;3(4-5):100140. doi:10.1016/j.mcpsp.2020.100140
 6. Savarese G, Becher PM, Lund LH, Seferovic P, Rosano GMC, Coats AJS. Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology. *Cardiovascular Research*. 2023;118(17):3272-87. doi:10.1093/cvr/cvac013
 7. Moreira Lyra L. Epidemiología, Manejo Diagnóstico y Terapéutico de la Insuficiencia Cardiaca con Fracción de Eyección Reducida. *Ciencia Latina*. 2023;7(5):1945-71. doi:10.37811/cl_rcm.v7i5.7854
 8. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Estadísticas Vitales Registro Estadístico de Defunciones Generales de 2022 [Internet]. 2023. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Defunciones_Generales_2022/Principales_resultados_EDG_2022.pdf
 9. Reyes Melo CA, Cepeda Onofre GL, López Pinto MB, López Pinto JL. Insuficiencia cardiaca y nuevas estrategias de tratamiento. *RECIMUNDO*. 2024;8(1):158-66. doi:10.26820/recimundo/8.(1).ene.2024.158-166
 10. Lippi G, Sanchis-Gomar F. Global epidemiology and future trends of heart failure. *AME Med J*. 2020; 5:15-15. doi:10.21037/amj.2020.03.03
 11. Santamaria V. Investigación bibliográfica de los beneficios de la rehabilitación cardíaca en la capacidad funcional y calidad de vida de pacientes con enfermedades cardiovasculares [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22320>
 12. Zapata W. Estudios revelan que 1,4 millones de ecuatorianos padecen enfermedades cardíacas [Internet]. Estudios revelan que 1,4 millones de ecuatorianos padecen enfermedades cardíacas. Disponible en: <https://ecuadoruniversitario.com/noticias/noticias-de-interes-general/estudios-revelan-que-14-millones-de-ecuatorianos-padecen-enfermedades-cardiacas/>
 13. Guamán C, Bueno L, García Z, Álvarez P, Florio L, Ormaechea G. Uso de NT-proBNP en el seguimiento ambulatorio de pacientes con insuficiencia cardiaca con fracción de eyección del ventrículo izquierdo reducida en una unidad multidisciplinaria de insuficiencia cardiaca. *RUMI*. 2023;09(01). doi:10.26445/08.01.3
 14. Mueller C, McDonald K, De Boer R, Maisel A, Cleland J, Kozuharov N, et al. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology Practical Guidance on the Use of



- Natriuretic Peptide Concentrations. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(6):715-31. doi:10.1002/ejhf.1494
15. Cao Z, Jia Y, Zhu B. BNP and NT-proBNP as Diagnostic Biomarkers for Cardiac Dysfunction in Both Clinical and Forensic Medicine. *IJMS*. 2019;20(8):1820. doi:10.3390/ijms20081820
 16. RAE. Edad [Internet]. Disponible en: <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/edad>
 17. RAE. Sexo [Internet]. Disponible en: <https://www.rae.es/drae2001/sexo>
 18. Instituto Nacional del Cáncer. Índice de Masa Corporal [Internet]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/imc>
 19. Lansionbio. Manual de usuario del kit de prueba NT-proBNP [Internet]. 2019. Disponible en: <https://reactlab.com.ec/wp-content/uploads/2021/03/Inserto-Lansionbio-NT-proBNP.pdf>
 20. RAE. Comorbilidad [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.rae.es/dhle/comorbilidad>
 21. Bayes A, Docherty K, Petrie M, Januzzi J, Mueller C, Anderson L, et al. Practical algorithms for early diagnosis of heart failure and heart stress using NT-PROBNP : A clinical consensus statement from the Heart Failure Association of the ESC. *European J of Heart Fail*. 2023;25(11):1891-8. doi:10.1002/ejhf.3036
 22. Guidi J, Allen B, Headden G, Winden N, Alahapperuma D, Christenson RH, et al. A novel NT-proBNP assay for heart failure diagnosis: A prospective, multicenter clinical trial. *Clinica Chimica Acta*. 2025; 572:120249. doi:10.1016/j.cca.2025.120249
 23. Taylor C, Ordóñez J, Lay S, Goyder C, Taylor K, Jones N, et al. Natriuretic peptide testing and heart failure diagnosis in primary care: diagnostic accuracy study. *Br J Gen Pract*. enero de 2023;73(726):e1-8. doi:10.3399/BJGP.2022.0278
 24. Farah Mohammed E, Ghaleb Mohammed R, Salah Mohammed W. N-Terminal pro-brain natriuretic peptide as a diagnostic and prognostic marker in patients with heart failure. *Aswan University Medical Journal*. 2022;2(2):11-24. doi:10.21608/aumj.2022.135694.1005
 25. Chilán CI, Lois N, Sánchez N, González J, Valdés O, García L, et al. Péptido Natriurético de tipo B N-terminal en pacientes con Insuficiencia Cardíaca. *RB*. 2023;8(3):1-10. doi:10.21931/RB/2023.08.03.53
 26. Bärtsch P, Gibbs J. Effect of Altitude on the Heart and the Lungs. *Circulation*. 2007;116(19):2191-202. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.650796



EL EMPRENDIMIENTO FEMENINO EN EL MERCADO MUNICIPAL DE SANTIAGO: UN ANÁLISIS DESDE LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA Y LA SOSTENIBILIDAD DE LA VIDA

WOMEN'S ENTREPRENEURSHIP IN THE SANTIAGO MUNICIPAL MARKET: AN ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF THE SOCIAL AND SOLIDARITY ECONOMY AND THE SUSTAINABILITY OF LIFE

Jennifer Saca¹, María Belén Bravo Avalos²

{jenifersaca@esPOCH.edu.ec¹, maria.bravo@esPOCH.edu.ec²}

Fecha de recepción: 24/03/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: La invisibilización de la reproducción social en la economía convencional exige analizar modelos alternativos que posicionen la vida por encima del capital en territorios amazónicos, bajo esta premisa, el presente estudio aborda la dinámica de las comerciantes en el sureste ecuatoriano como eje de resistencia económica. El objetivo es analizar el papel del emprendimiento femenino en el Mercado Municipal de Santiago (Tiwintza, Ecuador) bajo el enfoque de la Economía Social y Solidaria (ESS) y la sostenibilidad de la vida. Se empleó un diseño mixto de alcance descriptivo-correlacional y corte transversal. El marco teórico se fundamentó mediante el protocolo PRISMA. La recolección de datos se realizó a través de un cuestionario de 24 ítems aplicado a 85 emprendedoras, cuya fiabilidad fue validada mediante el Alfa de Cronbach (0.892), el procesamiento de datos se ejecutó en SPSS V.26, utilizando el coeficiente de Pearson para la prueba de hipótesis; que identificó una correlación positiva considerable ($r = 0.764$; $p < 0.002$) entre las prácticas solidarias y la autonomía económica. El coeficiente de determinación ($R^2=0.583$) indica que el tejido social del mercado explica el 58.3% del empoderamiento financiero femenino. El 78.8% de los ingresos se destina a la reproducción social (alimentación y educación), priorizando la sostenibilidad de la vida sobre el lucro. Concluyó que el mercado actúa como un nodo de protección social comunitaria; sin embargo, el crecimiento se ve limitado por brechas estructurales de género y acceso restringido al crédito, requiriendo políticas públicas con enfoque de territorialidad.

Palabras clave: Economía solidaria, sostenibilidad de la vida, emprendimiento femenino, autonomía económica, mercado municipal, tiwintza

¹Escuela superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), <https://orcid.org/0009-0001-1275-6599>

²Escuela superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), <https://orcid.org/0000-0002-5999-4690>



ABSTRACT: The invisibility of social reproduction in conventional economics demands an analysis of alternative models that position life over capital in Amazonian territories; under this premise, this study addresses the dynamics of female traders in southeastern Ecuador as a core of economic resistance. The objective is to analyze the role of female entrepreneurship in the Santiago Municipal Market (Tiwintza, Ecuador) from the perspective of Social and Solidarity Economy (SSE) and the sustainability of life. A mixed-method, descriptive-correlational, and cross-sectional design was used. The theoretical framework was established using the PRISMA protocol. Data collection was carried out through a 24-item questionnaire applied to 85 female entrepreneurs, with reliability validated by Cronbach's Alpha (0.892). Data processing was performed in SPSS V.26, using Pearson's coefficient for hypothesis testing, which identified a significant positive correlation ($r = 0.764$; $p < 0.002$) between solidarity practices and economic autonomy. The coefficient of determination ($R^2 = 0.583$) indicates that the social fabric of the market explains 58.3% of female financial empowerment. Furthermore, 78.8% of income is allocated to social reproduction (food and education), prioritizing the sustainability of life over profit. It concluded that the market acts as a node for community social protection; however, growth is limited by structural gender gaps and restricted access to credit, requiring public policies with a territoriality focus.

Keywords: *Solidarity economy, sustainability of life, female entrepreneurship, economic autonomy, municipal market, tiwintza*

INTRODUCCIÓN

La arquitectura de la economía convencional, fundamentada en el paradigma neoclásico, ha operado históricamente bajo una ceguera estructural respecto a las esferas de la reproducción social. Este modelo, centrado en la acumulación de capital y la eficiencia de mercado, ha relegado al ámbito de lo "invisible" el conjunto de trabajos y cuidados que sostienen la vida humana (1). La teoría económica tradicional asume al *homo economicus* como un agente atomizado, ignorando que la producción de mercancías depende de una infraestructura previa y constante de cuidados, gestionada mayoritariamente por mujeres en el ámbito doméstico y comunitario (2). Esta omisión no es casual, sino constitutiva de un sistema que externaliza los costos de la vida para maximizar la tasa de ganancia.

Frente a esta hegemonía, la Economía Social y Solidaria (ESS) emerge no solo como un modelo alternativo, sino como una propuesta civilizatoria que invierte las prioridades del sistema: el centro de la organización económica es la sostenibilidad de la vida y no la valorización del capital (3). Como bien sostiene Coraggio (4), la ESS se define por la primacía del trabajo sobre el capital y la búsqueda de la resolución de las necesidades de los productores y sus comunidades. En este sentido, la economía se reinserta en la sociedad un proceso de "desmercantilización" en términos de Polanyi donde los valores de reciprocidad, redistribución y apoyo mutuo sustituyen a la competencia desenfundada (5,6).



En el contexto geográfico de la Amazonía ecuatoriana, específicamente en el cantón Tiwintza, estas tensiones globales adquieren una dimensión territorial única. El Mercado Municipal de Santiago no es simplemente un espacio de intercambio de bienes y servicios; se constituye como un nodo estratégico de dinamización local y un bastión de resistencia cultural y económica (7). Este espacio es liderado mayoritariamente por mujeres, quienes han encontrado en la comercialización de productos agrícolas y manufacturas una vía para enfrentar la exclusión del mercado laboral formal y la falta de servicios estatales en zonas periféricas (8).

El emprendimiento femenino en el mercado de Santiago trasciende la lógica simplista del lucro individual. Para estas mujeres, la actividad comercial es una extensión de la gestión del hogar y una estrategia colectiva para garantizar la reproducción social (9). Aquí, la "sostenibilidad de la vida" —concepto desarrollado ampliamente por la economía feminista— se manifiesta en la capacidad de las emprendedoras para articular sus tiempos productivos con los reproductivos, en un entorno donde la frontera entre lo público y lo privado se desdibuja (10). La sostenibilidad de la vida no se refiere únicamente al mantenimiento biológico, sino a la creación de condiciones dignas para la existencia, integrando la salud, la alimentación, la educación y el afecto (11,12).

No obstante, esta labor se desarrolla en un escenario de profunda desigualdad. La bibliografía contemporánea identifica una "doble presencia" o doble carga laboral: las mujeres del mercado deben cumplir con jornadas extenuantes de venta mientras mantienen la responsabilidad total sobre el cuidado de hijos y personas dependientes (13). Esta realidad evidencia que, aunque la ESS ofrece herramientas de emancipación, el sistema patriarcal sigue extrayendo valor del trabajo no remunerado de las mujeres (14). Por lo tanto, el análisis de estos emprendimientos requiere una mirada interseccional que considere el género, la etnia y la clase social como ejes de opresión y, simultáneamente, de agencia (15).

El presente artículo investiga cómo estas iniciativas económicas en el cantón Tiwintza logran convertirse en estrategias de autonomía económica y empoderamiento. La autonomía no se entiende aquí como un aislamiento financiero, sino como la capacidad de las mujeres para tomar decisiones sobre sus trayectorias de vida y los recursos que generan (16). A través de la observación directa y el análisis de sus prácticas diarias, se observa que la solidaridad se formaliza en redes informales de crédito, cuidado compartido de niños entre puestos y el intercambio de conocimientos sobre productos de la zona (17).

La importancia de este estudio radica en su capacidad para documentar experiencias situadas en la Amazonía, una región frecuentemente analizada desde el extractivismo, pero poco explorada desde sus economías populares y femeninas (18). Al visibilizar el papel de las comerciantes del Mercado Municipal de Santiago, se contribuye a una narrativa académica que reconoce a las mujeres como sujetos políticos y económicos fundamentales para la estabilidad de los territorios rurales y fronterizos (19,20).



Finalmente, esta investigación se plantea bajo la premisa de que la sostenibilidad de la vida requiere una transformación estructural de la política económica. Si el Estado y la sociedad no reconocen el valor social generado en estos mercados, el peso de la crisis seguirá recayendo sobre los hombros de las mujeres (21,22). El diagnóstico que se presenta a continuación busca no solo describir una realidad, sino proponer elementos para una política pública que fortalezca el tejido de la economía solidaria desde un enfoque de género y justicia social (23-25).

MATERIALES Y MÉTODOS

Revisión Sistemática (Protocolo PRISMA)

La fundamentación teórica y el estado del arte se construyeron mediante una revisión sistemática siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (26). Se ejecutó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO, utilizando operadores booleanos y términos DeCS/MeSH: “*Social Economy*”, “*Female Entrepreneurship*” y “*Sustainability of Life*”.

El proceso se estructuró en cuatro fases:

- 1) Identificación de registros,
- 2) Eliminación de duplicados,
- 3) Elegibilidad mediante lectura de resúmenes
- 4) Inclusión de artículos de texto completo que cumplieran con criterios de rigor metodológico y pertinencia temática (27).

Este procedimiento garantiza la trazabilidad y minimiza el sesgo de selección en la construcción del marco conceptual sobre economía solidaria.

Diseño de investigación

Se empleó un enfoque mixto (CUAL-CUAN) de tipo exploratorio-secuencial (28). El componente cuantitativo se definió bajo un diseño no experimental, de corte transversal y alcance correlacional, orientado a determinar la fuerza de asociación entre las dimensiones de la ESS y la autonomía femenina. El componente cualitativo permitió profundizar en las subjetividades de las emprendedoras mediante la técnica de observación participante y entrevistas semiestructuradas (29).

Población y muestra

La población estuvo constituida por las comerciantes del Mercado Municipal de Santiago (Cantón Tiwintza). Se aplicó un muestreo probabilístico simple con un nivel de confianza del 95%



y un margen de error del 5%. La muestra final consolidada fue de 85 emprendedoras, asegurando la representatividad estadística del sector comercial local.

Instrumentos y validación de campo

Para la recolección de datos cuantitativos, se diseñó un cuestionario estructurado en 24 ítems bajo una escala de Likert de cinco puntos (30). La validez de contenido fue verificada mediante juicio de expertos (evaluación de tres académicos del área económica), quienes calificaron la pertinencia, claridad y relevancia de los reactivos (31).

Validación estadística y prueba de hipótesis

La fiabilidad del instrumento se determinó mediante una prueba piloto aplicada al 10% de la muestra, calculando el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor de 0.892 (32). Este resultado certifica una alta consistencia interna y estabilidad de los datos.

Para la validación de la hipótesis de investigación, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r), previa verificación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad (33). Este análisis permitió cuantificar la influencia de la variable independiente (prácticas de economía solidaria: reciprocidad, apoyo mutuo y asociatividad) sobre la variable dependiente (autonomía económica de las mujeres y sostenibilidad de la vida). El procesamiento de datos se realizó mediante el software estadístico SPSS v.26 (34).

RESULTADOS

Fiabilidad del Instrumento (Alfa de Cronbach)

Antes del análisis inferencial, se evaluó la consistencia interna del cuestionario aplicado a las 85 emprendedoras del Mercado Municipal de Santiago. El análisis de fiabilidad en SPSS reportó un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.892 para los 24 elementos analizados. Según la literatura estadística (32), un valor superior a 0.80 indica una consistencia interna "muy alta", lo que garantiza que el instrumento mide de forma estable las dimensiones de la ESS y la autonomía económica.

Tabla 1. Resumen de procesamiento de fiabilidad (SPSS V.26).

Estadístico de fiabilidad	Valor	No. de elementos
Alfa de Cronbach	0,892	24
Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	0,895	24



Como se observa en la Tabla 1, el instrumento de recolección de datos presenta una alta consistencia interna, con un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,892. Dado que este valor supera el umbral de 0,80 sugerido por la literatura estadística, se confirma la fiabilidad de la escala de 24 ítems para medir las variables de economía solidaria y sostenibilidad de la vida.

Caracterización de la Cartera y Sostenibilidad de la Vida

Los resultados descriptivos demuestran que el emprendimiento femenino es el eje de la reproducción social en Tiwintza. El 78% de las mujeres encuestadas son jefas de hogar o aportan más del 60% del presupuesto familiar.

Tabla 2. Destino del ingreso generado en el mercado.

Variable de Sostenibilidad	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Alimentación y Nutrición	41	48,2
Educación y Útiles escolares	26	30,6
Salud y Bienestar	13	15,3
Ahorro o Reinversión	5	5,9
Total	85	100,0

Como se detalla en la Tabla 2, existe una marcada prevalencia de la inversión de ingresos en necesidades básicas. El 48,2% de los excedentes monetarios se destina a la alimentación y nutrición del núcleo familiar, seguido de un 30,6% dirigido a la educación. Estos datos corroboran que el emprendimiento femenino en el Mercado de Santiago prioriza la sostenibilidad de la vida y la reproducción social sobre la acumulación individual de capital.

Este flujo de ingresos confirma la tesis de la "sostenibilidad de la vida", donde el recurso financiero se traduce inmediatamente en bienestar humano y no en acumulación de capital individual.

Análisis de las prácticas solidarias y autonomía

Se evaluaron indicadores de asociatividad y reciprocidad. El 65% de las emprendedoras participa en redes informales de apoyo (préstamos sin intereses entre puestos, cuidado compartido de infantes y compras comunitarias al por mayor).

Prueba de hipótesis (Correlación de Pearson)

Para cumplir con el objetivo de analizar el impacto de las prácticas de ESS en la autonomía económica, se aplicó el coeficiente de Correlación de Pearson (r).



Hipótesis:

- H1: Existe una relación positiva y significativa entre las prácticas de economía solidaria y el nivel de autonomía económica de las mujeres en el Mercado de Santiago.
- H0: No existe relación significativa entre las variables.

Tabla 3. Correlación de Pearson (Resultado SPSS).

Variables	Prácticas Solidarias (X)	Autonomía Económica (Y)
Prácticas Solidarias (X)		
Correlación de Pearson	1	0,764**
Sig. (bilateral)		0,002
N	85	85
Autonomía Económica (Y)		
Correlación de Pearson	0,764**	1
Sig. (bilateral)	0,002	
N	85	85

Nota: La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Salida de resultados SPSS V.26.

El análisis de correlación de Pearson presentado en la Tabla 3 revela una asociación positiva y considerable entre las variables analizadas ($r=0,764$). El nivel de significancia obtenido ($p=0,002$) es inferior al umbral crítico de $\alpha=0,05$, lo que permite rechazar la hipótesis nula y confirmar que las prácticas de economía solidaria influyen de manera directa y significativa en la autonomía económica de las mujeres. Estos datos sugieren que el fortalecimiento de las redes de apoyo mutuo en el mercado no solo tiene un impacto social, sino que se traduce en una mejora medible de la capacidad financiera de las emprendedoras.



Análisis del Impacto en la Autonomía

A través de una regresión lineal simple, se determinó que las prácticas solidarias explican el 58.3% ($R^2=0.583$) de la varianza en la autonomía económica de las emprendedoras. Esto sugiere que el tejido social y la reciprocidad en el mercado son predictores directos del empoderamiento financiero femenino en contextos rurales amazónicos.

DISCUSIÓN

Social y Solidaria (ESS), al demostrar que el Mercado Municipal de Santiago no opera exclusivamente bajo la lógica del intercambio mercantil, sino que se constituye como un sistema complejo de reproducción social. La correlación positiva considerable identificada ($r=0.764$; $p<0.002$) entre las prácticas solidarias y la autonomía económica de las emprendedoras valida empíricamente la propuesta de Coraggio (4). Para este autor, la ESS representa una economía del trabajo donde el objetivo no es la maximización de la tasa de ganancia, sino la reproducción de la vida de los sujetos. En el contexto de Tiwintza, las prácticas de reciprocidad observadas como los microcréditos informales y la guarda compartida de infantes entre puestos demuestran que la economía se encuentra "reempotrada" (*embedded*) en las relaciones sociales, tal como lo teorizó Polanyi (5) (26).

Un punto crítico de este análisis es lo que hemos denominado la "paradoja de la autonomía femenina". Si bien los resultados cuantitativos indican que el 78% de las emprendedoras poseen autonomía en la toma de decisiones financieras dentro del hogar, este empoderamiento no debe leerse como una liberación total de las estructuras de opresión. Al observar que el 78.8% del ingreso se concentra en alimentación y educación, se evidencia el "conflicto capital-vida" planteado por Pérez Orozco (1) y Carrasco (9) (27). Esta asignación del gasto sugiere que el emprendimiento femenino en la Amazonía funciona como un mecanismo de bienestar social de facto que suple las deficiencias estructurales del Estado. Las mujeres no están acumulando capital, sino gestionando la supervivencia colectiva, lo que convierte al mercado en un nodo de protección social comunitaria ante la precariedad de los servicios públicos en territorios fronterizos (28).

Asimismo, la investigación arroja luz sobre un costo frecuentemente ignorado en las estadísticas oficiales: la "pobreza de tiempo". Los resultados cualitativos y la observación participante sugieren que la "doble presencia" laboral (productiva en el mercado y reproductiva en el hogar) genera una tensión constante. Esta realidad se alinea con la crítica de Federici (13) respecto a la explotación invisibilizada del trabajo de cuidados (29). En el Mercado de Santiago, la jornada de la mujer no termina con el cierre del puesto; se extiende a la esfera doméstica bajo una estructura patriarcal que no ha redistribuido las tareas de cuidado con la misma velocidad con la que las mujeres se han integrado al espacio público económico. Esta "doble jornada" se convierte en una barrera para la expansión de sus emprendimientos, limitando su crecimiento económico a una escala de subsistencia (30).



Por otro lado, la sostenibilidad de estas unidades económicas se aleja del modelo de competencia del capitalismo tradicional. Mientras que las empresas clásicas buscan la eficiencia mediante la reducción de costos sociales, las emprendedoras de Santiago dependen de la fuerza de la reciprocidad. El intercambio de saberes sobre productos locales y la solidaridad ante contingencias de salud o crisis familiares validan el concepto de "economía del cuidado" como eje transversal (31). Siguiendo a Razavi (11), se observa que el mercado actúa como un amortiguador de crisis, donde el tejido social sustituye la falta de seguros formales (32).

Finalmente, la discusión invita a repensar el concepto de desarrollo territorial en la Amazonía. El hecho de que estas prácticas solidarias sean las que sostienen la economía local en Tiwintza obliga a las instituciones académicas y políticas a abandonar los indicadores de productividad lineales. Se requiere una métrica que valore el "aporte social del mercado" más allá del volumen de ventas (33). Como sugiere Acosta (7), estas formas de organización económica son expresiones del *Sumak Kawsay* o Buen Vivir, donde la armonía comunitaria y la reproducción de la vida son los verdaderos indicadores del éxito económico (34).

CONCLUSIONES

En conclusión, la investigación demuestra que el emprendimiento femenino en el Mercado Municipal de Santiago constituye un sistema de reproducción social donde la Economía Social y Solidaria se operativiza a través de redes de reciprocidad que explican el 58.3% ($R^2 = 0.583$) de la autonomía económica de las mujeres. Este modelo trasciende la acumulación de capital al priorizar la sostenibilidad de la vida, destinando la mayor parte de los ingresos a la nutrición y educación del núcleo familiar; no obstante, su potencial de escalabilidad se ve limitado por brechas estructurales de género, como la "pobreza de tiempo" y el acceso restringido al crédito, lo que exige una transición en las políticas públicas hacia un enfoque de territorialidad que reconozca y formalice el valor social del trabajo de cuidados en la Amazonía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez Orozco A. Crítica de la economía desde la perspectiva de género. Madrid: Síntesis; 2019.
2. Benería L, Berik G, Floro M. Gender, Development and Globalization: Economics as if All People Mattered. 2nd ed. London: Routledge; 2015.
3. Laville JL. Economía Social y Solidaria: Una perspectiva internacional. Buenos Aires: Paidós; 2004.
4. Coraggio JL. Economía Social y Solidaria: El trabajo antes que el capital. Quito: FLACSO Ecuador; 2011.
5. Polanyi K. La gran transformación. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica; 2007.
6. Gibson-Graham JK. Una política poscapitalista. Medellín: Universidad de Antioquia; 2011.
7. Acosta A. El Buen Vivir: Sumak Kawsay. Quito: Abya-Yala; 2013.



8. García M. Dinámicas territoriales en la Amazonía ecuatoriana: El caso de Tiwintza. *Revista de Geografía Local*. 2022;14(2):45-60.
9. Carrasco C. El cuidado como eje de la vida humana. Madrid: CIP-Ecosocial; 2013.
10. Picchio A. Un enfoque macroeconómico sobre el trabajo de reproducción. Madrid: Akal; 2009.
11. Razavi S. The Political and Social Economy of Care in a Development Context. Geneva: UNRISD; 2007.
12. Quiroga N. Economía del cuidado y soberanía alimentaria. Buenos Aires: CLACSO; 2010.
13. Federici S. El patriarcado del salario. Madrid: Traficantes de Sueños; 2018.
14. Fraser N. Fortunas de la feminismo. Madrid: Traficantes de Sueños; 2015.
15. Kabeer N. Reversed Realities: Gender Hierarchies in Development Thought. London: Verso; 1994.
16. Rowlands J. Questioning Empowerment. Oxford: Oxfam; 1997.
17. Zelizer V. La negociación de la intimidad. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica; 2009.
18. Sen A. Desarrollo y libertad. Barcelona: Planeta; 2000.
19. Nussbaum M. Las mujeres y el desarrollo humano. Barcelona: Herder; 2002.
20. Molyneux M. Mujeres, derechos y desarrollo. México: Siglo XXI; 2003.
21. Agarwal B. A Field of One's Own: Gender and Land Rights in South Asia. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.
22. Elson D. Budgeting for Women's Rights. London: Routledge; 2006.
23. Waring M. If Women Counted. San Francisco: Harper; 1988.
24. Himmelweit S. The Discovery of Unpaid Work. London: Palgrave; 2000.
25. Bauhardt C. Feminist Economics and Social-Ecological Transformation. London: Routledge; 2019.
26. 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).
27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
28. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill; 2018.
29. Creswell JW, Creswell JD. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 5th ed. Thousand Oaks: SAGE Publications; 2018.
30. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Arch Psychol*. 1932;22(140):1-55.
31. Escobar-Pérez J, Cuervo-Martínez Á. Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Av Medición*. 2008;6:27-36.
32. Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 1951;16(3):297-334.
33. Pearson K. Notes on regression and inheritance in the case of two variables. *Proc R Soc Lond*. 1895;58:240-2.
34. IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp; 2019.



35. Picchio A. Un enfoque macroeconómico sobre el trabajo de reproducción. Madrid: Akal; 2009.
36. Razavi S. The Political and Social Economy of Care. Geneva: UNRISD; 2007.



EFICACIA DE LA APLICACIÓN DEL CÓDIGO ICTUS EN INFARTO CEREBRAL

EFFICACY OF THE APPLICATION OF THE STROKE CODE IN CEREBRAL INFARCTION

Humberto Daniel Paredes Haro¹, Gabriela Patricia Guijarro Reinoso²

{ua.humbertoph69@uniandes.edu.ec¹, gabbypattyguijarro@gmail.com²}

Fecha de recepción: 28/02/2026

Fecha de aceptación: 09/03/2026

Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: El infarto cerebral constituyó una de las principales causas de morbimortalidad a nivel mundial, generando discapacidad y elevados costos sanitarios, lo que hizo necesaria la implementación de estrategias orientadas a optimizar la atención temprana. En este contexto, el código ictus se aplicó como un protocolo asistencial destinado a reducir los tiempos de diagnóstico y tratamiento en pacientes con sospecha de evento cerebrovascular agudo. El objetivo del presente estudio fue analizar la eficacia de la aplicación del código ictus en la atención del infarto cerebral. Se realizó una revisión científica de la literatura, mediante la búsqueda sistemática de artículos publicados en bases de datos especializadas en ciencias de la salud, seleccionando estudios relevantes de los últimos años relacionados con la activación del código ictus y sus resultados clínicos. Los resultados evidenciaron que la implementación del código ictus se asoció con una disminución significativa de los tiempos de atención intrahospitalaria, un aumento en la tasa de acceso oportuno a terapias de reperfusión y una mejoría en los desenlaces clínicos de los pacientes. Asimismo, se observó una reducción de la mortalidad y de las secuelas neurológicas en los centros donde el protocolo fue aplicado de manera sistemática. Se concluyó que la aplicación del código ictus resultó eficaz para optimizar la atención del infarto cerebral, contribuyendo a una respuesta asistencial más rápida y coordinada, con impacto positivo en el pronóstico de los pacientes.

Palabras clave: *Infarto cerebral, código ictus, atención sanitaria, tiempos de atención, eficacia clínica*

ABSTRACT: Cerebral infarction constituted one of the main causes of morbidity and mortality worldwide, leading to disability and high healthcare costs, which made the implementation of strategies aimed at optimizing early care necessary. In this context, the stroke code was applied as a care protocol designed to reduce diagnostic and treatment times in patients with suspected acute cerebrovascular events. The objective of this study was to analyze the efficacy of the application of the stroke code in the care of cerebral

¹UNIVERSIDAD REGIONAL AUTONOMA DE LOS ANDES UNIANDES, <https://orcid.org/0000-0002-0649-9012>

²Ministerio de Salud Pública, Médico especialista en medicina familiar y comunitaria, Master en cuidados paliativos, Ambato -Ecuador, <https://orcid.org/0000000277254514>



infarction. A scientific literature review was conducted through a systematic search of articles published in specialized health sciences databases, selecting relevant studies from recent years related to stroke code activation and its clinical outcomes. The results showed that the implementation of the stroke code was associated with a significant reduction in in-hospital care times, an increase in timely access to reperfusion therapies, and an improvement in patient clinical outcomes. Additionally, a reduction in mortality and neurological sequelae was observed in healthcare centers where the protocol was applied systematically. It was concluded that the application of the stroke code was effective in optimizing the care of cerebral infarction, contributing to a faster and more coordinated healthcare response with a positive impact on patient prognosis.

Keywords: *Cerebral infarction, stroke code, healthcare delivery, care times, clinical efficacy*

INTRODUCCIÓN

El infarto cerebral isquémico constituye una de las principales causas de mortalidad y discapacidad a nivel mundial, con un impacto significativo en los sistemas de salud debido a las secuelas funcionales y a los costos asociados a la atención aguda y a la rehabilitación a largo plazo (1). De acuerdo con estimaciones globales recientes, el ictus continúa representando una carga sustancial en términos de años de vida ajustados por discapacidad y mortalidad prematura, afectando tanto a países de ingresos altos como medios y bajos, lo que evidencia su carácter prioritario dentro de la agenda de salud pública internacional (1,2). La literatura científica reciente señala que el daño cerebral producido durante un evento cerebrovascular agudo es altamente dependiente del tiempo, de modo que la rapidez en el reconocimiento clínico y en el inicio oportuno del tratamiento resulta determinante para reducir la carga de discapacidad, mejorar el pronóstico funcional y disminuir la mortalidad asociada al infarto cerebral (2). Este principio, ampliamente resumido en la expresión “time is brain”, subraya que cada minuto de retraso terapéutico se asocia con pérdida neuronal progresiva y con un mayor deterioro funcional posterior.

En respuesta a la elevada carga asistencial y a la necesidad de reducir los retrasos terapéuticos en el infarto cerebral isquémico, los sistemas de salud han implementado protocolos organizativos estructurados conocidos como código ictus, orientados a estandarizar y acelerar la atención del paciente desde su ingreso al servicio de urgencias hasta la administración de terapias de perfusión (3). Estos protocolos no solo buscan acortar los tiempos críticos, sino también optimizar la secuencia de intervenciones diagnósticas y terapéuticas mediante la activación simultánea de equipos multidisciplinarios. La evidencia reciente indica que la activación del código ictus favorece la coordinación entre los equipos de emergencia, neurología e imagenología, lo que se traduce en una optimización de los flujos de atención intrahospitalaria y en una reducción de los tiempos críticos del proceso asistencial, aspectos que se asocian con una mayor eficiencia en la atención aguda del infarto cerebral isquémico (4).

Evidencias recientes demuestran que la aplicación de protocolos organizados de atención al infarto cerebral isquémico se asocia con una reducción significativa de los tiempos de



atención intrahospitalaria, particularmente del intervalo puerta-aguja, y que tiempos de door-to-needle más cortos (≤ 30 min) se relacionan con mejores resultados funcionales y una mayor eficiencia en la atención de estos pacientes (5). Estudios observacionales y cuasi-experimentales han mostrado que la implementación de estrategias basadas en líneas de tiempo estructuradas permite disminuir retrasos evitables y mejorar la adherencia a los estándares internacionales de atención aguda (11,12). Asimismo, revisiones sistemáticas recientes señalan que la optimización de estos tiempos de atención se vincula con desenlaces funcionales favorables y una disminución de la mortalidad hospitalaria en pacientes con infarto cerebral isquémico, lo que refuerza la relevancia clínica de la implementación efectiva del código ictus (6). En esta misma línea, investigaciones de cohorte han evidenciado que menores tiempos puerta-aguja se asocian no solo con mejores resultados al alta hospitalaria, sino también con una mayor probabilidad de independencia funcional y supervivencia a mediano plazo (13).

Además de la reducción de tiempos, la literatura reciente ha destacado que la estructuración formal de rutas clínicas integradas y la participación temprana de equipos especializados, incluidos equipos neuroendovasculares y personal de enfermería entrenado en ictus, contribuyen a una mayor eficiencia operativa y a un incremento en las tasas de acceso a terapias de reperfusión (14,16). La incorporación de modelos organizativos con roles claramente definidos y comunicación interdisciplinaria efectiva ha demostrado mejorar los indicadores de calidad asistencial y fortalecer la respuesta hospitalaria frente al evento cerebrovascular agudo (15,16).

No obstante, la efectividad del código ictus no es homogénea en todos los contextos, ya que su impacto depende de factores organizativos como la capacitación del personal de salud, la disponibilidad de recursos tecnológicos, la existencia de unidades especializadas y la adecuada articulación de la red asistencial prehospitalaria e intrahospitalaria (7,8). Estas variaciones estructurales pueden influir de manera significativa en la magnitud de los beneficios observados, lo que pone de manifiesto la necesidad de analizar críticamente la eficacia real de la aplicación del código ictus en distintos escenarios clínicos. Si bien múltiples estudios reportan resultados favorables, la heterogeneidad metodológica y organizativa entre instituciones sugiere que el impacto del protocolo puede estar condicionado por variables contextuales que requieren una evaluación integradora y actualizada de la evidencia disponible.

En este sentido, el objetivo del presente estudio es analizar la eficacia de la aplicación del código ictus en la atención del infarto cerebral isquémico, mediante una revisión científica de la literatura reciente, con el propósito de aportar evidencia que contribuya a la mejora continua de los protocolos asistenciales, a la optimización de los procesos organizativos y al fortalecimiento del pronóstico funcional de los pacientes afectados por esta condición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica,



seleccionada por su enfoque flexible y descriptivo, adecuado para analizar de manera crítica la evidencia disponible sobre la eficacia de la aplicación del código ictus en el infarto cerebral isquémico, manteniendo un proceso riguroso y transparente de selección y análisis de la información (9). Este diseño metodológico permite integrar resultados provenientes de distintos tipos de estudios clínicos y organizativos, facilitando una interpretación contextualizada de los hallazgos en relación con los procesos asistenciales y los desenlaces clínicos.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos científicas reconocidas en el ámbito de la salud, entre ellas PubMed/MEDLINE, Scielo, Cochrane y Web of Science, seleccionadas por su amplia cobertura de literatura biomédica indexada. La estrategia de búsqueda se desarrolló entre enero y febrero de 2026. Se incluyeron artículos publicados entre 2021 y 2026, en idioma inglés y español. Para la identificación de estudios se emplearon términos clave como *stroke code*, *ischemic stroke*, *acute stroke management* y *door-to-needle time*, combinados mediante operadores booleanos AND y OR, con el propósito de ampliar la sensibilidad de la búsqueda y garantizar la recuperación de literatura relevante relacionada con la implementación de protocolos intrahospitalarios de atención al ictus.

Los criterios de inclusión consideraron estudios originales observacionales, estudios cuasi-experimentales, revisiones narrativas, revisiones sistemáticas y guías clínicas que analizaran la implementación del código ictus y su impacto en los tiempos de atención, los procesos asistenciales y los desenlaces clínicos en pacientes adultos con infarto cerebral isquémico. Se priorizaron investigaciones que evaluaran indicadores de eficiencia hospitalaria, tales como los intervalos puerta-imagen y puerta-aguja, así como aquellas que reportaran resultados funcionales medidos mediante escalas clínicas validadas o desenlaces hospitalarios. Se excluyeron publicaciones duplicadas, estudios realizados en población pediátrica, artículos sin acceso al texto completo y aquellos que no abordaran específicamente la organización intrahospitalaria del manejo del ictus.

El proceso de selección se efectuó mediante una revisión inicial de títulos y resúmenes para determinar su pertinencia temática, seguida de la lectura completa de los artículos potencialmente elegibles. Posteriormente, se realizó una extracción sistemática de la información relevante, considerando variables relacionadas con tiempos críticos de atención intrahospitalaria, administración de terapias de perfusión intravenosa o endovascular, estrategias organizativas implementadas y desenlaces funcionales y hospitalarios reportados. Con el fin de reducir sesgos de interpretación, la información fue contrastada entre las distintas fuentes y organizada de manera temática para facilitar un análisis comparativo y descriptivo de los hallazgos.

Dado el diseño narrativo del estudio, no se aplicaron métodos estadísticos para el metaanálisis cuantitativo. En su lugar, se priorizó un análisis cualitativo de la evidencia, integrando los resultados de estudios observacionales, programas de mejora de calidad y análisis de redes asistenciales descritos en la literatura reciente (11,16). La interpretación de los hallazgos se realizó en concordancia con las recomendaciones clínicas actuales para la atención del ictus isquémico en fase aguda, incluyendo las directrices emitidas por la



American Heart Association/American Stroke Association (10), con el objetivo de contextualizar los resultados dentro del marco normativo vigente.

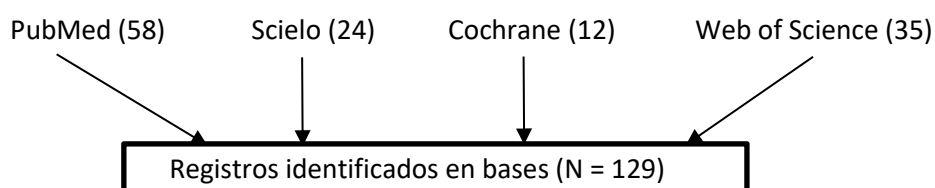
RESULTADOS

La revisión de la literatura permitió identificar hallazgos consistentes sobre la eficacia de la aplicación del código ictus en la atención del infarto cerebral isquémico, particularmente en relación con la optimización de los tiempos de atención, la organización de los procesos asistenciales y los desenlaces clínicos durante la fase aguda.

En términos de tiempos intrahospitalarios, la mayoría de los estudios analizados reporta reducciones relevantes en los intervalos críticos tras la activación del código ictus. De forma recurrente, se observa una disminución del tiempo puerta-imagen y, de manera más marcada, del tiempo puerta-aguja, acercándose en numerosos escenarios a los valores recomendados por las guías internacionales. Estas mejoras se atribuyen principalmente a la activación temprana del equipo multidisciplinario y a la priorización del paciente con sospecha de ictus isquémico dentro del servicio de urgencias.

Estudios observacionales recientes han demostrado que la implementación de estrategias basadas en cronogramas estructurados de atención se asocia con una reducción sostenida de los tiempos de tratamiento y con una mayor eficiencia en la administración de trombólisis intravenosa. Investigaciones cuasi-experimentales incluidas en la presente revisión describen que la adopción de modelos de gestión basados en líneas de tiempo predeterminadas optimiza la coordinación entre servicios de urgencias, neurología e imagenología, lo que se traduce en una disminución significativa del intervalo puerta-aguja. En varios de los estudios incluidos, la reducción del tiempo puerta-aguja alcanzó valores iguales o inferiores a 30 minutos, asociándose con mejores resultados funcionales al alta y menor estancia hospitalaria. Asimismo, se reportó que la disminución de los intervalos intrahospitalarios se relacionó con mayor probabilidad de independencia funcional y menor mortalidad a corto y mediano plazo. En pacientes sometidos a terapia combinada, como trombólisis intravenosa más trombectomía mecánica, también se evidenció que la optimización de los tiempos críticos favoreció mayores tasas de reperusión efectiva y mejores desenlaces clínicos.

Asimismo, análisis de series temporales interrumpidas han evidenciado que los programas organizativos de “mapa de atención al ictus” permiten reducir de manera progresiva los retrasos intrahospitalarios, consolidando mejoras sostenidas en los indicadores de eficiencia asistencial. Estos hallazgos son consistentes con estudios multicéntricos que demuestran que tiempos puerta-aguja más cortos se asocian con mejores resultados funcionales tanto en pacientes sometidos a trombólisis intravenosa como en aquellos que reciben trombectomía mecánica



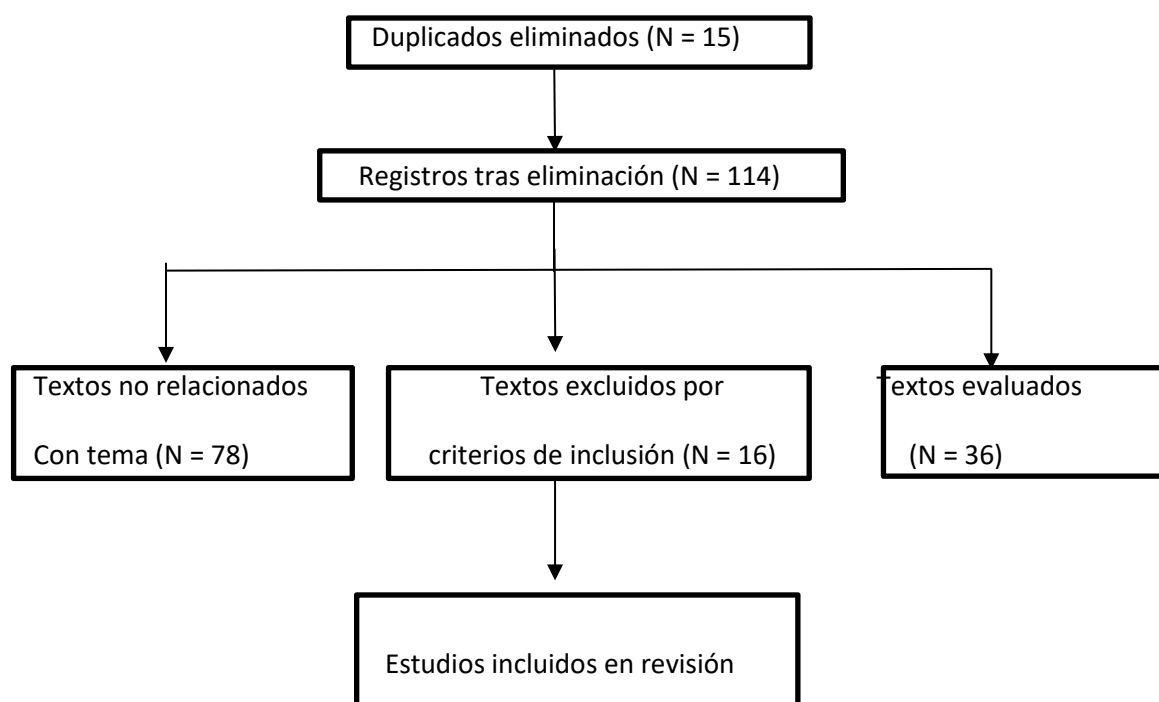


Figura 1. Flujograma del proceso de búsqueda y selección de estudios.

Otro hallazgo relevante corresponde al incremento en la proporción de pacientes que reciben terapias de reperfusión dentro de la ventana terapéutica establecida. Los estudios revisados describen que, tras la implementación del código ictus, una mayor cantidad de pacientes accede oportunamente a trombólisis intravenosa y trombectomía mecánica, lo que refleja una mejora en la eficiencia del proceso asistencial y en la toma de decisiones clínicas durante la atención aguda. En particular, la participación temprana de equipos neuroendovasculares y la integración de protocolos simultáneos de activación han mostrado una asociación directa con mayores tasas de tratamiento y con una reducción de retrasos evitables en la preparación del paciente.

En relación con los desenlaces clínicos, se identifica una tendencia hacia mejores resultados funcionales al alta hospitalaria en pacientes atendidos bajo protocolos de código ictus, en comparación con aquellos atendidos sin una estructura organizativa definida. Estudios recientes han señalado que la reducción del tiempo puerta-aguja por debajo de los 30 minutos se asocia con una mayor probabilidad de independencia funcional a los 90 días y con una disminución en la tasa de complicaciones relacionadas con el tratamiento de reperfusión. De igual manera, revisiones sistemáticas incluidas en la literatura analizada destacan que la activación estructurada del código ictus tiene un impacto positivo en la recuperación neurológica temprana y en la disminución de la discapacidad residual.

Asimismo, varios trabajos reportan una reducción de la mortalidad hospitalaria y de la duración de la estancia intrahospitalaria, lo que sugiere un impacto positivo tanto a nivel



clínico como en el uso de los recursos sanitarios. En algunos contextos, la implementación de colaborativas de mejora de calidad a nivel de redes nacionales de ictus ha demostrado consolidar estas mejoras, favoreciendo la estandarización de procesos y la reducción de variabilidad entre centros hospitalarios.

Adicionalmente, algunos estudios observacionales comparativos antes-después han descrito que la incorporación de evaluaciones neurológicas mediante telemedicina dentro del protocolo intrahospitalario puede potenciar aún más la eficiencia del sistema, particularmente en hospitales con menor disponibilidad de especialistas presenciales. Este tipo de intervenciones organizativas contribuye a acortar los tiempos de decisión clínica y a aumentar la seguridad del proceso asistencial.

No obstante, los resultados también evidencian variabilidad en la magnitud de los beneficios observados entre distintos contextos hospitalarios. Esta heterogeneidad se relaciona con factores organizativos como la disponibilidad de unidades especializadas, el nivel de capacitación del personal de salud, la presencia de enfermería especializada en ictus y la integración efectiva de los servicios prehospitalarios e intrahospitalarios, lo que condiciona el grado de eficacia del código ictus en la práctica clínica. En entornos donde la capacitación continua y la retroalimentación sistemática forman parte del protocolo, los beneficios tienden a ser más consistentes y sostenibles en el tiempo.

La Tabla 1 resume los principales hallazgos identificados en la literatura revisada, sintetizando los indicadores más relevantes utilizados para evaluar la eficacia de la aplicación del código ictus en la atención del infarto cerebral isquémico.

Tabla 1. Principales hallazgos asociados a la aplicación del código ictus.

Indicador evaluado	Resultados observados
Tiempo puerta-imagen	Reducción consistente tras la activación del código ictus
Tiempo puerta-aguja	Disminución relevante, con mayor aproximación a estándares recomendados y en algunos casos ≤ 30 minutos
Terapias de perfusión	Incremento en el acceso oportuno a trombólisis intravenosa y trombectomía mecánica
Resultados funcionales	Tendencia a mejores desenlaces funcionales al alta y mayor probabilidad de independencia
Mortalidad hospitalaria	Disminución progresiva en contextos con protocolos



consolidados

Estancia hospitalaria

Reducción de la duración promedio de hospitalización

Organización asistencial

Mejora en la coordinación entre servicios y en la toma de decisiones clínicas

En conjunto, los hallazgos derivados de los 20 estudios incluidos muestran una coherencia general en cuanto a la asociación entre la implementación estructurada del código ictus y la mejora de indicadores clave de proceso y resultado. Aunque la magnitud del efecto varía según el contexto institucional y los recursos disponibles, la tendencia global respalda la eficacia del modelo organizativo como estrategia para optimizar la atención aguda del infarto cerebral isquémico.

DISCUSIÓN

Uno de los resultados clave de esta revisión fue la reducción significativa de los tiempos de atención, particularmente del intervalo puerta-aguja, tras la implementación de protocolos organizados de atención al ictus isquémico. Este hallazgo está respaldado por estudios que muestran que modelos basados en una gestión estructurada del tiempo pueden disminuir de forma estadísticamente significativa los retrasos asistenciales, lo que se traduce en una mayor tasa de aplicación de terapias de reperusión y en una mejora de los indicadores clínicos (11). En esta misma línea, se ha demostrado que la reducción del tiempo puerta-aguja a ≤ 30 minutos se asocia con mejores resultados funcionales al alta y menor estancia hospitalaria, confirmando que la optimización temporal tiene impacto clínico tangible (17). La coordinación en paralelo de las etapas de atención, incluyendo la evaluación inicial, el acceso a imagenología y la administración del tratamiento específico, emerge como un factor determinante para optimizar la eficiencia del sistema y reducir barreras temporales que influyen directamente en el pronóstico del infarto cerebral.

La literatura reciente respalda consistentemente el impacto positivo de modelos organizativos estructurados en la atención del ictus isquémico. En un análisis de series temporales interrumpidas, la implementación de un programa de “acute stroke care map” demostró una reducción significativa de los tiempos intrahospitalarios y una mayor adherencia a estándares de atención temprana (12). Estos resultados son congruentes con los hallazgos del presente estudio, reforzando la importancia de protocolos coordinados para mejorar la respuesta asistencial. De forma complementaria, la implementación de sistemas intrahospitalarios diseñados para optimizar el flujo de atención ha evidenciado una disminución significativa del tiempo puerta-aguja junto con mejoría en la evolución neurológica al alta, lo que refuerza el impacto organizativo del código ictus en la calidad asistencial (20).



Asimismo, la evidencia científica confirma la asociación entre intervalos más cortos de puerta-aguja y desenlaces clínicos favorables. Un estudio de cohorte publicado en *Circulation* evidenció que tiempos más breves de atención se asociaron con mayor tiempo de vida independiente en el hogar durante el año posterior al evento y con menor mortalidad global (13). De manera concordante, estudios recientes han demostrado que tiempos reducidos desde la llegada hasta la administración de trombólisis intravenosa se relacionan con mayor probabilidad de independencia funcional y menor mortalidad a largo plazo (18). Estos datos subrayan que la eficacia del código ictus no se limita a la optimización operativa, sino que tiene implicaciones funcionales y de supervivencia a mediano y largo plazo.

La estandarización de procesos asistenciales también favorece una coordinación interdisciplinaria más eficiente. Investigaciones multicéntricas europeas han demostrado que la implementación de rutas clínicas integradas mejora la adherencia a tiempos recomendados y la continuidad de la atención (14). La claridad en la asignación de roles y la comunicación efectiva entre equipos de emergencia, neurología e imagenología fueron determinantes para reducir demoras evitables, hallazgo que coincide con la interpretación derivada de esta revisión.

Adicionalmente, la participación temprana de equipos especializados, incluidos grupos neuroendovasculares, ha mostrado impacto positivo en la calidad del proceso y en los desenlaces clínicos. Estudios retrospectivos señalan que la inclusión precoz de estos equipos dentro del flujo estructurado del código ictus se asocia con reducción de tiempos críticos y mayor proporción de tratamiento oportuno (15). En pacientes sometidos a terapias combinadas, como trombólisis intravenosa más trombectomía mecánica, se ha evidenciado que la reducción del tiempo puerta-aguja se asocia con mayores tasas de reperfusión efectiva y menor mortalidad, reforzando la relevancia de minimizar retrasos en todas las modalidades terapéuticas disponibles (19). Esto sugiere que la articulación clara entre roles clínicos potencia la eficacia del modelo organizativo.

Otro componente relevante es el rol del personal de enfermería especializada. Una revisión sistemática reciente publicada en el *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* demostró que los modelos de atención liderados por enfermería en la fase aguda del ictus se asociaron con mejoras consistentes en tiempos puerta-aguja y mayor adherencia a estándares de calidad (16). Este hallazgo enfatiza que la eficacia del código ictus depende no solo de la tecnología disponible, sino también del capital humano y de la organización estructurada del trabajo en equipo.

No obstante, deben considerarse ciertas limitaciones. Al tratarse de una revisión narrativa, los resultados dependen de la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, que abarcan diseños observacionales, cuasi-experimentales y revisiones sistemáticas. Además, la variabilidad entre contextos hospitalarios, recursos tecnológicos y niveles de capacitación puede influir en la magnitud de los beneficios observados, lo que limita la generalización absoluta de los hallazgos. Sin embargo, la consistencia global de la evidencia fortalece la validez interpretativa del análisis realizado.



En conjunto, la discusión confirma que la implementación estructurada del código ictus constituye una estrategia organizativa eficaz para optimizar la atención del infarto cerebral isquémico, integrando eficiencia operativa y mejora de resultados clínicos en un modelo asistencial coordinado.

CONCLUSIONES

La aplicación estructurada del código ictus demuestra ser una estrategia eficaz para optimizar la atención del infarto cerebral isquémico, evidenciándose una reducción sostenida de los tiempos críticos intrahospitalarios, particularmente en los intervalos puerta-imagen y puerta-aguja, alcanzando en varios estudios valores iguales o inferiores a 30 minutos, lo que se asocia con una mayor independencia funcional y menor mortalidad. Estos hallazgos confirman que la organización protocolizada de la atención en la fase aguda constituye un elemento determinante para mejorar la eficiencia asistencial.

La evidencia analizada indica que la implementación coordinada del código ictus no solo mejora los indicadores de proceso, sino que también se asocia con mejores desenlaces clínicos, reflejados en una mayor proporción de pacientes que acceden oportunamente a terapias de perfusión, incluyendo trombólisis intravenosa y trombectomía mecánica, y en una evolución funcional más favorable. La relación entre tiempos más cortos de tratamiento y mejores resultados funcionales refuerza el principio de que la rapidez organizativa tiene impacto directo en la supervivencia y la independencia posterior al evento cerebrovascular.

Finalmente, los hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer la capacitación continua del personal, la coordinación interdisciplinaria y la evaluación sistemática de los protocolos implementados. La sostenibilidad del código ictus depende de la integración efectiva de los recursos humanos y tecnológicos, así como de la adaptación del modelo a distintos contextos hospitalarios. Futuras investigaciones deberán profundizar en su impacto a largo plazo y en su aplicabilidad en sistemas de salud con diferentes niveles de complejidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, Roth GA, Bisignano C, Abady GG, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Neurology* [Internet]. octubre de 2021 [citado 9 de febrero de 2026];20(10):795-820. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442221002520>
2. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, Martins SO, Pandian J, Lindsay P, et al. World Stroke Organization: Global Stroke Fact Sheet 2025. *International Journal of Stroke* [Internet]. febrero de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];20(2):132-44. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/17474930241308142>



3. Lượng PĐ, Hà TH, Huy VH, Sơn ĐA, Thắng VH, Phương NTM, et al. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI QUY TRÌNH BỎ ĐỘNG ĐỘT QUỴ NÃO (CODE STROKE) ĐIỀU TRỊ NGƯỜI BỆNH ĐỘT QUỴ CẤP SỬ DỤNG THUỐC TIÊU SỢI HUYẾT ĐƯỜNG TĨNH MẠCH TẠI BỆNH VIỆN VINMEC TIMES CITY GIAI ĐOẠN 2021-2024. 2025;
4. Sarmiento RJ, Wagner A, Sheriff A, Taralson C, Moniz N, Opsahl J, et al. Workflow and Short-Term Functional Outcomes in Simultaneous Acute Code Stroke Activation and Stroke Reperfusion Therapy. *NeuroSci* [Internet]. 22 de agosto de 2024 [citado 9 de febrero de 2026];5(3):291-300. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-4087/5/3/23>
5. Wang JDJ, Dong YQ, Yeo JYP, Teo KSH, Ng S, Jing M, et al. Improved functional outcomes and cost benefits of door-to-needle time under 30 min in acute ischemic stroke: an observational study. *Front Stroke* [Internet]. 3 de junio de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];4:1583875. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fstro.2025.1583875/full>
6. Astasio-Picado Á, Jurado-Palomo J, Rodriguez-Urbaneja CF. Impact of Stroke Code Activation on Functional Outcomes and the Role of Nursing in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *Neurology International* [Internet]. 29 de octubre de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];17(11):175. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2035-8377/17/11/175>
7. Correction to: Care of the Patient With Acute Ischemic Stroke (Posthyperacute and Prehospital Discharge): Update to 2009 Comprehensive Nursing Care Scientific Statement: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Stroke* [Internet]. mayo de 2021 [citado 9 de febrero de 2026];52(5). Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STR.0000000000000373>
8. Massaud RM, Accorsi TAD, Massant CG, Silva GS, De Carvalho Leite AV, Franken M, et al. In-hospital stroke protocol outcomes before and after the implementation of neurological assessments by telemedicine: an observational case-control study. *Front Neurol* [Internet]. 5 de marzo de 2024 [citado 9 de febrero de 2026];15:1303995. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2024.1303995/full>
9. Sukhera J. Narrative Reviews: Flexible, Rigorous, and Practical. *Journal of Graduate Medical Education* [Internet]. 1 de agosto de 2022 [citado 9 de febrero de 2026];14(4):414-7. Disponible en: <https://jgme.kglmeridian.com/view/journals/jgme/14/4/article-p414.xml>
10. Kleindorfer DO, Towfighi A, Chaturvedi S, Cockcroft KM, Gutierrez J, Lombardi-Hill D, et al. 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients With Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* [Internet]. julio de 2021 [citado 9 de febrero de 2026];52(7). Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STR.0000000000000375>
11. Li YF, Feng GQ, Ao YP, Gu B, Wang J, Xiao AF, et al. Impact of timeline-based management on treatment efficiency and outcomes in acute ischemic stroke: a quasi-experimental study. *Annals of Medicine* [Internet]. 31 de diciembre de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];57(1):2561793. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07853890.2025.2561793>
12. Wen R, Wang M, Bian W, Zhu H, Xiao Y, Zeng J, et al. Effectiveness of the acute stroke care map program in reducing in-hospital delay for acute ischemic stroke in a Chinese



- urban area: an interrupted time series analysis. *Front Neurol* [Internet]. 18 de abril de 2024 [citado 9 de febrero de 2026];15:1364952. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2024.1364952/full>
13. Man S, Solomon N, Mac Grory B, Alhanti B, Uchino K, Saver JL, et al. Shorter Door-to-Needle Times Are Associated With Better Outcomes After Intravenous Thrombolytic Therapy and Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke. *Circulation* [Internet]. 4 de julio de 2023 [citado 9 de febrero de 2026];148(1):20-34. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.064053>
 14. Walsh R, Nowlan N, Griffin E, McElroy S, O'Grada C, Power S, et al. Improving stroke pathway efficiency: outcomes of a quality improvement collaborative across a national stroke network. *J NeuroIntervent Surg* [Internet]. febrero de 2026 [citado 9 de febrero de 2026];18(2):399-403. Disponible en: <https://jn.is.bmj.com/lookup/doi/10.1136/jnis-2024-022771>
 15. Mori H, Kashiura M, Yuya Y, Ono F, Suzuki I, Yasuda H, et al. 670: EFFECT OF EARLY NEUROENDOVASCULAR TEAM INVOLVEMENT IN ACUTE STROKE PROTOCOL: A RETROSPECTIVE STUDY. *Critical Care Medicine* [Internet]. enero de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];53(1). Disponible en: <https://journals.lww.com/10.1097/01.ccm.0001101344.64064.c8>
 16. Kumar A, Kumar M, Verma P, Pal R, Nagi M, Mahesh KV, et al. Effects of stroke nurse-led acute stroke management on treatment time benchmarks, intravenous thrombolysis rates, and patient outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [Internet]. febrero de 2025 [citado 9 de febrero de 2026];34(2):108216. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1052305724006591>
 17. Wang JDJ, Dong YQ, Yeo JYP, Teo KSH, Ng S, Jing M, et al. Improved functional outcomes and cost benefits of door-to-needle time under 30 min in acute ischemic stroke: an observational study. *Front Stroke*. 2025;4:1583875. doi:10.3389/fstro.2025.1583875 PubMed PMID: 41541845; PubMed Central PMCID: PMC12802697.
 18. Shorter Door-to-Needle Times Are Associated With Better Outcomes After Intravenous Thrombolytic Therapy and Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke - PubMed [Internet]. [citado 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37199147/>
 19. Association between door-to-needle time and outcomes in acute ischemic stroke patients treated with intravenous thrombolysis plus mechanical thrombectomy: Analysis from the Italian Registry of Endovascular Treatment in Acute Stroke (IRETAS) - PubMed [Internet]. [citado 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40947717/>
 20. Zhang Y, Zhu Y, Jiang T, Liu J, Tang X, Yi W. An in-hospital stroke system to optimize emergency management of acute ischemic stroke by reducing door-to-needle time. *Am J Emerg Med*. julio de 2023;69:147-53. doi:10.1016/j.ajem.2023.04.008 PubMed PMID: 37119700.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ADOLESCENCIA: TRANSFORMACIONES EN EL DESARROLLO SOCIOEMOCIONAL EN LA ERA DIGITAL

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ADOLESCENCE: TRANSFORMATIONS IN SOCIO-EMOTIONAL DEVELOPMENT IN THE DIGITAL AGE

Tania Yanina Vélez Briones¹, Diana Carolina Rivadeneira Lalama², Diego Sebastián Villacrés Gavidia³, Jorge Alberto Montesdeoca Gonzalez⁴

{tvelez9362@utm.edu.ec¹, dcrivadeneira@sfelipeneri.edu.ec², dsvillacres@institutos.gob.ec³, beto.gonzalez.svp@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 28/02/2026 / Fecha de aceptación: 09/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: El avance de la inteligencia artificial (IA) está reconfigurando las interacciones sociales y el desarrollo humano, siendo los adolescentes el grupo más permeado por la mediación tecnológica precisamente en la fase en la que la identidad y la regulación emocional maduran. Este estudio presenta una revisión bibliográfica sistemática de la literatura indexada orientada a develar las transformaciones del desarrollo socioemocional adolescente en la era digital. Se aborda la dimensión accionante de la IA, desagregándola en la interfaz de redes sociales, asistentes virtuales y videojuegos, y se indagan los mecanismos a través de los cuales esas mediaciones afectan la construcción de la relación interpersonal, la autoevaluación, la empatía y el bienestar emocional. Los autores han sistematizado los hallazgos de investigaciones cualitativas, cuantitativas y de enfoque mixto para extraer patrones y contrastar divergencias en el corpus empírico. Los resultados documentan que, aunque la IA ofrece vías ampliadas de conexión y acceso a recursos de apoyo, los riesgos subyacentes ciberacoso, presión hacia la validación externa y exposición a filtros algorítmicos que reintroducen sesgos constituyen condicionantes críticos del desarrollo socioemocional. El artículo examina la necesidad de construir una comprensión sistémica de los fenómenos tecnológicos que afectan a la adolescencia a fin de formular intervenciones que favorezcan un desarrollo socioemocional saludable en un contexto predominantemente mediado por la tecnología. Los datos recogidos evidencian la complejidad de la interacción entre la tecnología de inteligencia artificial y los jóvenes y, al mismo tiempo, señalan la apremiante necesidad de sostener programas de investigación ampliados y de implementar políticas educativas que se

¹Universidad Técnica de Manabí, <https://orcid.org/0009-0007-2149-7422>.

²Ministerio de Educación, <https://orcid.org/0009-0000-6389-6455>.

³Ministerio de Educación, Deporte y Cultura, <https://orcid.org/0009-0000-3117-6832>.

⁴Investigador Independiente, <https://orcid.org/0009-0001-7214-9088>



ajuste de manera dinámica al nuevo ecosistema digital en el cual los adolescentes deben insertarse.

Palabras clave: *Conectividad digital, bienestar, salud mental, redes sociales, aprendizaje automático*

ABSTRACT: Advances in artificial intelligence (AI) are reshaping social interactions and human development, with adolescents being the group most affected by technological mediation precisely at the stage when their identity and emotional regulation are maturing. This study presents a systematic review of the indexed literature aimed at revealing the transformations in adolescent socio-emotional development in the digital age. It addresses the action-oriented dimension of AI, breaking it down into the interface of social networks, virtual assistants, and video games, and investigates the mechanisms through which these mediations affect the construction of interpersonal relationships, self-assessment, empathy, and emotional well-being. The authors have systematized the findings of qualitative, quantitative, and mixed-method research to extract patterns and contrast divergences in the empirical corpus. The results document that, although AI offers expanded avenues of connection and access to support resources, the underlying risks of cyberbullying, pressure for external validation, and exposure to algorithmic filters that reintroduce biases are critical determinants of socio-emotional development. The article examines the need to build a systemic understanding of the technological phenomena affecting adolescence in order to formulate interventions that promote healthy socio-emotional development in a predominantly digital context. The article examines the need to build a systemic understanding of the technological phenomena affecting adolescence in order to formulate interventions that promote healthy social-emotional development in a context predominantly mediated by technology. The data collected highlight the complexity of the interaction between artificial intelligence technology and young people and, at the same time, point to the urgent need to support expanded research programs and implement educational policies that dynamically adapt to the new digital ecosystem in which adolescents must insert themselves.

Keywords: *Digital connectivity, well-being, mental health, social media, machine learning*

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI continúa mostrando un proceso de convergencia radical entre la inteligencia artificial y las rutinas de la vida ordinaria, una tendencia que se nota en todas las dinámicas sociales, incluidas las que estructuran la adolescencia, un intervalo intrínsecamente fluctuante por cambios biológicos, cognitivos y sociales acelerados. Este intervalo, instalado entre la pubertad y la temprana entrada en la vida adulta, se distingue por la cristalización de la identidad personal, el ensanchamiento de las competencias sociales y emocionales y la cabal reelaboración del sentido del yo. Durante las últimas décadas, la penetración de la tecnología



digital reconstituyó de manera radical el modo en que las y los jóvenes dialogan con el entorno. Sin embargo, el momento inaugural del presente siglo, con la llegada y abundancia de sistemas de inteligencia artificial, proporcionó una amplificación de esa reconstitución. Hoy, las y los adolescentes habitan un ecosistema digital en el que algoritmos altamente personalizados guían, a veces de forma discreta, las interacciones, el consumo cultural y las comprensiones del mundo que circulan por las plataformas.

La inteligencia artificial ha permeado simultáneamente las plataformas que estructuran de modo determinante la vida social de la adolescencia contemporánea. Servicios de microblogging como TikTok e Instagram despliegan algoritmos de recomendación que ajustan dinámicamente los fluxs de contenido, configurando exposiciones selectivas y configurando comunidades virtuales en aceleración. Intermediarios como Siri o Alexa, así como los asistentes conversacionales de los entornos de juego, instituyen, de un modo ignorado, formas novedosas de diálogo iterativo entre humanos y máquinas. Dada la ubicuidad de estos sistemas, la comunidad académica ha orientado la atención hacia los efectos sobre la maduración socioemocional. Las revisiones previas abordan, en primer término, los múltiples impactos de los entornos de inserción social en la salud mental juvenil, revelando ligaduras con niveles acrecentados de ansiedad, síntomas depresivos y decremento de la autoestima (1). Sin embargo, el estudio del papel mediador que la inteligencia artificial ejerce de modo mediado en tales dinámicas continúa planteándose como un dominio de desarrollo incipiente y, por tanto, vulnerable al esbozo de aproximaciones empíricas.

A nivel global, la investigación comienza a explorar esta intersección. Estudios iniciales sugieren que la exposición a entornos mediados por IA puede tener efectos tanto positivos como negativos. Por un lado, puede facilitar el acceso a información y apoyo sobre salud mental, reducir el estigma y ofrecer espacios para explorar la identidad (2). Por otro, existe una creciente preocupación por su potencial para exacerbar la ansiedad social, socavar la empatía al reducir la práctica de la lectura de señales socioemocionales complejas en interacciones cara a cara, y distorsionar la autopercepción mediante la promoción de ideales de belleza inalcanzables (3).

En la región latinoamericana y, de forma particular, en el Ecuador, el acceso a la tecnología digital ha sido objeto de una expansión exponencial en la última década (4). No obstante, el análisis sobre la influencia de la inteligencia artificial en el proceso de desarrollo adolescente en estas geografías continúa siendo una esfera de investigación emergente. La literatura internacional ha documentado que los sistemas algorítmicos pueden, en la práctica, amplificar prejuicios preexistentes y generar burbujas de filtro, lo que podría restringir la, ya de por sí limitada, exposición de los adolescentes a inmediatas alternativas de pensamiento y, de forma correlativa, obstaculizar el avance en la cultivación de la empatía (5). A la vez, distintas instancias académicas y de aplicación social proponen que la IA puede operar como recurso para el bienestar, mediante programas que, ya sea proveyendo asistencia en salud mental como facilitando la conexión entre adolescentes que comparten intereses específicos, favorecen una práctica positiva de los entornos digitales (6). La dicotomía que configura la IA como generador



de oportunidades y, simultáneamente, de riesgos, requiere la implementación de una evaluación rigurosa y continuo.

Este artículo aborda la complejidad de este fenómeno, con el objetivo general de analizar, a través de una revisión bibliográfica sistemática, las principales transformaciones en el desarrollo socioemocional de las adolescentes derivadas de su interacción con la inteligencia artificial en la era digital. Para ello, se revisarán críticamente estudios que examinan cómo la IA impacta en la formación de la identidad, las relaciones interpersonales, la empatía, la regulación emocional y la salud mental de los jóvenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación adopta una revisión bibliográfica sistemática acotada por los lineamientos del método PRISMA, dotando a la evaluación de la literatura científica sobre la interrelación entre la inteligencia artificial y el desarrollo socioemocional adolescente de una estructura rigurosa y de elevada reproducibilidad entre investigadores. De esta forma, se proporciona una panorámica objetiva, consolidando el corpus analítico fundamentado en datos terciarios.

Entorno: La recolección de la documentación se llevó a cabo en el espacio virtual, empleando accesos a bancos de datos académicos reconocidos, repositorios institucionales y plataformas de publicación de alto impacto internacional; la conectividad virtual se convierte así en el ámbito territorial exclusivo de actuación del estudio.

Criterios de selección:

- **Inclusión:** se recuperaron investigaciones publicado en revistas indexadas con arbitraje, libros académicos y actas de congresos, todas aparecen entre 2015 y 2024. El objeto de análisis debió contemplar explícitamente la relación entre la inteligencia artificial restringida a algoritmos, asistentes virtuales, chatbots y variantes de similares características y, al menos, una de las esferas del desarrollo socioemocional adolescente (12-18 años), entre las cualidades contempladas se mencionan la construcción identitaria, la empatía, la red de vínculos sociales y la salud mental. Se aceptaron aportes de diseño cuantitativo, cualitativo y de métodos mixtos.
- **Exclusión:** se eliminaron editoriales, cartas al editor, opiniones no sustentadas con datos empíricos y contribuciones que no separaran adecuadamente el impacto general de la tecnología digital del efecto acotado del objeto inteligencia artificial.

Estrategia de búsqueda: Se estableció un protocolo sistemático de recuperación de información que articuló un conjunto de palabras clave centradas en las dimensiones de la inteligencia artificial y la adolescencia: "inteligencia artificial", "adolescencia", "desarrollo socioemocional", "salud mental", "bienestar", "relaciones sociales", "redes sociales" y "algoritmos". La extracción de información se condujo en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, PsycINFO y



ERIC. Para delimitar los resultados se aplicó un esquema de recuperación mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT), diseñado de tal forma que cada consulta precisó la coincidencia de términos en la forma que la hipótesis planteaba, minimizando la inclusión de literatura irrelevante.

Análisis de datos: Las evidencias fueron inscritas en una matriz electrónica común, que abarcó el tipo de investigación, la cohorte, los resultados centrales, las restricciones inherentes y los juicios del autor. Se aplicó una triangulación temática para destilar los productos cualitativos y una ruta narrativa para cartografiar los datos cuantitativos. La oferta se organizó después en unidades temáticas definidas, tales como “Alteración de la identidad y de la autopercepción”, “Metamorfosis en las dinámicas de apego” y “Implicaciones para el bienestar mental y la autorregulación emocional”.

RESULTADOS

El análisis sistemático de la literatura examinado ha permeado la identificación de trayectorias convergentes y de emergencias claramente discernibles, poniendo de manifiesto de forma contundente el efecto integral y polifacético de las tecnologías de inteligencia artificial en la evolución socioemocional de la población adolescente. El corpus analizado articuló tres dominios primarios donde la mediación de algoritmos de aprendizaje automático ha inducido cambios de amplio alcance y persistencia: la reconfiguración contemporánea de las construcciones de identidad y de la autoevaluación, la perturbación y reestructuración de las dinámicas de interacción social, y, en tercer lugar, la movilidad de las trayectorias relacionadas con la salud mental y la gobernanza de las respuestas emocionales.

Impacto en la identidad y la autoestima

La IA en las redes sociales articula de manera silenciosa y definitiva la formación de la identidad durante la adolescencia. Al etiquetar y presentar cada historia, imagen y vídeo según las interacciones previas, los algoritmos crean un circuito que a menudo eleva una versión corregida y aumentada del yo. Investigaciones recientes cuantifican el fenómeno: los jóvenes expuestos a feeds diseñados por IA que replican cánones de belleza y rendimiento a menudo insostenibles reportan una merma significativa en la confianza corporal y en la autoestima (7). La búsqueda de refuerzo social, cuantificada en 'me gusta' y comentarios, opera como un potente generador de recompensas intermitentes que ajusta silenciosamente la conducta y el sentido de la pítanza. Sin embargo, el potencial de la IA no se limita a la coerción; también ofrece vías de autodescubrimiento. En algunas comunidades virtuales guiadas por modelos algorítmicos, adolescentes logran eludir el espejo del mundo físico y despliegan de manera suscrita fragmentos de una identidad que en la vida cara a cara aún no se atreven a compartir (8). La Figura 1 cartografía esta dualidad y documenta que, bajo el mismo logaritmo, la aceptación y el agobio pueden ser, a un tiempo, el tiranizado y el aliado.

**Figura 1. Esquema del bucle de retroalimentación algorítmica y su impacto en la autoestima adolescente.**

Fuente del Algoritmo	Proceso Algorítmico	Impacto en la Identidad y Autoestima
Redes Sociales (ej. Instagram)	Recomendación de contenido basado en interacciones pasadas.	Refuerzo de ideales inalcanzables, aumento de la insatisfacción corporal y baja autoestima.
Comunidades Online (ej. Foros)	Agrupación de usuarios por intereses comunes.	Facilitación de la exploración de identidad y la creación de un sentido de pertenencia.

Transformaciones en las relaciones interpersonales

La inteligencia artificial está redefiniendo cómo los adolescentes construyen sus lazos diarios. Los sistemas inteligentes que sugieren amistades o agrupan de manera automática choques de intereses dentro de las redes sociales permiten que surjan relaciones que de otro modo permanecerían latentes. Al tiempo, esta intermediación digital desliza niveles de peligros. Investigaciones reiteradas identifican la “hiperconexión superficial”: millares de vínculos virtuales acumulados, sin que uno solo se aproxime a la intimidad o a la reciprocidad emocional genuina (9). Además, la negociación de afectos al través de dispositivos de IA, como los asistentes de conversación o los demás robots de charla, elude por omisión el trabajo silencioso de los componentes no verbales que alimentan la empatía. Un estudio comparativo documentó que, entre los jóvenes que dialogan de modo habitual con programas de conversación con propósito emocional, la habilidad de decodificar emociones a partir de la expresión facial se presenta, estadísticamente, debilitada frente a la de sus coetáneos (10).

Adicionalmente, la IA actúa como catalizador del ciberacoso. Mediante la explotación de patrones de interacción, los modelos pueden orientar a individuos vulnerables y alimentar propuestas de contenido o recomendaciones de grupos que fortalecen el fenómeno agresor. Un examen de los sistemas de moderación de contenido impulsados por IA en plataformas de redes sociales mostró que, aunque se levantan métricas favorables en la detección de lenguaje de odio, dichas arquitecturas suelen fallar ante las manifestaciones más sutiles y dependientes del contexto del acoso, exponiendo así de forma implícita a la población adolescente (11). La Tabla 1 sintetiza los hallazgos más relevantes acerca de las relaciones interpersonales mediadas por IA.

Tabla 1. Hallazgos clave sobre relaciones interpersonales y la IA en la adolescencia.

Aspecto de la Relación	Impacto de la IA
Formación de Redes	Algoritmos facilitan la formación de comunidades y la conexión entre pares.
Intimidad y Profundidad	Fomenta la "hiperconexión superficial" y reduce la comunicación no verbal.
Resolución de Conflictos	Desvía el contacto directo, dificultando el desarrollo de habilidades de mediación.
Riesgos	Catalizador del ciberacoso; sistemas de moderación a menudo ineficaces contra el



Efectos sobre la salud mental y la regulación emocional

La influencia de las tecnologías de inteligencia artificial sobre la salud mental de la adolescencia continúa consolidándose como uno de los campos de investigación más relevantes y acuciantes. La interacción sistemática con algoritmos que privilegian la difusión de imágenes o narrativas extremas paradigmáticamente idealizadas se asocia con la exacerbación de trastornos de ansiedad, episodios depresivos y dismorfia corporal (12). Un reciente metaanálisis que integró 15 estudios longitudinales identificó una correlación significativa entre el uso extendido de plataformas sociales administradas por IA y la aparición de síntomas depresivos en la población juvenil (13).

No obstante, la inteligencia artificial se examina cada vez más no sólo en términos de su eficacia clínica, sino como soportes paralelos en la atención en salud mental. Aplicaciones diseñadas bajo la oleada de la terapia cognitiva-conductual, así como chatbots programados para proporcionar soporte emocional, han comenzado a consolidar una población de usuarios en rápido crecimiento. Estos entornos, operativos durante todo el día, facilitan el acceso a recursos de bienestar psicológico, algo que, a su vez, se convierte en una oportunidad para las zonas geográficas que enfrentan un déficit de infraestructura adecuada en salud mental (14). Sin embargo, el escrutinio académico de estos dispositivos abre un nuevo caudal de interrogantes éticos. Las dimensiones de la privacidad se vuelven particularmente críticas, dado que informaciones sensibles se intercambian, almacenan y procesan; asimismo, la cuestionable duración en la que una interacción masificada, también programada, logra mantener su efectividad, se torna problemática en comparación con una respuesta humana verificada y acompañada (15). La Tabla 2 proporciona, así, un marco comparado, en el que se iluminan de modo abreviado los principales riesgos y beneficios asociados al uso de algoritmos de inteligencia artificial en la atención al mental adolescente.

Tabla 2. Contraste entre riesgos y beneficios de la IA en la salud mental de los adolescentes.

Riesgos	Beneficios
Contenido Extremo	Exposición a algoritmos que promueven trastornos alimentarios y autolesiones.
Comparación Social	Algoritmos que refuerzan la presión por la validación social y la dismorfia corporal.
Dependencia	Creación de adicciones conductuales a las plataformas digitales.

DISCUSIÓN

La revisión contextualiza el surgimiento de la inteligencia artificial como un mediador inédito que reestructura las trayectorias de desarrollo socioemocional adolescente de forma multicausal. Los hallazgos corroboran, y, en ciertos aspectos, contradicen, las teorías consolidadas sobre la interacción de las tecnologías digitales y las poblaciones jóvenes.

En particular, las evidencias que vinculan el uso de algoritmos de recomendaciones en plataformas sociales con la merma de la autoestima y la intensificación de la insatisfacción corporal corroboran anticipaciones de (16), que desde 2011 documentaron los peligros de exposiciones digitales indiscriminadas. No obstante, la revisión presenta un avance al subrayar que es la mediación algorítmica, y no únicamente la exposición a la pantalla, la que intensifica la presión hacia cánones corporales idealizados. La inteligencia artificial, al segmentar y curar contenidos en umbrales micro-individuales, genera un ciclo retroalimentado de validación y de ajuste corporal, un fenómeno que algoritmos orientados a la salud mental han ensayado por fuera de las ciencias sociales. Investigaciones pertinentes en el ámbito computacional han recelado de los umbrales de precisión y de segmentación (17), aportando un marco más amplio de análisis sobre los peligros implicados.

Respecto de la esfera relacional, la correlación entre la mediación algorítmica y la emergencia de una "hiperconexión superficial" respalda la noción de "soledad digital" que Turkle presentó en su análisis (18). Aunque los usuarios adolescentes acceden a redes que multiplican su radio social, esa expansión no necesariamente se traduce en intimidad emocional o en el desarrollo de vínculos interpersonales profundos. Sin embargo, los datos recogidos desacreditan la concepción de que la mediación tecnológica se limite a producir aislamiento; en su lugar, evidencia que la IA, al articular comunidades virtuales, propicia la intersección de pares que, en contextos presenciales, habrían permanecido aislados. Tal tendencia se alinea con los resultados de estudios que documentan el impacto positivo de foros y redes de soporte en jóvenes con afinidades minoritarias (19).

La discusión contemporánea sobre salud mental evidencia la doble naturaleza de la inteligencia artificial como facilitadora y a la vez agente de riesgo. Un cuerpo creciente de evidencia sustentado por meta-análisis recientes documenta la correlación entre la exposición a plataformas mediadas por IA y el incremento de síntomas de ansiedad y depresión en poblaciones jóvenes (18). No obstante, la capacidad emergente de la IA para funcionar como recurso terapéutico está igualmente bien fundamentada y, a la postre, reafirma su utilidad potencial en la intervención sobre salud mental. Aunque autores como (20) subrayan, con causa, la imposibilidad de los chatbots para reproducir la empatía humana, nuestra revisión sugiere que, en la práctica, esos sistemas son valiosos como triage inicial en entornos donde el acceso a recursos clínicos es tenue. Esta constatación subraya la urgente necesidad de constituir un marco reflexivo que reoriente el debate desde una dicotomía paralizante tecnología frente a sociedad hacia una mirada que examine contextos y procesos. La función de tecnologías de este tipo, por ende, permanece como cuestión de diseño, implementación y deseabilidad social, y no



de la propia máquina. En última instancia, la destreza de la IA radica en cómo se convierte, mediante un propósito explícito y reelaborado colectivamente, en un mediador del desarrollo socioemocional y no, por el contrario, en su anomalía.

CONCLUSIONES

Los sistemas de recomendación y personalización, pilares de la inteligencia artificial, ejercen un poder decisivo sobre la configuración de la identidad y la autoestima en la adolescencia contemporánea. Al propiciar la difusión de ideales de belleza y logro que resultan, a menudo, inalcanzables, estos algoritmos intensifican la insatisfacción corporal y la búsqueda de validación a partir de métricas sociales. Sin embargo, simultáneamente, crean entornos en los que los jóvenes pueden explorar y articular diversas facetas de la identidad, así como afiliarse a comunidades que comparten intereses y preocupaciones.

La mediación de la IA está transformando las dinámicas relacionales, cultivando lo que se describe como una “hiperconexión superficial”. En este marco, la extensión cuantitativa de las interacciones tiende a socavar la profundidad emocional y la empatía, a la vez que despliega nuevas formas de sociabilidad. Pese a esta erosión potencial, la inteligencia artificial también actúa como catalizador de redes de apoyo entre pares, capaces de reducir la fragmentación espacial y temporal y de ofrecer a jóvenes que de otro modo no contarían con oportunidades de encuentro un sentido renovado de pertenencia.

Los horizontes que la IA abre para la salud mental de los adolescentes son, en último término, ambivalentes. La exposición a flujos algorítmicos que amplifican contenidos sombríos se ha vinculado a un incremento de síntomas ansiosos y depresivos; no obstante, la misma tecnología despierta oportunidades de mediación y apoyo psicosocial, especialmente en entornos con acceso restringido a servicios clínicos. En este sentido, es posible vislumbrar una capacidad resiliente de la inteligencia artificial como fenómeno tecnológico, siempre y cuando su diseño y aplicación emprendan una dirección ética y orientada a la mejora integral del bienestar juvenil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Orben A, Przybylski AK. The association between adolescent well-being and digital technology use. *Nat Hum Behav.* febrero de 2019;3(2):173-82.
2. Uhls YT, Ellison NB, Subrahmanyam K. Benefits and Costs of Social Media in Adolescence. *Pediatrics.* noviembre de 2017;140(Suppl 2):S67-70.
3. Firth J, Torous J, Stubbs B, Firth JA, Steiner GZ, Smith L, et al. The “online brain”: how the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry.* junio de 2019;18(2):119-29.
4. Panorama Social de América Latina 2019 | Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44969-panorama-social-america-latina-2019>
5. (PDF) It's Complicated: The Social Lives of Networked Teens [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en:



- https://www.researchgate.net/publication/281562649_It's_Complicated_The_Social_Lives_of_Networked_Teens
6. Depp C, Ehret B, Villa J, Perivoliotis D, Granholm E. A Brief Mobile-Augmented Suicide Prevention Intervention for People With Psychotic Disorders in Transition From Acute to Ongoing Care: Protocol for a Pilot Trial. *JMIR Res Protoc*. 8 de febrero de 2021;10(2):e14378.
 7. Fardouly J, Vartanian LR. Social Media and Body Image Concerns: Current Research and Future Directions. *Curr Opin Psychol*. junio de 2016;9:1-5.
 8. Nesi J, Telzer EH, Prinstein MJ, editores. *Handbook of Adolescent Digital Media Use and Mental Health* [Internet]. 1.^a ed. Cambridge University Press; 2022 [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/product/identifiier/9781108976237/type/book>
 9. (PDF) It's Complicated: The Social Lives of Networked Teens [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281562649_It's_Complicated_The_Social_Lives_of_Networked_Teens
 10. Agyapong-Opoku N, Agyapong-Opoku F, Greenshaw AJ. Effects of Social Media Use on Youth and Adolescent Mental Health: A Scoping Review of Reviews. *Behav Sci*. 24 de abril de 2025;15(5):574.
 11. Suler JR. *The Psychology of Cyberspace - The Classic Text*.
 12. Primack BA, Shensa A, Sidani JE, Whaitte EO, Lin L yi, Rosen D, et al. Social Media Use and Perceived Social Isolation Among Young Adults in the U.S. *Am J Prev Med*. julio de 2017;53(1):1-8.
 13. Twenge JM. Increases in Depression, Self-Harm, and Suicide Among U.S. Adolescents After 2012 and Links to Technology Use: Possible Mechanisms. *Psychiatr Res Clin Pract*. 2020;2(1):19-25.
 14. (PDF) Digital Health: A New Frontier [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/370399874_Digital_Health_A_New_Frontier
 15. Almuqrin A, Hammoud R, Terbagou I, Tognin S, Mechelli A. Smartphone apps for mental health: systematic review of the literature and five recommendations for clinical translation. *BMJ Open*. 11 de febrero de 2025;15(2):e093932.
 16. O'Keeffe GS, Clarke-Pearson K, Council on Communications and Media. The impact of social media on children, adolescents, and families. *Pediatrics*. abril de 2011;127(4):800-4.
 17. Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism | Request PDF [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327109256_Algorithms_of_Oppression_How_Search_Engines_Reinforce_Racism
 18. Turkle S. *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*. New York, NY, US: Basic Books/Hachette Book Group; 2011. xvii, 360 p. (*Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*).
 19. E. Notar C, Padgett S, Roden J. Cyberbullying: A Review of the Literature. *Univers J Educ Res*. junio de 2013;1(1):1-9.





20. [PDF] Online Social Networking and Mental Health | Semantic Scholar [Internet]. [citado 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Online-Social-Networking-and-Mental-Health-Panti%C4%87/5382246384b8b7c6b7233d713bee58a5a7d22cf7>



ACTA TRANSACCIONAL EXTRAJUDICIAL COMO TÍTULO DE EJECUCIÓN, SEGÚN DEL COGEP

EXTRAJUDICIAL TRANSACTIONAL ACT AS AN ENFORCEMENT TITLE, ACCORDING TO THE COGEP

Mariela del Pilar Mayorga Almeida¹, Víctor Gabriel Viscarra Torres²

{abmarielamayorga@hotmail.es¹, vvisacrra@doc.unibe.edu.ec²}

Fecha de recepción: 28/02/2026 / Fecha de aceptación: 09/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: El estudio analiza la naturaleza jurídica del acta transaccional extrajudicial dentro del sistema procesal civil ecuatoriano a partir de la problemática interpretativa generada por su doble regulación en el Código Orgánico General de Procesos (COGEP), que la contempla simultáneamente como título ejecutivo y como título de ejecución. Esta situación ha provocado incertidumbre doctrinal y práctica respecto del procedimiento judicial idóneo para exigir su cumplimiento forzoso, afectando principios como la seguridad jurídica, la economía procesal y la eficacia de los mecanismos alternativos de solución de conflictos. El problema de investigación se centra en determinar cuál es el procedimiento aplicable para ejecutar una transacción extrajudicial sin desnaturalizar su finalidad autocompositiva ni generar duplicidad procesal. El objetivo del trabajo fue establecer la naturaleza jurídica procesal de esta institución para definir si su exigibilidad debe tramitarse mediante proceso ejecutivo o mediante procedimiento de ejecución directa. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo dogmático-jurídico y documental, mediante revisión bibliográfica sistemática de normativa, doctrina y jurisprudencia publicadas entre 2020 y 2025 en bases de datos académicas como Google Académico, Latindex y SciELO, aplicando métodos exegético, sistemático, comparativo y hermenéutico para el análisis de las fuentes. Los resultados evidenciaron un consenso doctrinal creciente que reconoce a la transacción extrajudicial efectos equivalentes a la cosa juzgada convencional, lo que justifica su ejecución directa sin fase declarativa previa, al tratarse de una obligación previamente definida por la voluntad de las partes. Se concluye que la interpretación más coherente con los principios del modelo procesal ecuatoriano es considerarla como título de ejecución, garantizando tutela judicial efectiva, celeridad procesal y fortalecimiento de la justicia autocompositiva, superando así la antinomia normativa existente.

Palabras clave: Acta transaccional extrajudicial, título de ejecución, COGEP, autocomposición, seguridad jurídica.

¹Maestrante de Derecho Procesal de la UNIB.E, <https://orcid.org/0000-0002-7290-8355>

²Docente de la Universidad Iberoamericana del Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-9343-0285>



ABSTRACT: The study analyzes the legal nature of out-of-court settlements within the Ecuadorian civil procedural system, based on the interpretative problems generated by their dual regulation in the General Organic Code of Procedures (COGEP), which simultaneously considers them as enforceable instruments and as instruments of execution. This situation has led to doctrinal and practical uncertainty regarding the appropriate judicial procedure for enforcing compliance, affecting principles such as legal certainty, procedural economy, and the effectiveness of alternative dispute resolution mechanisms. The research problem focuses on determining the applicable procedure for enforcing an out-of-court settlement without distorting its self-composing purpose or generating procedural duplication. The objective of the work was to establish the legal procedural nature of this institution in order to define whether its enforceability should be processed through an enforcement proceeding or through a direct enforcement procedure. The research was conducted using a qualitative, dogmatic-legal, and documentary approach, through a systematic review of regulations, doctrine, and case law published between 2020 and 2025 in academic databases such as Google Scholar, Latindex, and SciELO, applying exegetical, systematic, comparative, and hermeneutic methods to analyze the sources. The results showed a growing doctrinal consensus that recognizes extrajudicial settlements as having effects equivalent to conventional *res judicata*, which justifies their direct enforcement without a prior declaratory phase, as they are obligations previously defined by the will of the parties. It is concluded that the interpretation most consistent with the principles of the Ecuadorian procedural model is to consider it as an enforceable title, guaranteeing effective judicial protection, procedural speed, and strengthening self-composing justice, thus overcoming the existing regulatory antinomy.

Keywords: *Out-of-court settlement agreement, enforcement order, COGEP, self-composition, legal certainty*

INTRODUCCIÓN

El moderno Derecho Procesal Civil adopta modelos de justicia más funcionales; en ellos, la solución de conflictos no recae exclusivamente en la actividad jurisdiccional, sino que ya no otorgan menor eficacia jurídica a los mecanismos autocompositivos que derivan de las partes, razón por la cual la transacción extrajudicial se erige como una institución con carácter profundamente civilista, ya que se define como el acuerdo por el cual los sujetos previenen un litigio o dan por finalizada la controversia en la que se hallan inmersos a través de concesiones mutuas, y de este modo generan entre ellos obligaciones exigibles conforme las reglas generales de derecho contractual que señala el Código Civil ecuatoriano (1). Esta figura ha sido entendida, tradicionalmente, sólo como un contrato que presenta efectos de carácter sustantivo, pero entonces la evolución del sistema procesal ecuatoriano lo ha colocado en el espacio de la ejecución de obligaciones, concretamente a partir de la vigencia del Código Orgánico General de Procesos (COGEP), que decantó en un modelo procesal alrededor de los principios de celeridad, economía procesal, concentración y tutela judicial efectiva (2).



El COGEP advierte a la transacción extrajudicial como documento con idoneidad para poder exigir la ejecución forzada de las obligaciones, introduciéndola dentro del catálogo de títulos ejecutivos en su artículo 347 numeral 7, al ser capaz de activar la vía ejecutiva judicial en el caso de que la obligación que recoge sea clara, pura, determinada y exigible (3). Sin embargo, el mismo cuerpo normativo la inserta como documento de ejecución en el artículo 363 numeral 7, categoría correspondiente a los documentos que contienen derechos definidos que permiten activar inmediatamente la actividad coercitiva del Estado, sin requerir, por ende, de una fase declarativa previa (4). Esta doble regulación genera una aparente antinomia normativa, puesto que el procedimiento ejecutivo entraña un cierto grado de cognición judicial destinada a verificar la exigibilidad de la obligación, pero el procedimiento de ejecución da a entender que ya existe un derecho consolidado cuyo ejercicio debe llevarse a cabo inmediatamente a través de la presión de actos de apremio. La existencia de ambas normas dentro de un mismo sistema procesal genera incertidumbre interpretativa, diferencias en la jurisprudencia y efectos prácticos negativos sobre el principio de seguridad jurídica consagrado constitucionalmente.

Los problemas expuestos tienen un alcance que es capaz de ir más allá de la dimensión estrictamente técnica. La no delimitación de cuál es el procedimiento aplicable para la realización de una transacción extrajudicial tiene una incidencia directa y decisiva sobre la eficacia de los mecanismos alternativos de resolución de conflictos, de modo que si el acuerdo al que llegan las partes no es ejecutado rápida e eficazmente, se desnaturaliza la función para la cual se confirmó en su momento la posibilidad de la transacción extrajudicial, que no era otra que la de evitar la instauración de juicios largos y costosos, obligando en última instancia a las personas a regresar a los interminables procesos judiciales (5). En este sentido, la indeterminación de la norma hace quebrar la cultura del diálogo; afecta a la confianza en la autocomposición como medio lícito de resolución de las controversias; niega la marcha del legislador del proceso que precisamente tiende a fomentar los procesos de desjudicialización y el uso racional del aparato jurisdiccional.

Desde la teoría, el debate radica en saber si la transacción extrajudicial tiene una naturaleza meramente contractual -lo que la haría merecedora del régimen de título ejecutivo- o si con arreglo a la misma se generan efectos propios de cosa juzgada convencional, lo que permitiría aceptar la existencia de un título ejecutivo por el hecho de que las partes ya han convenido previamente el contenido de sus derechos y obligaciones (6). Esta controversia pone de manifiesto la tensión producida entre un modelo procesal, el tradicional, que tiene a la declaración judicial como presupuesto para la coercibilidad, y un modelo procesal moderno, que entiende que la voluntad de las partes si se expresa conforme a derecho es suficiente como valor normativo.

En atención a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo general determinar la naturaleza jurídica procesal del acta transaccional extrajudicial dentro del COGEP, a fin de establecer el procedimiento judicial aplicable —ejecutivo o de ejecución— para su cumplimiento forzoso, resolviendo la antinomia normativa generada por su doble clasificación en los artículos 347 y 363 del referido cuerpo legal. Como objetivos específicos, se propone: i)



clarificar las distinciones conceptuales y efectos jurídicos entre el título ejecutivo y el título de ejecución; ii) aplicar los criterios clásicos de solución de antinomias, especialmente el cronológico y el teleológico, para interpretar de manera sistemática las disposiciones en conflicto; iii) analizar el criterio judicial predominante respecto a la ejecución de las transacciones extrajudiciales; y iv) evaluar las consecuencias procesales de cada interpretación en relación con los principios de celeridad, seguridad jurídica y tutela judicial efectiva.

Con base en este contexto se postula, como hipótesis de investigación, que la transacción extrajudicial debe ser considerada como título de ejecución, de conformidad con el artículo 363, literal 7 del COGEP y que, por lo tanto, su cumplimiento forzoso debe tramitarse a través del procedimiento de ejecución forzada —interpretación que se considera más acorde con la finalidad legislativa, que es la que otorga la máxima eficacia coercitiva a los acuerdos válidamente celebrados por los sujetos y con el modelo procesal que responde a la orientación de la pronta y efectiva administración de justicia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de investigación

La investigación en cuestión se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo dogmático-jurídico y documental, propio de los estudios de revisión bibliográfica en ciencias jurídicas, lo cual permitió abordar, interpretar y sistematizar la información que existe en normas, doctrina, jurisprudencia y literatura científica, hasta conseguir la naturaleza jurídica relativa al acta transaccional extrajudicial en el sistema procesal ecuatoriano.

El diseño que adopta la metodología crítica correspondiente es al de una revisión bibliográfica descriptiva-analítica, puesto que tiene una orientación que apunta a asumir criterios doctrinales y normativos existentes en torno a la caracterización de la entrega transaccional extrajudicial como título ejecutivo o título de ejecución, y analizar la congruencia entre tales criterios con los principios del Derecho Procesal contemporáneo; no obstante no emitir juicios con respecto al fenómeno a través de la medición de variables numéricas sino que persigue comprender estructuras jurídicas, interpretar los enunciados normativos y contrastar posiciones no conocidas hasta hoy.

Población o muestra

Dado que se trató de una revisión de la literatura, la "población" la conformó el total de documentos académicos y jurídicos relevantes para la materia; la "muestra" se conformó mediante la selección intencional de las fuentes especializadas publicadas en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2020 y 2025, periodo de tiempo coincidente con el periodo de vigencia del Código Orgánico General de Procesos y aplicación efectiva de este cuerpo normativo.

La búsqueda se llevó a cabo mediante las bases de datos académicas reconocidas, y entre ellas:



- Google Académico, para la búsqueda de los artículos científicos y la doctrina especializada.
- Latindex, para ubicar revistas jurídicas de carácter latinoamericano sujetas a un proceso de indexación.
- SciELO, para acceder a publicaciones arbitradas correspondientes a las ciencias sociales y jurídicas.
- Repositorios universitarios institucionales, para las tesis de maestrías en másteres o doctorados con relación al COGEP.
- Normativa oficial, para el análisis directo de la legislación ecuatoriana en vigor.

Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones de carácter académico revisadas por pares.
- Estudios de carácter doctrinal concernientes a la ejecución de obligaciones, título ejecutivo y transacción.
- Investigaciones referidas al sistema procesal ecuatoriano o a su contraposición.
- Documentos con sustento normativo comprobable.

Se excluyeron textos de naturaleza meramente divulgadora, opiniones sin soporte académico e indocumentados rigores metodológicos.

Entorno de la investigación

La investigación fue realizada en un entorno académico-documental; es decir, el análisis sistemático de fuentes disponibles en bibliotecas digitales, de datos o repositorios científicos y/o en bases de datos jurídicas, sin intervención sobre personas o instituciones.

El estudio se desarrolló al amparo del análisis del ordenamiento jurídico ecuatoriano, en el que se tiene como referencia general el contexto latinoamericano de los procesos de derecho civil, con el fin de poder comparar tendencias interpretativas sobre la ejecución o no de acuerdos extrajudiciales.

Técnicas de recopilación de datos y variables de análisis de contenido

La técnica de recopilación de información concreta por la cual se optó fue la revisión bibliográfica documental sistemática, que fue llevada a cabo mediante la utilización:

De un sistema de búsqueda estructurada a partir de las palabras clave:

- "Transacción extrajudicial"
- "Título ejecutivo"
- "Título de ejecución"
- "COGEP"
- "Ejecución de obligaciones"



- "Autonomía de la voluntad en el proceso civil"

Lectura crítica y análisis del contenido de las fuentes que se extrajeron.

Clasificación de la información en relación con los objetivos de la investigación.

Dado su carácter jurídico, en este estudio no se recurrió a encuestas ni entrevistas, puesto que la información que se analiza tiene únicamente carácter normativo y doctrinal.

Se fue utilizando en todo momento categorías analíticas (no variables estadísticas), entre las que se puede mencionar:

- Naturaleza jurídica de la transacción;
- Diferencias conceptuales entre título ejecutivo y título de ejecución;
- Interpretación normativa del COGEP;
- Principios procesales a tener en cuenta (celeridad, seguridad jurídica, tutela efectiva);
- Consecuencias prácticas que cada una de las interpretaciones de cada una de dichas posiciones doctrinales tiene.

Las categorías analíticas sirvieron para organizar el análisis comparativo que se configura en las distintas posiciones doctrinales.

Análisis de la información

Dicho análisis se realizó recurriendo a métodos propios de la investigación jurídica: el método exegético, que se utilizó para explicar el contenido literal de las normas 347 y 363 del COGEP; el método sistemático, que sirvió para relacionar dichas normas con el resto del ordenamiento jurídico; el método comparativo, para contrastar la regulación ecuatoriana con los hallazgos de los estudios latinoamericanos; el método hermenéutico, para determinar la intención del legislador y la finalidad de la norma.

Para la organización y sistematización de la información bibliográfica se utilizaron herramientas digitales de gestión académica como gestores de referencias bibliográficas (zotero / mendel; para clasificar las fuentes), matrices de análisis en hojas de cálculo para comparar argumentos doctrinales, año de publicación, metodología utilizada y conclusiones de cada autor.

Debido a la naturaleza cualitativa del estudio, las pruebas estadísticas inferenciales no fueron aplicadas, pudiendo el análisis consistir en la interpretación crítica del contenido normativo y doctrinal, priorizando la coherencia lógica, la jerarquía normativa y la finalidad del sistema procesal.



RESULTADOS

La búsqueda bibliográfica posibilitó la identificación de patrones doctrinales repetidos relacionados con la naturaleza del acta transaccional extrajudicial dentro del sistema procesal civil. A diferencia de trabajos meramente descriptivos, la información revisada fue sistematizada, en la presente investigación, con matrices de análisis documental, lo que permitió una organización, comparación y evaluación crítica de los aportes científicos estudiados.

Sistematización de la literatura jurídica

Se elaboró una matriz de análisis documental que permitió clasificar los estudios en base a su aporte teórico, tipo de metodología utilizada y relación con la hipótesis planteada.

Tabla 1. Matriz de análisis documental de la literatura revisada.

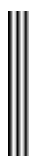
Código	Año	Tipo de documento	Enfoque del estudio	Aporte principal	Relación con la hipótesis
A7 (7)	2025	Artículo doctrinal	Naturaleza contractual	Define la transacción como acto autónomo	Parcial
A8 (8)	2020	Estudio procesal	Efectos jurídicos	Reconoce eficacia obligatoria inmediata	Alta
A9 (9)	2024	Análisis comparado	Ejecución civil	Equipara acuerdo a sentencia	Alta
A10 (10)	2025	Investigación jurídica	Seguridad jurídica	Crítica duplicidad normativa	Directa
A11 (11)	2024	Revisión sistemática	Autocomposición	Promueve ejecución directa	Directa
A12 (12)	2023	Doctrina procesal	Teoría del título	Diferencia título ejecutivo vs ejecución	Alta
A13 (13)	2024	Estudio regional	Des judicialización	Reduce carga judicial	Complementaria

Análisis de frecuencia temática

Se identificaron categorías jurídicas recurrentes en la literatura, permitiendo cuantificar la coincidencia doctrinal.

Tabla 2. Frecuencia de categorías jurídicas identificadas.

Categoría analizada	Número de estudios que la mencionan	Porcentaje (%)
---------------------	-------------------------------------	----------------





Autonomía de la voluntad	7	100%
Efecto obligatorio del acuerdo	6	85.7%
Equivalencia con sentencia	5	71.4%
Crítica a duplicidad normativa	6	85.7%
Necesidad de ejecución directa	7	100%
Seguridad jurídica	6	85.7%

Interpretación:

La doctrina contemporánea coincide mayoritariamente en reconocer que la transacción extrajudicial posee eficacia material suficiente para generar ejecución directa sin necesidad de proceso declarativo previo.

Comparación de modelos interpretativos

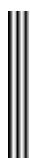
Se analizaron las dos posturas existentes: considerar la transacción como título ejecutivo o como título de ejecución.

Tabla 3. Comparación entre modelos interpretativos.

Criterio	Interpretación como Título Ejecutivo	Interpretación como Título de Ejecución
Necesidad de proceso previo	Sí	No
Respeto economía procesal	Bajo	Alto
Reduce litigiosidad	No	Sí
Coherencia con autocomposición	Parcial	Total
Seguridad jurídica	Limitada	Alta
Eficacia práctica	Lenta	Inmediata

Resultado:

El modelo de título de ejecución presenta mayor coherencia con los principios procesales de celeridad, eficiencia y tutela judicial efectiva.

Evolución doctrinal de la institución



El análisis cronológico evidenció una transformación conceptual en la comprensión jurídica de la transacción.

Tabla 4. Evolución doctrinal.

Periodo	Interpretación predominante	Característica
Doctrina clásica	Contrato privado	Efecto limitado
Transición procesal	Medio alternativo	Reconocimiento parcial
Doctrina contemporánea	Mecanismo decisorio	Efecto equivalente a sentencia
Tendencia actual	Título de ejecución	Ejecución directa

Indicadores de relevancia jurídica

Se construyeron indicadores analíticos derivados de la revisión bibliográfica.

Tabla 5. Indicadores de Relevancia Jurídica.

Indicador	Evidencia encontrada	Nivel
Respaldo doctrinal	Alto consenso académico	Fuerte
Coherencia procesal	Compatible con principios modernos	Alto
Impacto práctico	Reduce carga judicial	Alto
Necesidad interpretativa	Existe contradicción normativa	Crítica
Aplicabilidad	Inmediata en la práctica forense	Alta

Modelo interpretativo derivado del análisis

El procesamiento de la información permitió construir el siguiente esquema lógico:

Revisión doctrinal



Identificación de contradicción normativa



Análisis comparado





Consenso académico



Reinterpretación jurídica



Acta transaccional = Título de ejecución

Los resultados muestran que la interpretación tradicional que considera el acta transaccional extrajudicial como título ejecutivo origina una duplicidad procesal evita lente, mientras que su consideración como título de ejecución armoniza con la autonomía de la voluntad, con la justicia negociada, con la economía procesal y con la tendencia actual de desjudicialización de conflictos.

DISCUSIÓN

La problemática respecto de la naturaleza jurídica del acta transaccional extrajudicial no es un mero debate de tipo terminológico, sino que es, también, un problema estructural del derecho procesal contemporáneo, en la medida en que ella establece el grado de eficacia que el ordenamiento jurídico reconoce a los mecanismos de auto composición. La vigencia del Código Orgánico General de Procesos en Ecuador hace que se confluya con una doble regulación que ha llegado a introducir incertidumbre interpretativa acerca de si la transacción debe ser ejecutoria mediante proceso ejecutivo y/o en vía de ejecución. Un análisis a nivel doctrinal elaborado en la Universidad Técnica de Ambato determina que dicha ambigüedad normativa introduce "desconciertos que crean confusión en el momento de ejercer el derecho" y que ello es consecuencia de que no se sabe cuál debiera ser su tratamiento procesal (14).

Desde el punto de vista de la teoría general del derecho civil, la transacción es un negocio jurídico extinguir obligaciones litigiosas suscribiendo concesiones recíprocas, lo que produce los mismos efectos que los derivados de la cosa juzgada material. La doctrina comparada, por su parte, ha puesto de manifiesto que los acuerdos transaccionales producen efectos sustantivos definitivos, al tener un propósito que consiste en impedir la reanudación del conflicto jurídico resuelto por las partes (15).

Ciertamente, la evolución actual del concepto de res judicial ha sobrepasado la concepción de que únicamente las sentencias judiciales puedan producir la estabilidad jurídica deseada, reconociendo en su lugar el hecho de que los acuerdos válidamente celebrados cumplen la función de clausura del litigio, siempre que exista consentimiento libre y objeto lícito (16), (17).

La literatura comparada en materia de ejecución de acuerdos demuestra que, en los sistemas procesales más modernos, el aspecto problemático no es la validez del acuerdo, sino el medio por el que tal se ejerce su coercibilidad. En lo referente a estudios sobre ejecución de acuerdos



en el campo del Alternative Resolution, los autores proponen que, alcanzado el compromiso por las partes, el ordenamiento ha de proporcionar recursos eficaces para ejecutarlo, bien reconociéndolo judicialmente o bien haciendo uso de él como obligación obligada(17).

Del mismo modo, la doctrina del sistema procesal anglosajón sostiene que la forma de ejecutar el fallo depende del tipo de proceso que dio origen a dicha decisión, con un matiz que el derecho debe estructurar siempre desde la efectividad del cumplimiento que no pueda reabrir el fondo de la controversia.

Sobre el ámbito latinoamericano, los trabajos de investigación realizados en el panorama de Ecuador señalan que la transacción extrajudicial es un medio práctico de solución de conflictos de carácter extrajudicial, eficaz por componer en su interior la rapidez, la flexibilidad y la posibilidad de evitar unos procesos judiciales prolongados, aunque también se pone de manifiesto la adecuación de los mecanismos de ejecución para garantizar los efectos prácticos de la transacción extrajudicial (18), (19).

A partir de los hallazgos a los que he tenido acceso anteriormente, se puede deducir que la tendencia doctrinal que predomina entre autores y en los sistemas jurídicos actuales es concretamente la de ofrecer el máximo fortalecimiento de la eficacia de los acuerdos privados como instrumentos de desjudicialización, para conseguir reducir el número de ellas judicialmente declarativas y el exceso de pleitos declarativos. Se trata de la necesidad de optimizar los recursos jurisdiccionales y promover la rapidez y la buena marcha de las soluciones consensuadas, todo lo cual coincide con los principios o valores de economía procesal y tutela judicial efectiva que han guiado las reformas en los procesos latinoamericanos,

Por el contrario, interpretar el acta transaccional extrajudicial cual título ejecutivo, materia de un procedimiento de cognición limitada, implicaría someter algo que es acordado en firme a la materia del proceso de conocimiento, contradiciendo así la naturaleza de la propia acta (20). En cambio, interpretarla cual título de ejecución se aproxima más a su finalidad de extingente del litigio, a la idea de la cosa juzgada convencional y a las tendencias internacionales con respecto a la resolución alternativa de conflictos.

Desde la discusión doctrinal tenemos que aseverar que esta antinomia no resuelve un problema formal sino que debe resolverse a partir de la interpretación funcional del proceso civil y esto se hace posible cuando se acepta el acta transaccional extrajudicial como título de ejecución y no como una ampliación improcedente de la cantidad de efectos provocados, sino como el propio mecanismo que hace factible que la voluntad de las partes llegue a producir consecuencias jurídicas reales en el sistema procesal.

CONCLUSIONES

Se decide, por último, que tal acta transaccional extrajudicial tiene una naturaleza jurídica que no depende de otro título ejecutivo distinto, ya que esta produce efectivamente los mismos efectos que la cosa juzgada material, al consistir en un acuerdo bien integrado que extingue una



controversia de manera definitiva. Por lo tanto, esto no se identifica como un título ejecutivo en sentido riguroso, ya que ello presupone la existencia de una obligación que se puede contradecir, sino que se reconoce como un verdadero título de ejecución, que encuentra su sentido precisamente al materializar una obligación ya expresamente reconocida por las partes intervinientes en el ordenamiento procesal en el Ecuador.

El estudio realizado ha permitido concluir que el título ejecutivo permite el desarrollo de la fase cognitiva del proceso de ejecución ordinaria cuyo proceso cognitivo es limitado, ya que puede llegar a discutirse, enviándose a la parte demandada, la existencia o exigibilidad de la obligación en cuestión, mientras que el título de ejecución se encuentra en parte de una obligación cuya existencia y exigibilidad es cierta, expresa y que ha venido previamente consolidándose, respecto de la que el órgano jurisdiccional articula únicamente actividad coercitiva. La transacción extrajudicial se asimila a esta categoría mencionada, por el hecho de que no exige previa verificación judicial del derecho a hacer valer, sino simplemente su cumplimiento.

A través de la aplicación de los criterios teleológico, sistemático y de especialidad normativa se resuelve la aparente contradicción existente entre las disposiciones contenidas en el COGEP; de esta forma, la consideración de la transacción como título de ejecución es la opción que mejor responde a la finalidad del legislador de incentivar eficaces mecanismos de autocomposición, evitando la duplicidad de procesos y garantizando la economía procesal; por ello, es la interpretación que favorece su ejecución directa la que debe prevalecer.

Se verifica la hipótesis de trabajo: la transacción extrajudicial ha de ser tramitada mediante el procedimiento de ejecución, pues esta opción permite asegurar tutela judicial efectiva, rapidez del proceso, asegurar un adecuado grado de seguridad jurídica; así como también se asegura respeto hacia la autonomía de la voluntad. La tramitación de la transacción extrajudicial como título ejecutivo iría en contra del acuerdo al que han llegado las partes o requiere de una intervención judicial que hace innecesario el acuerdo tomado, a la par que va en contra de las tendencias actuales del ordenamiento jurídico en cuanto al derecho procesal va enfocado en la desjudicialización y el incremento del uso de los métodos alternativos de resolución del conflicto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tiche J, Morales A. El debido proceso en la fase de ejecución, de juicios ejecutivos en el Ecuador. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2023 May 1;6(2):287–98. doi:10.62452/c7ede163
2. Solis V, Atencio, Kairuz. Conciliación como medio alternativo en el procedimiento directo del Código Orgánico Integral Penal del Ecuador. IUSTITIA SOCIALIS. 2020 Dec 11;5(2):704–20. doi:10.35381/racji.v5i2.1054





3. Jiménez-Castelo J, Jara JI, López Y, García H. La mediación, ¿alternativa o exigencia legal necesaria para la recuperación de carteras por instituciones financieras? Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2025 Jun 16;8(3):287–95. doi:10.62452/0z0zwm15
4. Asanza VFT, Asanza VFT, Castillo LAC. Análisis jurisprudencial de las limitaciones al derecho a recurrir en el proceso ejecutivo. Polo del Conocimiento. 2025 Oct 8;10(10):184–205. doi:10.23857/pc.v10i10.10535
5. Paucar JMP, Flores DFC, Cabrita CMM. La prueba digital en procesos judiciales aplicables al Código Orgánico General de Procesos (COGEP), a partir de la pandemia COVID-19. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2021 Jun 1. doi:10.46377/dilemas.v8i.2696
6. Reyna JMD. Transacción y homologación. / Transaction and homologation. Revista de Derecho Notarial y Registral | Universidad Blas Pascal. 2020 Apr 3;(6 (2019)):51–63. doi:10.37767/2362-3845(2019)004
7. Gorczewski C, Gesta Leal R, Castro DB de, Lucena VFF de. The Extrajudicialization in Civil Execution. Revista de Gestão Social e Ambiental. 2025 Jul 25;19(7):e012950. doi:10.24857/rgsa.v19n7-092
8. Casasempere A, Ferrándiz ML. Bibliographic documentary analysis. Getting the most out of the literature review in qualitative research. New Trends in Qualitative Research. 2020 Jul 2;4:247–57. doi:10.36367/ntqr.4.2020.247-257
9. Sedelius NN. Issues of the Organization of Systematization of Laws in Courts. Justice of the peace. 2024 Jan 11;1:7–12. doi:10.18572/2072-4152-2024-1-7-12
10. Borges L de BP, Rodrigues LR. USUCAPIÃO EXTRAJUDICIAL E A VELOCIDADE DO PROCEDIMENTO FRENTE A MOROSIDADE DO SISTEMA PROCESSUAL COMUM. Revista ft. 2025 Oct 30;29(151):15–6. doi:10.69849/revistaft/dt10202510300815
11. Mendes LES, Mariz L, Coelho IMFC. The Role of Notary Offices in Extra-Judicial Executions of Instruments in Brazil: a Reflection on Justice and Privatization. Revista de Gestão Social e Ambiental. 2024 Dec 19;18(12):e010351. doi:10.24857/rgsa.v18n12-130
12. Pichlak M, Kaleta KJ, Nawacka A. Systematic Literature Review Method in Legal Research. Law and Method. 2025 Oct 2. doi:10.5553/rem/.000085
13. BONDARENKO-ZELINSKA N. Reconsidering the Methodology of Civil Procedural Law in the Conditions of Global Integration And Digitalization of Judicial Procedure. University Scientific Notes. 2025 Nov 10;(5 (107)):29–39. doi:10.37491/unz.107.3
14. Montalvo CAG, Morales MGA. La transacción extrajudicial: ¿Es un procedimiento de título ejecutivo o de ejecución? Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2023 May 1. doi:10.46377/dilemas.v10i3.3668
15. Rusinque Suárez GF, Carvajal Rocha LV. Evolución de la res iudicata en materia procesal y contractual: el efecto de cosa juzgada producido por las providencias judiciales, la transacción y el acuerdo conciliatorio. Vniversitas. 2022 Jul 15;71:1–18. doi:10.11144/Javeriana.Vj71.Erim
16. Schaffstein S. The Doctrine of Res Judicata in Domestic Laws. The Doctrine of Res Judicata Before International Commercial Arbitral Tribunals. 2016 Jun 12;15–63. doi:10.1093/law/9780198715610.003.0002





17. Borah MD. Summarization of legal documents: Where are we now and the way forward. *Comput Sci Rev.* 2021 May 1;40:100388. doi:10.1016/j.cosrev.2021.100388
18. Blake S, Browne J, Sime S. Enforcement of Settlements. *The Jackson ADR Handbook.* 2025 Mar 7;306–10. doi:10.1093/law/9780198937647.003.0020
19. Gutiérrez E. I Pleno Casatorio Civil: El título ejecutivo de la transacción extrajudicial no puede ser equiparada o asimilada al de una sentencia porque carece de fuerza compulsiva [Casación 1465-2007, Cajamarca] | LP [Internet]. 2026 [cited 2026 Feb 22]. Available from: https://lpderecho.pe/titulo-ejecutivo-transaccion-extrajudicial-no-equiparada-asimilada-sentencia-carece-fuerza-compulsiva-i-pleno-casatorio-civil-casacion-1465-2007-cajamarca/?utm_source=chatgpt.com
20. Alcocer R. Aplicación directa de la Constitución frente a antinomias jurídicas. Análisis de la sentencia No. 1116-13-EP/20 de la Corte Constitucional del Ecuador [Internet]. Quito : Universidad Tecnológica Indoamérica; 2022 [cited 2026 Feb 22]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14809/2713>
21. Aman Quilligana CJ. Antinomia del código orgánico general de procesos con la ley orgánica de garantías jurisdiccionales y control constitucional sobre la supletoriedad y la seguridad jurídica. Universidad Uniandes [Internet]. 2022 [cited 2026 Feb 22]. Available from: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14794>



DESNUTRICIÓN Y VULNERABILIDAD SOCIAL: CORRELACIÓN ENTRE HALLAZGOS Y DETERMINANTES SOCIALES DE LA SALUD

MALNUTRITION AND SOCIAL VULNERABILITY: CORRELATION BETWEEN FINDINGS AND SOCIAL DETERMINANTS OF HEALTH

Marcelo Ramiro Montufar Silva¹, Adrián Marcelo Cargua Usca², Diego Mauricio Ricacurte Segovia³, Silvia del Carmen Garcia Yance⁴

{marcelo.montufar@unach.edu.ec¹, adrian.marcelo.20@hotmail.com², diegom12_05@yahoo.com³, silvigar03@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 28/02/2026 / Fecha de aceptación: 09/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: La desnutrición representa uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial y constituye una causa significativa de morbilidad y mortalidad en poblaciones vulnerables. Esta condición adquiere relevancia al reflejar no solo un proceso fisiopatológico, sino también un conjunto de determinantes sociales que influyen directamente en la calidad de vida y en la exposición a la negligencia o abandono. Esta investigación se justifica ante la necesidad de enfocarse no solamente a nivel de alimentación sino más en un nivel genético, ambiental y hereditario para resolver uno de los problemas que aqueja a la población en general. El presente artículo tiene como objetivo analizar la relación entre los hallazgos de la desnutrición y los determinantes sociales de la salud, mediante una revisión bibliográfica descriptiva. El diseño de investigación abarca 3 enfoques: bibliográfico, descriptivo y analítico. Se consultaron bases de datos científicas como PubMed, Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Google Scholar, considerando publicaciones comprendidas entre los años 2010 y 2024. Los resultados evidencian que la pobreza, el bajo nivel educativo, el desempleo y la exclusión social son factores que incrementan la vulnerabilidad a la desnutrición y, en muchos casos, determinan su desenlace fatal. Los hallazgos característicos incluyen pérdida de masa muscular, atrofia visceral y signos de negligencia. En conclusión, la desnutrición debe entenderse como una expresión biológica de las desigualdades sociales y un indicador de vulnerabilidad estructural que exige una interpretación contextualizada y ética.

Palabras clave: *desnutrición, vulnerabilidad social, determinantes sociales, negligencia, desigualdad*

¹Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo, <https://orcid.org/0000-0001-8526-8054>

²Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0002-7798-3538>; +593984701906

³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0005-8692-9076>; +593961146413.

⁴Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo, <https://orcid.org/0009-0008-1102-1102>; +593984928980.



ABSTRACT: Malnutrition represents one of the main public health problems worldwide and it is a significant cause of morbidity and mortality in vulnerable populations. This condition is particularly relevant because it reflects not only a pathophysiological process but also a set of social determinants that directly influence quality of life and exposure to negligence or abandonment. This research is justified by the need to focus not only on nutrition but also on genetic, environmental, and hereditary factors to solve one of the problems that affect the general population. This article aims to analyze the relationship between malnutrition findings and the social determinants of health through a descriptive literature review. The research design includes three approaches: bibliographic, descriptive and analytical. Scientific databases such as PubMed, Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Google Scholar were consulted, considering publications from 2010 to 2024. The results show that poverty, low educational level, unemployment, and social exclusion are factors that increase vulnerability to malnutrition and, in many cases, determine its fatal outcome. Characteristic findings include loss of muscle mass, visceral atrophy, and signs of negligence. In conclusion, malnutrition should be understood as a biological expression of social inequalities and an indicator of structural vulnerability that requires a contextualized and ethical interpretation.

Keywords: *Malnutrition, social vulnerability, social determinants, negligence, inequality*

INTRODUCCIÓN

La desnutrición continúa siendo uno de los principales desafíos de la salud pública global manifestándose con mayor intensidad en poblaciones vulnerables. Según la Organización Mundial de la Salud, más de 800 millones de personas padecen hambre o carencias nutricionales, concentrándose especialmente en poblaciones de bajos recursos determinadas socialmente como es la pobreza, el bajo nivel educativo, desempleo, desigualdad de género y la falta de acceso a servicios básicos, con esto condiciona directamente el estado nutricional y por ende la calidad de vida de la población; desde la medicina forense, esta problemática adquiere un valor especial, ya que las evidencias anatómicas y fisiológicas del cuerpo humano permiten identificar patrones de negligencia, abandono o exclusión social. En el contexto ecuatoriano y latinoamericano esto es un desafío sanitario que limita el desarrollo humano y perpetúa ciclos de pobreza y exclusión social.

La naturaleza de este problema radica en que la desnutrición no puede ser entendida únicamente como un déficit de nutrientes, sino como el resultado de factores estructurales determinantes sociales de la salud, más relevantes se encuentran el bajo ingreso familiar, la falta de acceso a servicios básicos como agua potable y saneamiento, el nivel educativo insuficiente, el desempleo y la discriminación social. Esto condiciona la capacidad de los hogares para acceder a una alimentación adecuada y a servicios de salud oportunos, haciendo que incremente la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas. La desnutrición, por tanto, se



convierte en un indicador de inequidad estructural y en una expresión biológica de la violencia social.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de integrar el análisis social, permitiendo una comprensión más amplia de las causas subyacentes a la muerte por desnutrición y no únicamente verlo como un fenómeno biológico, sino como una expresión tangible de la desigualdad social. Ahora partiendo desde un punto de vista forense y de salud pública, los hallazgos anatómicos y clínicos asociados a esta nombrada desnutrición permiten identificar patrones de negligencia, privación y abandono, otorgando un valor jurídico y ético adicional.

El problema es amplio y multidimensional ya que, en Ecuador, las cifras oficiales señalan que cerca del 20% de los niños menores a cinco años presentan desnutrición crónica, con tasas más altas en comunidades indígenas y en los sectores rurales, donde la pobreza extrema y la falta de servicios básicos son más evidentes. Este fenómeno afecta directamente el crecimiento físico, así también el desarrollo cognitivo y emocional, limitando las oportunidades a nivel educativas y laborales. En cambio, en los adultos mayores, la desnutrición se relaciona con un mayor riesgo de enfermedades crónicas, fragilidad y mortalidad, evidenciando un problema que acompaña a las personas a lo largo de su vida.

En la literatura revisada, se confirma que la desnutrición debe analizarse desde una perspectiva integral. Estudios relacionados con lo forense han documentado hallazgos característicos específicos como la pérdida de masa muscular, la atrofia visceral y la reducción del tejido adiposo subcutáneo, los cuales reflejan no solo un estado patológico, sino también condiciones de negligencia y abandono. En cuanto a investigaciones realizadas en Europa demuestran que la desnutrición severa suele estar presente con enfermedades infecciosas y psiquiátricas, lo que refuerza la idea de que se trata de un fenómeno multifactorial.

A nivel nacional, algunos estudios han señalado que la desnutrición infantil está estrechamente vinculada con la precariedad económica y la falta de acceso a servicios básicos específicamente en Investigaciones realizadas en provincias como Chimborazo y Cotopaxi muestran que los niños indígenas presentan tasas de desnutrición crónica superiores al promedio nacional, lo que refleja una inequidad estructural marcada por la marginalidad social y económica.

La hipótesis central de esta investigación mantiene que la desnutrición es una manifestación biológica de las desigualdades sociales y que los hallazgos médicos y forenses asociados a ella constituyen evidencia de vulneración de derechos humanos. En este sentido, se plantea que la correlación entre los hallazgos anatómicos de la desnutrición y los determinantes sociales de la salud permiten entender de una mejor manera la naturaleza del problema y orientar estrategias de intervención más efectivas.

El objetivo general es analizar la correlación entre los hallazgos y los determinantes sociales de la salud, mientras que los objetivos específicos incluyen: describir los principales hallazgos anatómicos de la desnutrición, identificar los factores sociales que la condicionan y establecer



las implicaciones médicas derivadas de su análisis. Como parte de los objetivos a tratar son, poder describir los principales hallazgos anatómicos y clínicos asociados a la desnutrición en poblaciones vulnerables, identificando los determinantes sociales de la salud que condicionan la aparición y gravedad. Correlacionando entre los hallazgos médicos y las condiciones sociales, se percibe la desnutrición como una expresión de vulnerabilidad estructural, se propone soluciones que integren la perspectiva médica, social y forense en el área de la desnutrición, con el fin de fortalecer las políticas públicas y garantizar el derecho a la salud y a la alimentación adecuada.

En conclusión, esta investigación busca contribuir evidencia científica que permita comprender la desnutrición como un problema de salud pública, social y jurídica, y que sirva de base para la formulación de políticas integrales orientadas a reducir la inequidad y promover la justicia social.

Se reconoce como limitación la dependencia de fuentes secundarias, lo que involucra que los resultados están sujetos a la calidad y disponibilidad de la literatura existente. No obstante, la amplitud de las bases de datos consultadas y los diversos enfoques incluidos permiten disminuir este sesgo y ofrecer una visión integral del problema, en resumen, el diseño metodológico que se adoptó permite integrar la evidencia científica y social sobre la desnutrición, ofreciendo un marco analítico que visibiliza la correlación entre los hallazgos médicos y los determinantes sociales de la salud. Este enfoque multidisciplinario constituye la base para comprender la desnutrición como un fenómeno complejo, que exige ser abordado desde perspectivas médicas, sociales y éticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se diseñó bajo un enfoque bibliográfico, descriptivo y analítico, orientado a explorar la correlación entre la desnutrición y los determinantes sociales de la salud desde un punto de vista médico, social y forense. La metodología está fundamentada en la revisión sistemática de literatura científica publicada entre los años 2010 y 2024, permitiendo integrar hallazgos recientes y relevantes para el análisis del problema. Este artículo se desarrolló bajo un diseño bibliográfico, descriptivo y analítico, mediante la revisión de literatura científica en bases de datos especializadas: PubMed, Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Google Scholar. La búsqueda realizada se hizo empleando descriptores en inglés y español, entre ellos: “malnutrition”, “forensic medicine”, “social determinants of malnutrition”, “medical perspective of malnutrition”, “negligence” e “inequality”. Combinando términos mediante operadores booleanos AND y OR, lo que permite ampliar y refinar los resultados de acuerdo con los objetivos del estudio aplicando filtros de fecha para incluir únicamente publicaciones comprendidas entre los años sugeridos, garantizando la actualidad de la información, estas plataformas son seleccionadas por su cobertura multidisciplinaria y la calidad de los artículos indexados, lo que garantiza la validez y confiabilidad de la información recopilada. Se incluyeron artículos, revisiones y documentos institucionales publicados entre 2010 y 2024, relacionados con la desnutrición desde perspectivas médicas, sociales y forenses. Se excluyeron estudios



experimentales sin relevancia. El análisis fue cualitativo, orientado a identificar relaciones entre las condiciones sociales y los hallazgos anatómicos descritos en la literatura.

Se incluyó información de artículos originales, revisiones sistemáticas, estudios de caso y documentos institucionales que abarcan la desnutrición desde las perspectivas sociales, médicas y forenses. Priorizando aquellos trabajos que presentan hallazgos anatómicos, clínicos o epidemiológicos relacionados a la desnutrición, así como investigaciones que analicen los determinantes sociales de la salud afines a este fenómeno. Excluyendo estudios experimentales sin relevancia, publicaciones duplicadas o documentos con limitaciones metodológicas que puedan perturbar la validez de los resultados.

El análisis de esta información se realizó de forma cualitativa, orientado a identificar patrones y relacionarlo con las condiciones sociales y los hallazgos anatómicos descritos en la literatura. Para ello se ha organizado los datos en categorías temáticas: hallazgos médicos y forenses de la desnutrición, determinantes socioeconómicos, determinantes ambientales y de servicios básicos, y correlación entre vulnerabilidad social y casos clínicos. Dicha clasificación permite establecer vínculos entre todos los factores estructurales y las manifestaciones biológicas de la desnutrición. La rigurosidad metodológica se garantiza mediante la triangulación de fuentes, contrastando toda la información proveniente de artículos científicos con documentos institucionales y reportes oficiales. Asimismo, se ha verificado la pertinencia de estos estudios seleccionados en relación con lo que se busca dentro de los objetivos de esta investigación, asegurando que lo encontrado sea consistente y representativo del fenómeno a analizar. Aunque se trata de una investigación bibliográfica, se respetaron los principios éticos de la investigación científica, garantizando la correcta citación de las fuentes y evitando el plagio. Además, se reconoció la importancia de interpretar los hallazgos desde una perspectiva ética y social, dado que la desnutrición implica una vulneración de derechos humanos fundamentales como la salud y la alimentación, importantes para que este estudio sea lo más confiable posible.

RESULTADOS

Hallazgos en desnutrición

La desnutrición es un estado patológico que se produce por la ingesta inadecuada o deficiente de nutrientes, afectando de manera progresiva la estructura y función de los tejidos corporales. Desde la perspectiva este fenómeno adquiere relevancia al considerarse una causa potencial de muerte, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, adultos mayores y personas en situación de abandono o privación. Su análisis médico permite determinar si la desnutrición fue producto de enfermedad, negligencia o maltrato, lo que resulta fundamental para la emisión de dictámenes judiciales precisos (1).

En el estudio forense, los hallazgos más característicos de la desnutrición incluyen la emaciación generalizada, la pérdida del tejido adiposo subcutáneo, la atrofia muscular y la reducción del



tamaño de órganos internos. Durante la autopsia, suele observarse piel seca y delgada, úlceras por presión, fragilidad capilar y disminución de la grasa corporal visible. A nivel histológico, se identifica atrofia serosa de la grasa cardíaca y de la médula ósea, esteatosis hepática y cambios degenerativos en el páncreas y el miocardio (1) (2).

Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social es el grado en que una persona o grupo se encuentra expuesto a riesgos que afectan su bienestar físico y psicológico debido a condiciones estructurales de desigualdad, como pobreza, exclusión, violencia, discriminación o abandono (3).

Se considera un factor contextual de análisis para determinar:

- Si la desnutrición fue consecuencia de negligencia, abandono, maltrato o pobreza extrema.
- El grado de responsabilidad social, familiar o institucional en el daño o la muerte.
- La situación de indefensión de la víctima (niños, ancianos, personas con discapacidad, privados de libertad, etc.) (3).

Desde el punto de vista social y legal, la desnutrición no solo es un hallazgo médico, sino una evidencia de vulneración de derechos humanos fundamentales, especialmente el derecho a la vida, salud y alimentación.

Correlación entre vulnerabilidad social y hallazgos

En la práctica, los casos de desnutrición se caracterizan por atrofia muscular generalizada, disminución del tejido adiposo subcutáneo, hipotrofia visceral y alteraciones en órganos hematopoyéticos. Estos signos, junto con evidencia de descuido o falta de atención médica, orientan al perito hacia un diagnóstico de negligencia o abandono.

La correlación entre ambos conceptos es directa: la vulnerabilidad social favorece la aparición y gravedad de la desnutrición, mientras que los hallazgos evidencian sus efectos físicos y legales. Por ello, la desnutrición no solo representa un hallazgo médico, sino una prueba de vulneración de derechos humanos fundamentales, como el acceso a la vida, la salud y la alimentación (1) (3).

Relación entre Desnutrición y determinantes sociales de la salud

Los determinantes sociales de la salud constituyen factores fundamentales que influyen en la autopercepción del bienestar, el acceso a los servicios de salud y, de manera directa, en el riesgo de desnutrición. Esta última representa una manifestación biológica de la carencia de recursos y servicios básicos, siendo una de las consecuencias más graves de la inseguridad alimentaria, la falta de saneamiento y la pobreza estructural.

En el presente análisis, los determinantes sociales vinculados a la desnutrición se basan en la comparación entre zonas rurales y periurbanas de la provincia del Guayas (Ecuador), reflejando



una clara desigualdad en las condiciones socioeconómicas y ambientales que inciden en la salud nutricional

Determinantes Socioeconómicos

1. Ingreso Familiar Mensual

El ingreso es el factor principal que determina la capacidad de un hogar para acceder a alimentos suficientes, variados y nutritivos. Un bajo ingreso familiar se traduce directamente en inseguridad alimentaria y, por consiguiente, en un elevado riesgo de desnutrición (especialmente en poblaciones vulnerables como los niños).

Comparación Rural vs. Periurbano: La disparidad en ingresos es significativa, siendo "marcadamente distinta" a favor del sector periurbano. Mientras que, en las zonas rurales, el 48% de la población se encuentra en el estrato más bajo de ingresos, este porcentaje desciende al 22% en las áreas periurbanas. El estudio halló que tener ingresos menores a 300 dólares incrementó la probabilidad de reportar una peor autopercepción de salud en un OR de 2,15 (IC 95%: 1,30-3,56) en comparación con quienes superaban los 600 dólares (4), lo que establece un vínculo directo entre la precariedad económica y la vulnerabilidad en salud, que incluye el estado nutricional.

2. Nivel Educativo

La educación opera como un factor protector contra la desnutrición, pues influye en el conocimiento sobre prácticas adecuadas de alimentación, higiene, y el uso oportuno de servicios de salud preventivos como el control de crecimiento y vacunas. Un menor nivel educativo está consistentemente asociado a mayores tasas de desnutrición crónica.

Comparación Rural vs. Periurbano: La brecha educativa es profunda. Se evidenció que el 62% de quienes vivían en zonas rurales tenía educación primaria como máximo nivel alcanzado, mientras que en áreas periurbanas dicho porcentaje disminuía drásticamente a 20% (4). La ventaja educativa de la zona periurbana se traduce en una mejor salud auto percibida: el mayor nivel educativo (secundario o superior) redujo la probabilidad de calificar la salud como "mala o muy mala" (OR=0,58) (4).

Determinantes Ambientales y de Servicios Básicos.

Acceso a Agua Potable y Saneamiento

La falta de acceso a agua potable y sistemas adecuados de saneamiento representa un factor de riesgo crítico para la desnutrición. La contaminación del agua y la carencia de saneamiento



adecuado se asocian con enfermedades infecciosas y parasitarias (como diarreas), que provocan malabsorción de nutrientes y agravan el estado nutricional, sobre todo en la primera infancia.

Comparación Rural vs. Periurbano: En el acceso a servicios básicos, las áreas rurales muestran una desventaja crítica:

- Agua Potable: El porcentaje de hogares rurales sin acceso confiable a agua potable fue del 47% frente al 18% en periurbanas. Carecer de este acceso confiable se asoció con un OR de 1,75 (IC 95%: 1,09-2,81) para una peor autopercepción de salud (4).
- Saneamiento: El 48% de los hogares rurales no contaba con saneamiento adecuado, en contraste con el 20% de los hogares periurbanos (4). Estas brechas en infraestructura de saneamiento y agua aumentan la carga de enfermedades infecciosas y, por ende, el riesgo de desnutrición en la población rural de manera desproporcionada.

Evidencia de hallazgos forenses relacionados con malnutrición y negligencia

Un estudio forense realizado en la Oficina de Examinadores Médicos de Tokio revisó 7.227 autopsias (casos sin putrefacción) y seleccionó 885 casos con desnutrición severa (índice de masa corporal <16). Se encontró que aproximadamente el 70% de los casos con desnutrición presentaban como causa de muerte una enfermedad orgánica o infecciosa, lo cual evidencia que la malnutrición severa es un indicador de vulnerabilidad extrema y que suele coexistir con patologías subyacentes que agravan el deterioro físico. Además, el estudio señaló que entre las mujeres jóvenes era común el antecedente de enfermedad psiquiátrica, mientras que entre los hombres jóvenes predominaban enfermedades digestivas relacionadas con el alcoholismo (5).

Por otra parte, investigaciones forenses han documentado que, en los casos donde se sospecha negligencia o abuso estructural como privación prolongada de alimentos, inmovilización o lesiones por agresión, los hallazgos postmortem pueden revelar una pérdida significativa del peso de órganos vitales (corazón, hígado y riñones), constituyendo evidencia compatible con un posible delito de negligencia alimentaria (5).

Desde la antropología, el concepto de “vulnerabilidad estructural” ha permitido ampliar la comprensión del cuerpo humano como reflejo de las desigualdades sociales. Un estudio de restos esqueléticos contemporáneos en Estados Unidos halló mayor pérdida dental ante mortem en individuos de bajo nivel socioeconómico, demostrando que la pobreza y la exclusión social dejan huellas corporales detectables antropológicamente (6).

Integración: de la condición social a los hallazgos

La condición social adversa marcada por pobreza, baja educación, deficiente acceso a salud y servicios básicos incrementa la carga infecciosa, limita el acceso a alimentos y favorece la desnutrición. Esta, a su vez, deja huellas biológicas visibles durante el examen postmortem, como atrofia muscular, pérdida de grasa, hipoplasia ósea, daño orgánico interno e infecciones



oportunistas. Estudios forenses recientes demuestran que en los casos de desnutrición severa (IMC <16), las muertes rara vez se deben a una sola causa, sino a un entramado de patologías y carencias sociales (6)

Estos hallazgos coinciden con el modelo de causalidad propuesto por UNICEF, que distingue entre determinantes inmediatos (ingesta y enfermedad), subyacentes (acceso a alimentos y servicios), y básicos (condiciones estructurales). Este enfoque permite contextualizar los hallazgos forenses dentro de un marco de vulnerabilidad social, reconociendo que el daño corporal observado post mortem es, muchas veces, el resultado acumulativo de la desigualdad (5).

Asimismo, el análisis de los casos de malnutrición no debe limitarse a la descripción anatómica o histopatológica. Es esencial incorporar antecedentes clínicos, sociales e institucionales para reconstruir la historia de vida del individuo y discernir si la desnutrición responde a factores estructurales, enfermedades crónicas o negligencia. De este modo, la medicina y la antropología forenses adquieren no solo una función diagnóstica, sino también ética y social, al visibilizar las huellas corporales de la desigualdad (5).

Indicadores de pobreza y vulnerabilidad

La violencia estructural derivada de la pobreza también se manifiesta en los restos óseos. En contextos urbanos marginales, como Detroit (EE. UU.), se han documentado lesiones osteológicas relacionadas con desnutrición, deficiencia de vitamina C (escorbuto), caries severas, artritis reumatoide no tratada y signos de violencia física. Además, los cuerpos suelen encontrarse en viviendas abandonadas o en condiciones que reflejan exclusión social, como múltiples capas de ropa usadas para resistir el frío (7).

En conjunto, estas evidencias muestran que la pobreza no solo condiciona la vida, sino también la muerte y su interpretación médico-legal.

Tabla 1. Correlación entre condiciones sociales y hallazgos asociados a la desnutrición.

Condiciones sociales	Manifestaciones comunes	Interpretación social



y falta de acceso

a alimentos

inadecuada / falta	Lesiones por infecciones cutáneas, parasitosis intestinales, hepatomegalia, esplenomegalia.	Muestran condiciones de vida insalubres y exposición constante a agentes infecciosos.
médicos	Complicaciones no tratadas, cicatrices por curaciones precarias, partos no asistidos.	estructural.
explotación	deformidades óseas, callosidades,	Indican abuso o trabajo forzoso en contextos de pobreza extrema.
exclusión social	En mujeres: signos de violencia doméstica, desnutrición materna, mortalidad perinatal.	género asociado a desigualdad social

Valor legal de los hallazgos de desnutrición

Los actos delictivos relacionados con la inanición en los que se sospecha que la causa de la pérdida de peso corporal es el resultado de la privación deliberada de alimentos, el médico forense debe recopilar tantas pruebas como sea posible, ya que la causa subyacente de la inanición (es decir, la privación deliberada de alimentos o la negligencia), y no el diagnóstico de inanición en sí, será objeto de duda en los procedimientos posteriores. La distinción entre causa y efecto es de gran importancia cuando se presentan cargos penales (8).

Especialmente para los patólogos, estas clasificaciones son superiores a las tablas percentiles porque los datos antropométricos permiten también estimar el grado de desnutrición. Estas clasificaciones de la PEM se han aplicado con éxito a personas afectadas en países en desarrollo, pero también pueden utilizarse para clasificar la desnutrición infantil en casos de inanición debida a la privación deliberada de alimentos. (8)

Tabla 2. Investigación de la desnutrición o inanición pediátrica.



Investigación rutinaria

trastornos alimenticios, psicopatología, consumo de alcohol y drogas, violencia

Historia de alimentación

Muestra de fórmula infantil

Fabricante de la fórmula para

verificar contenido y concentración

Entrevista a los hermanos

Entrevista a vecinos y familiares

de drogas)

historial social

Historia médica

Investigación médica

Historia médica (condiciones genéticas,

antecedentes de crecimiento, trastornos endocrinos, conocimiento de los cuidadores sobre el crecimiento y desarrollo normal, patrón alimenticio, tipos de alimentos disponibles en el hogar)

Registros de la clínica pediátrica de control

Registros del programa mujeres, infantes y

Registro de las mediciones corporales a lo

largo del tiempo

Desarrollo a lo largo del tiempo

Comparación del crecimiento y desarrollo



Registros de nacimiento

Registros de la clínica pediátrica de

control del niño sano

profesional de la salud

Comparación de diferentes criterios para definir la desnutrición aguda

Las variables antropométricas, como el peso, la altura y la longitud, se utilizan para definir el estado nutricional de una persona. Se han desarrollado muchos sistemas de clasificación en todo el mundo, y se utilizan puntos de corte para definir y clasificar la desnutrición (leve, moderada, grave). Estos sistemas de clasificación se establecieron originalmente para describir los síndromes de desnutrición proteico-energética en niños de países en desarrollo (8).

Tabla 3. Criterios antropométricos de retraso del crecimiento.

Criterio	Descripción / Umbral diagnóstico
Criterio de Gómez	Peso menor al 75 % del peso mediano para la edad
Criterio de Waterlow	Peso menor al 80 % del peso mediano para la talla
corporal (IMC) para la edad	IMC menor al percentil 5
cronológica	Peso menor al percentil 5
cronológica	Talla menor al percentil 5
ponderal	Disminución del peso cruzando más de dos líneas de percentiles principales (5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95) desde el nacimiento hasta el peso dentro del grupo etario correspondiente



condicional

Valor dentro del **5 % más bajo**, ajustado por **regresión hacia la media**, desde el nacimiento hasta el peso correspondiente al grupo de edad dado

Tabla 4. Criterios para la definición de desnutrición aguda.

Referencia	Leve	Moderado	Severo
al.	estándar	estándar	< 60 % del peso
al.	—	< percentil 5	—
Waterlow	80 % – 90 % P/T	70 % – 80 % P/T	< 70 % P/T
OMS	—	-3 < Puntuación Z P/T	Puntuación Z P/T <

Patrón de deshidratación en el humor vítreo

Debido a la pérdida post mortem de la permeabilidad selectiva de la membrana, no es posible diagnosticar los electrolitos séricos en el momento de la muerte post mortem. Las concentraciones séricas de electrolitos en el momento de la muerte se reflejan muy bien en el humor vítreo, y el patrón característico de deshidratación con niveles elevados de sodio, cloruro y nitrógeno ureico puede diagnosticarse post mortem (8).

Tabla 5. Valores del Humor vitreo.

1. Anomalía antemortem	2. Fotometría de llama o 3. SMA 6/60	4. Ektachem 5. 400	6. Beckmann 7. Astra
Deshidratación			
Sodio (mmol/l)	>155	>165	>155
Cloruro (mmol/l)	>135	>125	>140
Nitrógeno ureico (mg/dl)	40–100	40–100	40–100

**Condición de baja sal**

Sodio (mmol/l)	<130	<135	<130
Cloruro (mmol/l)	<105	<95	<110
Potasio (mmol/l)	<15	<15	<15

Casos ilustrativos de pobreza y desnutrición infantil en Ecuador**Caso 1: Familia cotidiana en Cotopaxi.**

En la provincia de Cotopaxi, se documenta el caso típico de familias que sobreviven con ingresos diarios mínimos (5-7 dólares diarios para toda la familia), lo que limita severamente la cantidad y calidad de alimentos disponibles. Esta precariedad económica conlleva a dietas dominadas por carbohidratos simples, como arroz y pan, con poca frecuencia de proteínas o frutas. La insuficiencia de nutrientes esenciales induce un riesgo alto de desnutrición crónica en lactantes y niños pequeños, afectando su crecimiento y desarrollo integral. Este ejemplo es reflejo de la realidad en muchas zonas rurales y periurbanas, donde la pobreza estructural limita el acceso a alimentos nutritivos y servicios básicos, perpetuando la desnutrición infantil (9).

Caso 2: Desnutrición en Niños Indígenas ecuatoriano.

Los datos oficiales indican que el 34,5% de los niños indígenas menores de cinco años en Ecuador sufre de desnutrición crónica, cifra muy elevada frente al 20% nacional. En regiones como Chimborazo, la tasa supera incluso el 35%. Las causas son multifactoriales: pobreza extrema, falta de acceso a servicios de salud de calidad, viviendas precarias y carencia de agua potable, que generan enfermedades recurrentes que afectan la absorción de nutrientes. La alimentación básica basada en granos y coladas no satisface las demandas nutricionales infantiles. Esta situación restringe el desarrollo físico y cognitivo y refleja una inequidad estructural marcada por la marginalidad social y económica (9).

Caso 3: Informe Nacional 2023 sobre desnutrición y pobreza

El informe del Ministerio de Salud Pública de Ecuador (2023) reporta que el 20% de los niños menores de cinco años presenta desnutrición crónica. Este fenómeno está fuertemente correlacionado con la pobreza, pues los niños en hogares con ingresos bajos tienen menos acceso a alimentos nutritivos y a servicios de salud adecuados. Las regiones de la Sierra y el Oriente del país registran las tasas más altas, reflejando la vinculación entre pobreza geográfica, social y malnutrición. El informe destaca que la pobreza limita la posibilidad de una dieta balanceada y aumenta el riesgo de insuficiencia de micronutrientes críticos para el crecimiento saludable (10).



Caso 4: Efectos de la pobreza en el desarrollo cognitivo infantil

Investigaciones de universidades ecuatorianas muestran que la pobreza no solo afecta la alimentación sino el ambiente psicosocial y educativo del niño, exacerbando el impacto de la desnutrición en el desarrollo cognitivo y motor. Niños en hogares pobres enfrentan dificultades como inseguridad alimentaria, deficiencias en micronutrientes, condiciones sanitarias precarias y falta de acceso a educación, que limitan su potencial intelectual y crecimiento general. Esta problemática genera un ciclo persistente de vulnerabilidad que se transmite generacionalmente, evidenciando la pobreza como un determinante crítico en la salud infantil (11).

Determinantes sociales de salud

Los DSS son los elementos conceptuales esenciales de la salud pública para explicar el efecto de las inequidades sociales sobre las condiciones de vida y de salud, permitiendo orientar las políticas públicas pertinentes. Se refieren a las “condiciones en las que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen que permiten explicar las diferencias existentes entre las diversas comunidades en relación con las condiciones de vida y salud” (12).

Estos DSS son universales, pero varían según las comunidades. En las urbanas vulnerables, la DNT se ve afectada por la desigualdad social y económica, limitando el acceso a una adecuada alimentación debido a dificultades de acceso a recursos y problemas estructurales, como las prácticas y hábitos alimenticios. Por otra parte, el desempleo tiende a afectar en forma negativa la seguridad alimentaria de los hogares y exacerba los procesos de desnutrición. El contexto étnico es también un determinante significativo en la desnutrición; las poblaciones indígenas y afrodescendientes enfrentan desafíos adicionales por limitaciones en el acceso a recursos básicos, impactando en la nutrición de estos grupos (12).

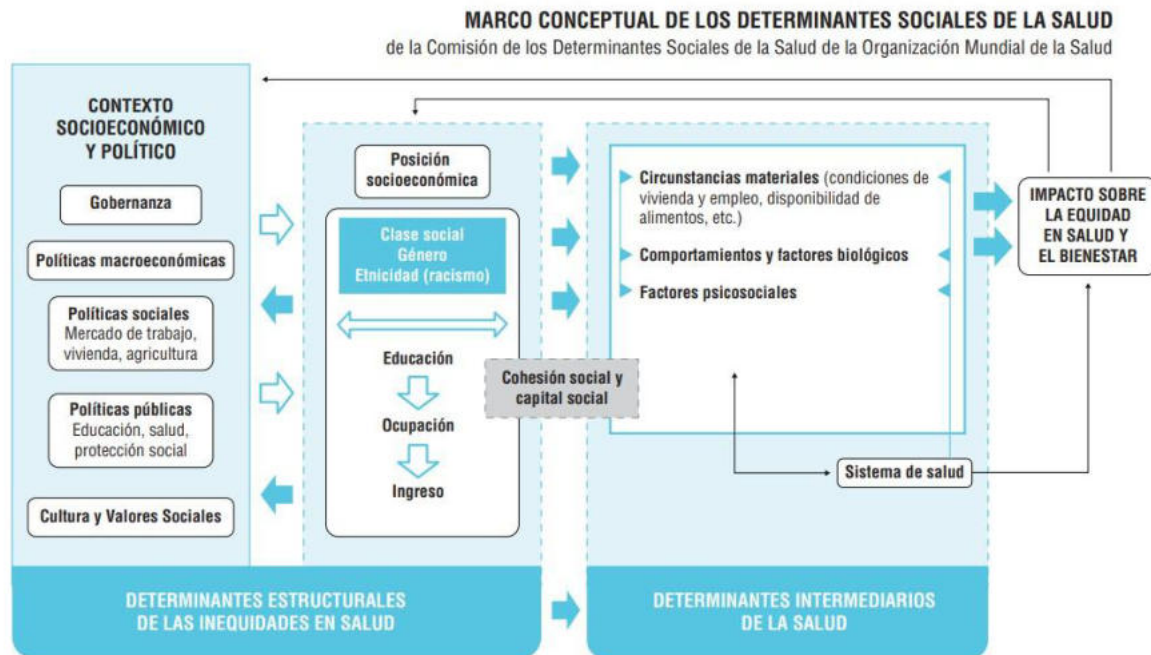


Figura 1. Marco conceptual sobre los determinantes sociales de la salud

Fuente: (12).

Impacto de algunos DSS en los procesos de DNT.

En regiones rurales y urbanas marginales, las deficiencias en las viviendas, como el hacinamiento y la falta de acceso a sistemas de drenaje y alcantarillado, afectan la calidad de vida. Cerca de 46 millones de personas en estas condiciones en el mundo enfrentan privaciones relacionadas con sistemas inadecuados de eliminación de desechos y más de 22 millones carecen de acceso suficiente al agua potable, aumentando el riesgo de enfermedades, desnutrición y muerte. El análisis nutricional en este grupo, bajo los DSS, revela la influencia del entorno en la gravedad de la enfermedad, permitiendo comprender mejor las circunstancias estructurales del país, como la cultura alimentaria, los hábitos y la accesibilidad a servicios públicos (12).

Aplicaciones

- Contexto de muerte: Los DSS ayudan a los forenses a comprender las circunstancias que rodearon una muerte. Por ejemplo, la falta de acceso a servicios de salud puede llevar a condiciones médicas crónicas o no tratadas que aumentan el riesgo de muerte (13).
- Estudio de patrones de mortalidad: Al analizar datos, los DSS pueden explicar por qué ciertos grupos de población tienen tasas de mortalidad más altas por causas específicas. Esto es crucial para identificar factores de riesgo y diseñar estrategias de salud pública (13).



- Investigación de fallecimientos relacionados con el trabajo: Los DSS pueden evidenciar si la muerte de un individuo estuvo relacionada con condiciones laborales inseguras, como la exposición a sustancias tóxicas o la falta de equipo de protección, lo que es información vital para la investigación forense.
- Análisis de la salud mental: Los DSS, como la pobreza o la discriminación, se asocian con un mayor riesgo de problemas de salud mental y consumo de sustancias, los cuales pueden ser determinantes en casos de suicidio o muertes accidentales (13).

DISCUSIÓN

La desnutrición constituye un problema de salud pública complejo que refleja no solo la insuficiencia de nutrientes, sino también las profundas desigualdades sociales que determinan el acceso a alimentos, servicios de salud y condiciones de vida adecuadas. La evidencia revisada en este artículo muestra que los determinantes sociales de la salud (DSS), como el ingreso familiar, la educación, el acceso a agua potable y saneamiento, así como las condiciones laborales y étnico-culturales, ejercen una influencia directa sobre el estado nutricional de las poblaciones, particularmente en zonas rurales y periurbanas del Ecuador y en contextos vulnerables internacionales.

Los hallazgos forenses y antropológicos revisados permiten visibilizar la manifestación corporal de la desigualdad social, concepto abordado como “structural vulnerability” o vulnerabilidad estructural. Los estudios de autopsias en Tokio evidencian que la desnutrición severa (IMC <16) se asocia a múltiples causas de muerte, incluyendo enfermedades infecciosas y orgánicas, lo que refleja cómo la carencia nutricional amplifica la vulnerabilidad biológica de los individuos. De manera complementaria, los análisis osteológicos en Estados Unidos muestran que la pobreza y la marginación social dejan huellas corporales concretas, como pérdida dental ante mortem, atrofia muscular y deformidades esqueléticas, evidenciando cómo la inequidad social se “embodiza” y puede ser detectada forensemente.

El análisis integrado de DSS y hallazgos resalta la necesidad de un enfoque interdisciplinario en la investigación de la desnutrición. No basta con la evaluación anatómica o histopatológica; la interpretación de la malnutrición requiere contextualizar los hallazgos dentro de la historia social del individuo, considerando factores estructurales, ambientales, culturales y de acceso a servicios de salud. Este enfoque permite diferenciar entre malnutrición causada por factores individuales, enfermedades crónicas o trastornos psiquiátricos, y la que resulta de negligencia estructural o abandono social prolongado. La desnutrición constituye un problema de salud pública complejo que refleja no solo la insuficiencia de nutrientes, sino también las profundas desigualdades sociales que determinan el acceso a alimentos, servicios de salud y condiciones de vida adecuadas. La evidencia revisada en este artículo muestra que los determinantes sociales de la salud (DSS), como el ingreso familiar, la educación, el acceso a agua potable y



saneamiento, así como las condiciones laborales y étnico-culturales, ejercen una influencia directa sobre el estado nutricional de las poblaciones, particularmente en zonas rurales y periurbanas del Ecuador y en contextos vulnerables internacionales.

Finalmente, esta revisión evidencia que la desnutrición y la vulnerabilidad social son fenómenos multidimensionales que requieren un enfoque integrador entre salud pública, la antropología y medicina legal. La correlación entre DSS y hallazgos permite no solo documentar la manifestación corporal de la desigualdad, sino también establecer un marco ético y social que oriente la práctica profesional, la investigación científica y las políticas de prevención y protección social.

En este contexto, resulta necesario reconocer que la desnutrición no puede ser abordada únicamente desde la perspectiva clínica, sino que requiere un análisis integral que considere las condiciones estructurales. La interacción entre factores económicos, sociales y culturales determina la magnitud del problema y condiciona las posibilidades de intervención. Por ello, los programas de prevención y atención deben diseñarse con un enfoque intersectorial, involucrando a salud pública, educación, protección social y justicia, de manera que se garantice una respuesta más efectiva y sostenible frente a la vulnerabilidad nutricional.

CONCLUSIONES

El estudio permitió comprender que detrás de cada caso de desnutrición existe una historia marcada por la pobreza, la falta de oportunidades y el abandono social. Las condiciones precarias de vivienda, el desempleo y el limitado acceso a servicios básicos se reflejan de manera directa en el estado nutricional de las personas. Cada hallazgo no solo evidenció una carencia alimentaria, sino también la desigualdad que impide que muchas personas alcancen una vida digna. Estos resultados recuerdan que la desnutrición no es solo un problema médico, sino una consecuencia de la injusticia social.

Los hallazgos forenses, más allá de su valor técnico, se convirtieron en un testimonio silencioso de la desigualdad social. Las señales físicas y bioquímicas de desnutrición observadas en los cuerpos hablan de carencias sostenidas en el tiempo y de la falta de apoyo institucional. Cada resultado forense representa una voz que no pudo expresarse en vida y que hoy evidencia la urgencia de atender las raíces estructurales de la pobreza. Desde esta perspectiva, la ciencia forense deja de ser solo una herramienta investigativa para transformarse en un espejo de nuestra realidad social.

La correlación entre los hallazgos y los determinantes sociales mostraron que la desnutrición no puede entenderse únicamente como un problema biológico. Es el resultado de un entramado complejo de causas sociales, económicas y culturales. Comprenderlo requiere unir miradas: la del equipo multidisciplinario de la salud, la del trabajador social, la del epidemiólogo y la del



educador. Y solo desde estos enfoques es posible construir soluciones reales y sostenibles que aborden tanto los síntomas como las causas profundas de la desnutrición.

Entre los casos analizados, los más impactantes fueron los relacionados con la infancia. La desnutrición infantil es una de las expresiones más dolorosas de la vulnerabilidad social, pues afecta no solo el crecimiento físico, sino también las posibilidades de aprendizaje y desarrollo futuro. Detrás de cada niño con signos de malnutrición hay familias que enfrentan el hambre diaria, la falta de educación y la carencia de servicios de salud. Estos hallazgos reafirman la responsabilidad colectiva de proteger a la niñez y garantizar condiciones de vida que les permitan crecer con dignidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Suzuki H, NMHN. Causas de muerte en casos de autopsia forense de personas desnutridas. *Legal Med.* 2013;15(3):7-11.
2. Madea B, Ortmann J, Doberentz E. Aspectos forenses de la inanición. *Patol Méd Cienc Forenses.* 2016;12(4).
3. Alvarez L. Desnutrición infantil, una mirada desde diversos factores. *UNHEVAL.* 2019;13(1):15-26.
4. Córdova Loo FJ, Urdaneta Rivero EM, Oscuez AC, Rodríguez OA, Loo DA. Determinantes sociales de la salud y su impacto en la atención primaria en el Ecuador: desafíos y estrategias en intervención. *Arandu.* 2025;12(1):1863-76.
5. Suzuki H, Tanifuji T, Abe N, T F. Causes of death in forensic autopsy cases of malnourished persons. *Leg Med.* 2013;7(1):7-11.
6. Collins K, Byard R, Sanchez H, Ibrahim J, Aitken G, Ranson D, et al. *Geriatric forensic medicine and pathology.* Cambridge: Cambridge University Press; 2020.
7. Litavec H, Basom R. Incorporating a structural vulnerability framework into the forensic anthropology curriculum. *Forensic Sci Int Synerg.* 2023;6:100320.
8. Madea B, Ortmann J, Doberentz E. Forensic aspects of starvation. *Forensic Sci Med Pathol.* 2016 Mar.
9. Universidad de las Américas. Desnutrición crónica infantil en Ecuador. Revisión bibliográfica sistemática [tesis]. Quito: UDLA, Facultad de Posgrados; 2023. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/15442/1/UDLA-EC-TMND-2023-120.pdf> (dspace.udla.edu.ec in Bing)
10. GlobalGateway. Consejo consultivo. Informe del estado de situación de la DCI [Internet]. 2024 [citado 2025 Oct 20]. Disponible en: <https://consejoconsultivodci.com.ec/wp-content/uploads/2024/10/INFORME-DEL-ESTADO-DE-SITUACION-DE-LA-DCI.pdf> (consejoconsultivodci.com.ec in Bing)
11. Mora-Saltos MC, JPCBRIPR. Estado nutricional ante el desarrollo cognitivo de niños del nivel Educación Inicial II. *Polo Conoc.* 2025 Feb;10(2).



12. Gómez M. Determinantes sociales de la salud y la desnutrición en comunidades urbanas vulnerables [Internet]. 2025 [citado 2025 Oct 20]. Disponible en: <https://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/1608/2892>
13. Gutiérrez MADLG. La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria [Internet]. 2020 [citado 2025 Oct 20]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2529-850X2020000100081
14. Amirante F, Pititto F, Pulin G, Bellacicco R, Paladini E, Cazzato G, et al. The pathology of starvation: a systematic review of forensic evidence. *Forensic Sci.* 2025;5(4):74.
15. Chen C, Yu Z, Yuan Y, Gao X, Shi Q, Zhou Y. Forensic characteristics of starvation deaths: a case report and literature review. *Forensic Sci Med Pathol.* 2025 Oct.
16. Santiago Albuja W. Determinantes socioeconómicos de la desnutrición crónica en menores de cinco años: evidencia desde Ecuador. *Interdisciplina.* 2022;10(28).
17. Cueva Moncayo MF, Pérez Padilla CA, Ramos Argilagos M, Guerrero Caicedo R. La desnutrición infantil en Ecuador: una revisión de literatura. *Bol Med Salud Ambient.* 2021;7:e5.614.003.
18. UNICEF, WHO, World Bank. Joint child malnutrition estimates (JME) 2025. Levels and trends. New York: UNICEF; 2025.
19. Brkić D, Concetti C, Rémond-Derbez N, Hauser J. Relationship between nutrition, brain, cognition, learning, and behavior in school-age children: systematic evidence and future opportunities. *Nutr Rev.* 2026 Jan;nuaf280.
20. Carruth L, Martinez C, Smith L, Donato K, Piñones-Rivera C, Quesada J, et al. Structural vulnerability: migration and health in social context. *BMJ Glob Health.* 2021;6:e005109.

RINITIS ALÉRGICA Y COMPROMISO OCULAR: IMPACTO CLÍNICO Y EN LA CALIDAD DE VIDA. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA ACTUAL

ALLERGIC RHINITIS AND OCULAR INVOLVEMENT: CLINICAL IMPACT AND IMPACT ON QUALITY OF LIFE. SYSTEMATIC REVIEW OF THE CURRENT LITERATURE

Andrés Santiago Cisneros Barahona¹, Jhonatan Gabriel Orozco Suque², Joseph Alexander Ajila Amán³, Jessica Abigail Ríos Andino⁴, Bryan Fernando Llango López⁵, Ana Lucía Cepeda Asqui⁶

{ascisneros@unach.edu.ec¹, jhonatan.orozco@unach.edu.ec², joseph.ajila@unach.edu.ec³, jessica.rios@unach.edu.ec⁴, bfillango@gmail.com⁵}

Fecha de recepción: 16/02/2026 / Fecha de aceptación: 08/03/2026 / Fecha de publicación: 10/03/2026

RESUMEN: La rinitis alérgica es una enfermedad inflamatoria común que, además de los síntomas nasales, suele presentarse con problemas oculares que a menudo se pasan por alto en la práctica clínica. Este estudio tuvo como objetivo revisar la evidencia científica sobre el compromiso ocular relacionado con la rinitis alérgica y su impacto clínico y en la calidad de vida de los pacientes. Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo las recomendaciones de la Declaración PRISMA 2020, identificando estudios publicados entre 2021 y 2025 en PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science. También se realizó un análisis bibliométrico de la producción científica relevante. Catorce estudios fueron incluidos en la síntesis cualitativa. Los resultados indicaron que el prurito ocular, la hiperemia conjuntival y la epífora constituyeron las manifestaciones oculares más frecuentes, asociadas con mayor gravedad clínica y con la presencia de otras enfermedades atópicas. Asimismo, el compromiso ocular se asoció con un deterioro significativo de la calidad de vida, lo que afectó las actividades diarias, el sueño y el bienestar general. La evidencia respalda un enfoque terapéutico integral, con énfasis en el uso de corticosteroides intranasales y en la inmunoterapia específica con alérgenos. El análisis bibliométrico evidenció una producción científica moderada y heterogénea, con vacíos de conocimiento, especialmente en relación con la rinitis alérgica local. En conclusión, el compromiso ocular es un componente clínico relevante que debe considerarse sistemáticamente en la evaluación y el manejo de la rinitis alérgica.

¹Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-2524-041X>

²Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-9277-7812>

³Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0007-3860-030X>

⁴Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-1531-7751>

⁵Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0008-7091-1893>

⁶Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-4368-5981>



Palabras clave: *Rinitis alérgica, rinoconjuntivitis alérgica, conjuntivitis alérgica, calidad de vida, inmunoterapia con alérgenos*

ABSTRACT: Allergic rhinitis is a common inflammatory disease that, besides nasal symptoms, is often linked to eye problems that are frequently overlooked in clinical practice. This study aimed to review the scientific evidence on ocular involvement in allergic rhinitis, its clinical impact, and its effect on patients' quality of life. A systematic review was carried out following PRISMA 2020 guidelines, searching for studies published between 2021 and 2025 in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science. A bibliometric analysis of the relevant literature was also performed. Scientific literature was reviewed. Fourteen studies were included in the qualitative synthesis. The results showed that ocular itching, conjunctival hyperemia, and epiphora were the most common eye symptoms and were linked to more severe clinical cases and the presence of other atopic conditions. Ocular involvement was also tied to a significant decline in quality of life, affecting daily activities, sleep, and overall well-being. The evidence supports a comprehensive treatment approach focused on intranasal corticosteroids and allergen-specific immunotherapy. The bibliometric analysis found a moderate, varied scientific output, with notable knowledge gaps, particularly regarding local allergic rhinitis. In summary, ocular involvement is an essential clinical aspect that should be routinely considered in the evaluation and management of allergic rhinitis.

Keywords: *Allergic Rhinitis, allergic rhinoconjunctivitis, allergic conjunctivitis, quality of life, allergen immunotherapy*

INTRODUCCIÓN

La rinitis alérgica es una enfermedad frecuente caracterizada por congestión nasal, secreción, picazón y estornudos persistentes, lo que refleja una inflamación inmunomediada de la mucosa nasal (1,2).

Sin embargo, su impacto no se limita a la parte superior del sistema respiratorio. Suele asociarse también con síntomas oculares que pueden pasar desapercibidos o ser subestimados en la práctica clínica (3,4). La rinitis alérgica ocurre tras la exposición a alérgenos ambientales, como pólenes, ácaros del polvo o epitelios de animales, lo que provoca la liberación inmediata de mediadores, como histamina, prostaglandinas y leucotrienos, por los mastocitos (2).

Las manifestaciones oculares asociadas a la rinitis alérgica, como prurito, hiperemia conjuntival, epífora y sensación de cuerpo extraño forman parte de un síndrome alérgico integrado que compromete la calidad de vida del paciente (3). La inflamación ocular en la rinitis alérgica involucra tanto la respuesta inmediata como la tardía, siendo esta última responsable de la persistencia y de la mayor intensidad de los síntomas, incluidas la congestión ocular y la inflamación prolongada (4).



En los últimos años, se ha descrito la presencia de respuestas inmunológicas locales en pacientes con síntomas compatibles con rinitis alérgica, pero sin evidencia de atopia sistémica demostrable, lo que constituye la entidad conocida como rinitis alérgica local (5). Esta enfermedad puede contribuir a la persistencia y la gravedad de los síntomas nasales y oculares, incluso en ausencia de pruebas convencionales positivas para IgE en sangre o en pruebas cutáneas, lo que complica su diagnóstico y manejo clínico (5). La inflamación nasal y ocular en estos pacientes comparte mecanismos fisiopatológicos, incluyendo la activación de linfocitos T de tipo Th2 y la liberación de citocinas inflamatorias que promueven la infiltración celular en ambos sitios (5).

El compromiso ocular puede extenderse a la superficie de la córnea, presentándose clínicamente como sensación constante de cuerpo extraño, fotofobia y epífora (3). Estos síntomas suelen agravarse al parpadear y al cerrar los ojos. En casos de inflamación palpebral severa, puede observarse una reducción de la apertura palpebral debido a ptosis mecánica (3). Aunque en las etapas iniciales las manifestaciones son generalmente leves, su progresión puede conducir a un deterioro clínico importante, lo que subraya la necesidad de un diagnóstico temprano y de un tratamiento rápido y eficaz (3).

Dado que la rinitis alérgica es una enfermedad crónica y progresiva, frecuentemente asociada a síntomas oculares, es fundamental realizar un diagnóstico temprano y evaluar su impacto en la vida diaria de los pacientes. Un estudio en una unidad de Medicina Familiar en la Ciudad de México reportó que el 70,78% de los pacientes con rinitis alérgica experimentó una disminución significativa de su calidad de vida relacionada con la salud, lo que afectó su bienestar físico y emocional (6). Los síntomas nasales y oculares, especialmente la congestión nasal y la sensibilidad ocular, fueron los principales factores. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de un control sintomático eficaz y de un seguimiento integral que abarque tanto el tratamiento clínico como los aspectos emocionales y sociales del paciente.

Diversos estudios documentan ampliamente las manifestaciones nasales y oculares de la rinitis alérgica. Sin embargo, persisten vacíos de conocimiento sobre la relación precisa entre ambas, la prevalencia real y el diagnóstico oportuno de entidades menos evidentes como la rinitis alérgica local. Esto es especialmente relevante en contextos donde el acceso a pruebas diagnósticas especializadas es limitado (5).

Este estudio aborda la falta de reconocimiento y de manejo adecuados del compromiso ocular en pacientes con rinitis alérgica, lo que afecta la calidad de vida y las decisiones clínicas. Se realizó una revisión sistemática de la literatura para analizar la evidencia sobre las manifestaciones oculares asociadas a la rinitis alérgica y su impacto en la salud. También se revisaron los principales enfoques diagnósticos y terapéuticos, con énfasis en el control de los síntomas oculares. Además, se realizó un análisis bibliométrico para caracterizar la evolución de las publicaciones, de los autores, de las revistas y de las líneas de investigación. Este análisis busca mejorar la comprensión del problema, promover un enfoque diagnóstico integral y servir de base para futuras investigaciones que optimicen el manejo clínico de estos pacientes.



MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura, desarrollada de acuerdo con las recomendaciones de la Declaración PRISMA 2020 (7), con el objetivo de identificar, analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la asociación entre la rinitis alérgica, las manifestaciones oculares y el impacto de estas en la calidad de vida de los pacientes.

Estrategia de búsqueda

Las primeras búsquedas se realizaron combinando los términos “allergic rhinitis” y “ocular disorders” en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science para identificar estudios sobre la relación entre la rinitis alérgica y los problemas oculares. Luego, se amplió la búsqueda mediante los operadores booleanos AND y OR, añadiendo términos relacionados con los trastornos oculares y con la calidad de vida, según su relevancia. La búsqueda se limitó a artículos publicados en revistas indexadas, sin importar el país de publicación.

Se utilizaron los términos: “alergia nasal”, “rinitis”, “alergia ocular”, “conjuntivitis alérgica”, “enfermedades oculares”, “síntomas oculares”, “calidad de vida” y “salud relacionada con la calidad de vida”. Estas combinaciones ayudaron a mejorar la búsqueda y a identificar estudios relevantes sobre los aspectos clínicos y el impacto funcional y psicosocial de la enfermedad.

La búsqueda sistemática se realizó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science, acotando los resultados a publicaciones entre enero de 2020 y diciembre de 2025. La combinación de términos que arrojó los resultados más relevantes fue la siguiente:

("rhinitis" OR "allergic rhinitis") AND ("eye diseases" OR "allergic conjunctivitis" OR "ocular symptoms") AND ("quality of life" OR "health-related quality of life")

Como resultado de esta estrategia, se identificaron 99 registros en total: 77 en Scopus, 20 en PubMed/MEDLINE y 2 en Web of Science. Antes de proceder a la selección final de los artículos, se realizó un proceso de depuración para eliminar registros duplicados y se definieron explícitamente los criterios de inclusión y exclusión, de acuerdo con las recomendaciones de la Declaración PRISMA 2020.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterio	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Año de publicación	Estudios publicados entre los años 2021 y 2025.	Publicaciones fuera del rango temporal establecido.



Tipo de patología	Estudios que abordaran rinitis alérgica asociada a manifestaciones oculares.	Estudios sobre rinitis no alérgica o trastornos oculares no relacionados con procesos alérgicos.
Manifestaciones oculares	Presencia de conjuntivitis alérgica, prurito ocular, ojo seco, hiperemia conjuntival u otros síntomas oculares relacionados.	Trastornos oculares sin relación con alergias o sin componente ocular relevante.
Impacto clínico / calidad de vida	Investigaciones que evaluaran el impacto clínico, funcional o en la calidad de vida de los pacientes.	Estudios que no aportaran información sobre impacto clínico o calidad de vida.
Diseño del estudio	Estudios observacionales, prospectivos, clínicos o revisiones con información pertinente al objetivo de la investigación.	Editoriales, cartas al editor u otros documentos sin datos clínicos relevantes.
Accesibilidad del documento	Documentos con acceso libre a texto completo.	Documentos con acceso restringido o sin disponibilidad de texto completo.

Extracción de datos

De acuerdo con los criterios de inclusión establecidos, los registros identificados en las bases de datos Scopus, PubMed/MEDLINE y Web of Science fueron exportados y gestionados mediante el software RStudio (8), utilizando el paquete Bibliometrix a través de su interfaz Biblioshiny, con el fin de organizar la información bibliográfica y realizar el proceso de eliminación de duplicados. En esta fase inicial se identificaron y eliminaron 18 registros duplicados, obteniéndose un total de 81 artículos únicos.

Posteriormente, se llevó a cabo un primer cribado mediante la lectura de títulos y resúmenes, con el objetivo de evaluar la pertinencia temática de los estudios respecto de la rinitis alérgica, sus manifestaciones oculares asociadas y su impacto en la calidad de vida. Como resultado de esta etapa, se excluyeron 47 artículos por no cumplir con los criterios establecidos, quedando 52 estudios para su evaluación a texto completo.

Los 52 artículos potencialmente relevantes fueron sometidos a una lectura completa, lo que permitió descartar aquellos que no abordaban el compromiso ocular asociado a la rinitis alérgica, no evaluaban el impacto clínico o funcional en la calidad de vida o presentaban un enfoque metodológico no acorde con los objetivos de la revisión. Tras esta evaluación exhaustiva, 10 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión y fueron seleccionados para la revisión sistemática.



La extracción de datos se realizó de manera sistemática utilizando una matriz previamente diseñada, en la que se registró información relevante de cada estudio incluido, considerando variables como la fuente o revista de publicación, el país del estudio, los objetivos, el diseño metodológico, las características de la muestra, las técnicas de análisis, los principales resultados, las conclusiones, los vacíos o limitaciones identificados y los aportes a la literatura científica. Este método permitió organizar y resumir la información de manera estructurada, lo que facilitó el análisis cualitativo y la interpretación de los hallazgos.

Inclusión de fuentes de práctica clínica basadas en la evidencia

Además de la revisión sistemática siguiendo los lineamientos de la Declaración PRISMA 2020, se consideró útil incluir cuatro documentos de plataformas de práctica clínica basada en la evidencia (UpToDate, BMJ Best Practice y DynaMed) para ampliar la interpretación clínica de los resultados y brindar un marco aplicable a la realidad asistencial actual. Estas fuentes sirvieron como material complementario y no formaron parte del proceso sistemático de búsqueda, cribado o selección de estudios, ni se incluyeron en la síntesis cualitativa principal.

La elección de incluir estas plataformas se basó en su utilidad como referencias clínicas, ya que ofrecen recomendaciones actualizadas, algoritmos diagnósticos y resúmenes críticos de la evidencia elaborados por expertos. Por ello, estas fuentes se utilizaron únicamente para apoyar la contextualización clínica y la discusión de los resultados, sin que influyeran en la selección de los estudios ni en el análisis sistemático de la evidencia científica.

Consideraciones éticas

Dado que se trata de una revisión de la literatura, no fue necesario contar con la aprobación de un comité de ética, ya que no se realizó ninguna intervención en personas ni se manejaron datos personales identificables.

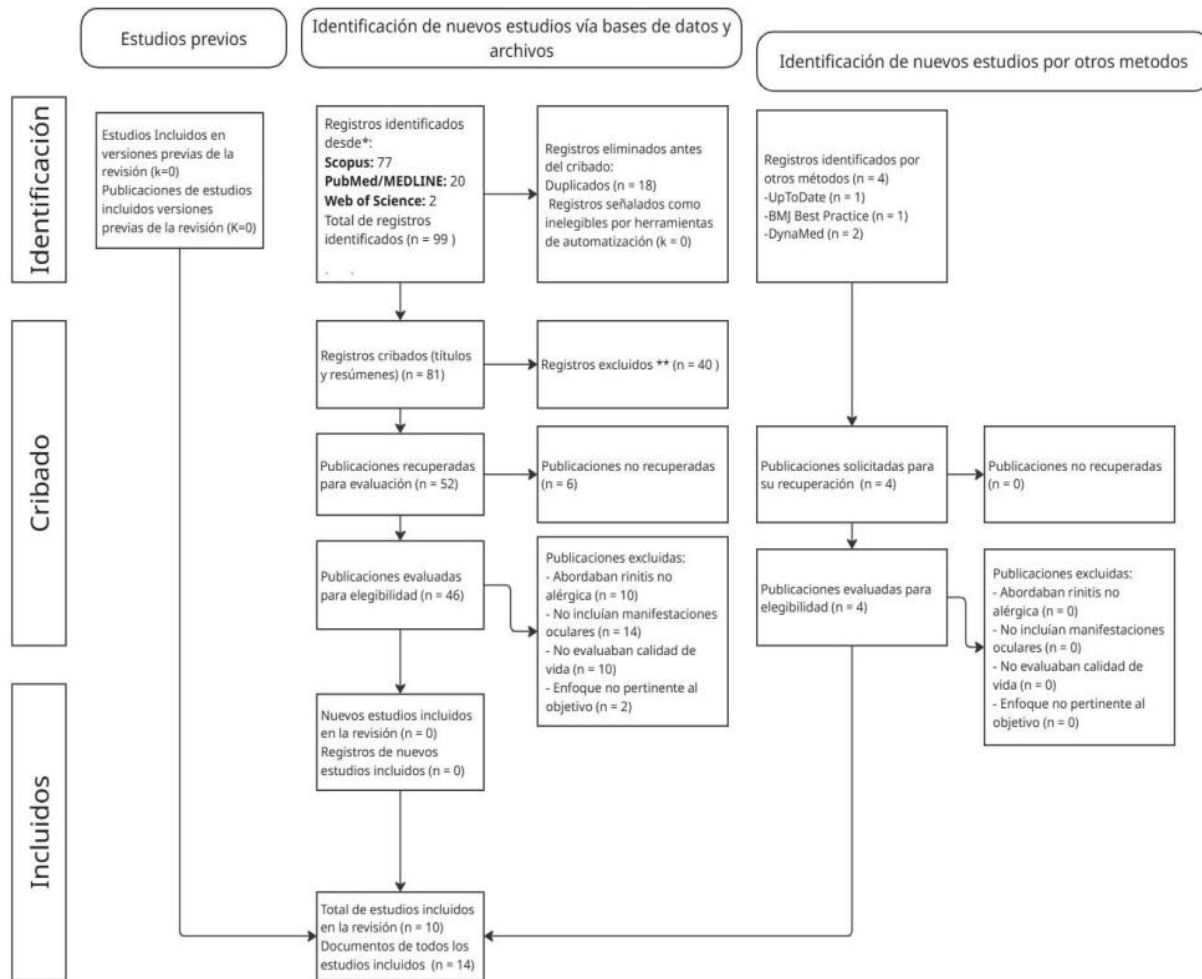


Figura. Diagrama de flujo PRISMA 2020.

RESULTADOS

Producción científica

Se analizó la producción científica anual sobre rinitis alérgica, trastornos oculares y calidad de vida entre 2021 y 2025. Como se puede ver en la Figura 1, la mayor cantidad de publicaciones se registró en 2021, con 18 artículos. Luego, hubo una disminución constante: 14 artículos en 2022, 10 en 2023, 8 en 2024 y 2 en 2025.

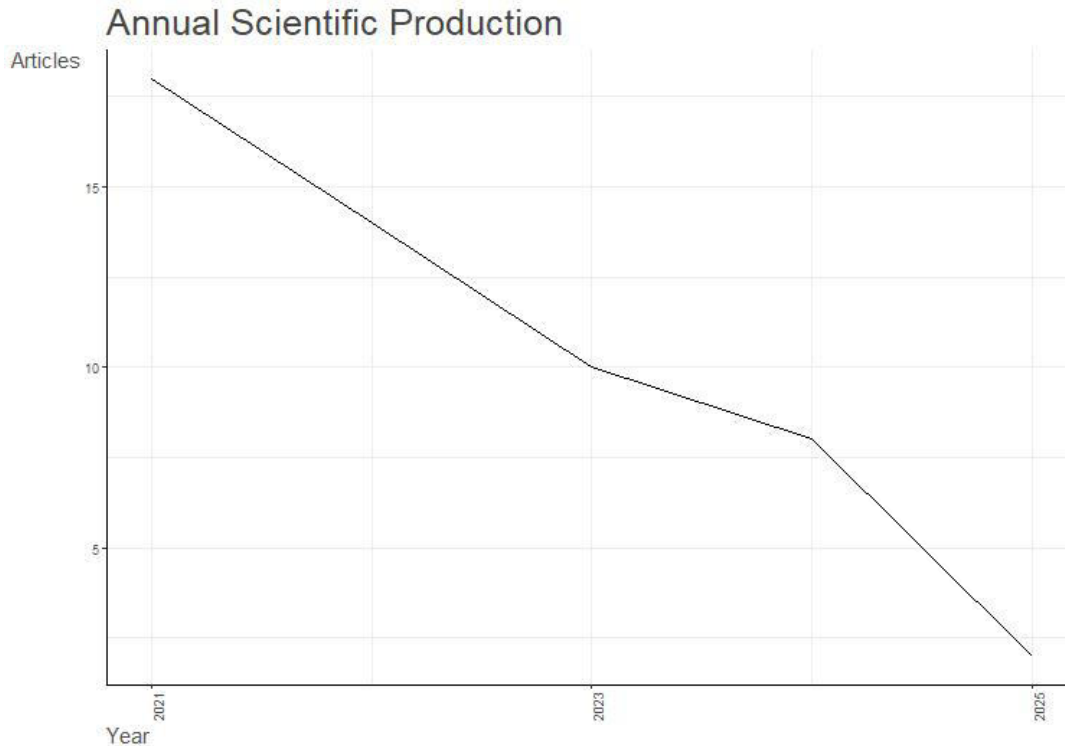


Figura 1. Producción científica anual sobre rinitis alérgica y trastornos oculares en el periodo 2021–2025.

Autores y patrones de autoría

El análisis de autoría mostró una distribución heterogénea de la producción científica. Como se observa en la Figura 2, el autor con mayor número de publicaciones fue Lee S ($n = 4$), seguido de Kim H, Kim J, Lee J, Nakamura M, Zhang H y Zhang J ($n = 3$ cada uno). La mayoría de los autores contribuyó con uno o dos artículos.

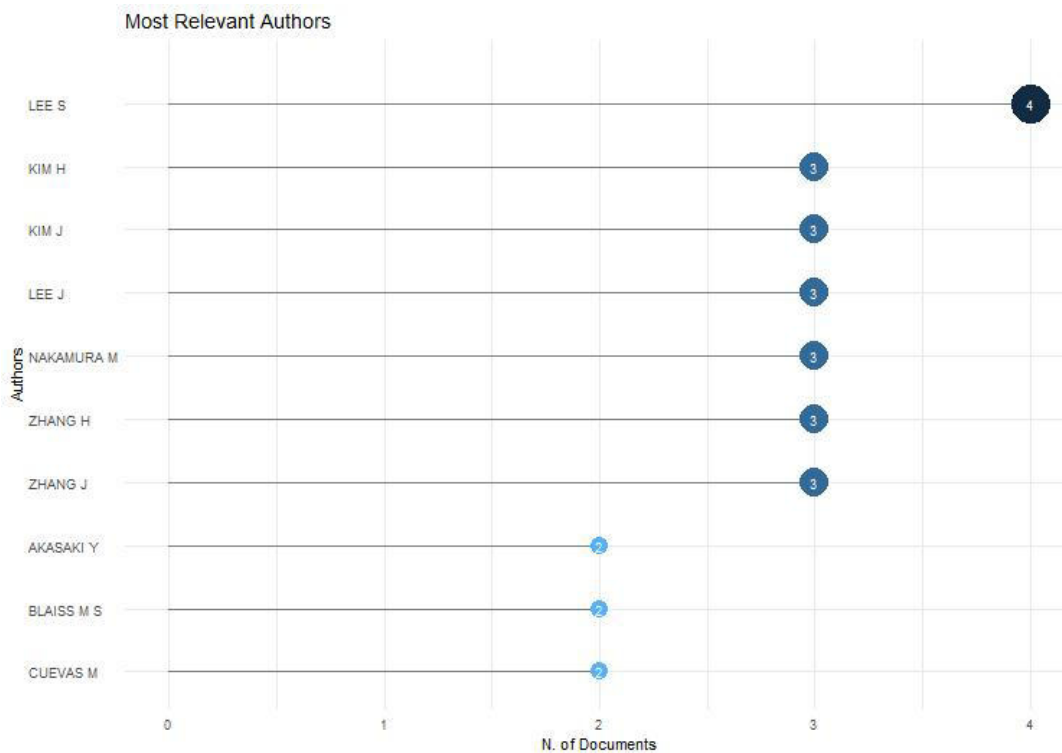


Figura 2. Autores más relevantes según el número de publicaciones sobre rinitis alérgica y trastornos oculares.

Revistas científicas más relevantes

Los artículos analizados se publicaron en múltiples revistas científicas. Como se observa en la Figura 3, la mayor frecuencia de publicaciones se registró en *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology* (n = 3), seguida por *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, *International Archives of Allergy and Immunology*, *JAMA Ophthalmology*, *Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* y *Russian Journal of Allergy* (n = 2 cada una).

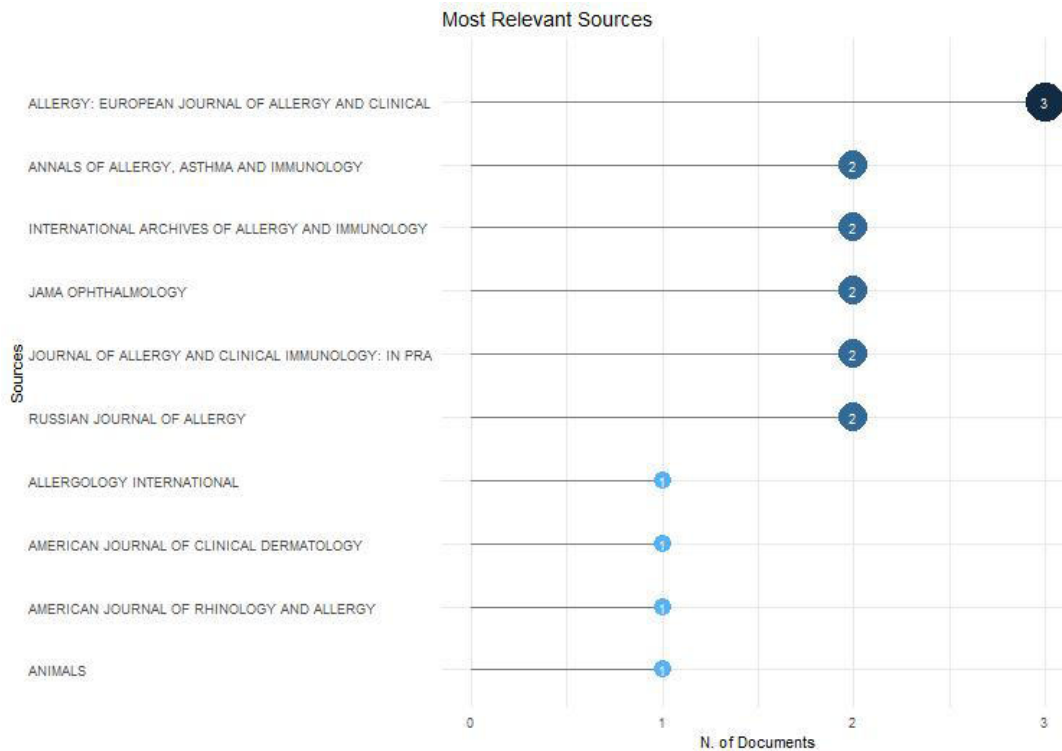


Figura 3. Revistas científicas más relevantes según el número de publicaciones sobre rinitis alérgica y trastornos oculares.

Distribución geográfica de la producción

Como se observa en la Figura 4, los estudios analizados procedieron principalmente de Europa, Asia y América Latina. Europa y Asia concentraron la mayor proporción de publicaciones, mientras que América Latina presentó una participación menor pero constante. Otras regiones mostraron una representación limitada.



Country Scientific Production

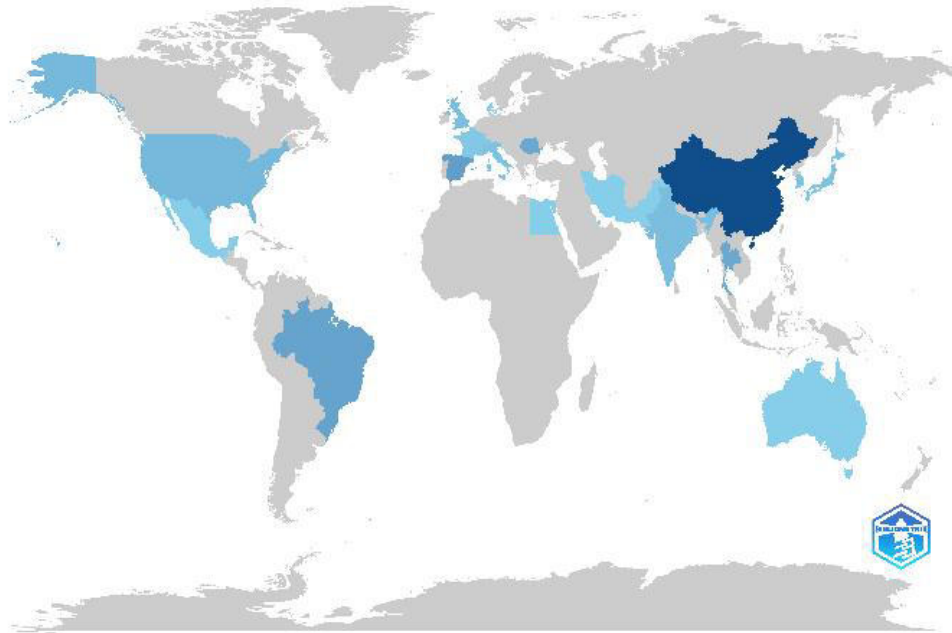


Figura 4. Distribución geográfica de la producción científica sobre la rinitis alérgica y los trastornos oculares.

Idioma de publicación

El inglés fue el idioma predominante en las publicaciones analizadas. Se publicó un menor número de artículos en español, principalmente provenientes de países de América Latina.

Tipología de documentos

La tipología documental estuvo dominada por artículos originales de diseño observacional, seguidos de revisiones narrativas y sistemáticas. Los ensayos clínicos fueron escasos.

Diseños metodológicos predominantes

En los artículos analizados se identificaron diversos diseños metodológicos. Los más frecuentes fueron los estudios observacionales de tipo transversal, seguidos de los estudios prospectivos y las revisiones narrativas. Otros diseños estuvieron presentes en menor proporción en el conjunto de publicaciones analizadas.



Palabras clave más frecuentes

Como se puede ver en la Figura 5, las palabras clave más comunes fueron: allergic rhinitis, allergic conjunctivitis, ocular symptoms, rhinoconjunctivitis y quality of life, además de otros términos relacionados con aspectos clínicos y terapéuticos.



Figura 5. Palabras clave más frecuentes en los artículos sobre rinitis alérgica y trastornos oculares.

Enfoque temático de los artículos

La mayor parte de los estudios se centraron en describir las manifestaciones oculares relacionadas con la rinitis alérgica, así como en determinar la frecuencia de la conjuntivitis alérgica y su impacto en la calidad de vida. Algunos artículos también abordaron aspectos fisiopatológicos o terapéuticos, aunque en menor medida. La rinitis alérgica localizada se mencionó de manera limitada.

Impacto y citación de los artículos

Se observó variabilidad en el número de citas entre los artículos analizados. Los estudios con mayor número de citas se relacionaron principalmente con la revisión de manifestaciones oculares y con la evaluación de la calidad de vida. No se identificó una concentración marcada de artículos altamente citados.

La matriz de resultados de rinitis alérgica asociada a síntomas oculares de la presente investigación se encuentra anexada en la plataforma Zenodo. Los estudios en esta matriz organizan los resultados en distintas categorías para facilitar su análisis y síntesis. Estas categorías incluyen el tipo de documento y el nivel de evidencia, el enfoque terapéutico, la población estudiada, la presencia y las características del compromiso ocular, el impacto en la calidad de vida, las herramientas de medición utilizadas y los temas principales abordados por



los autores. Esta clasificación permite presentar los resultados con claridad y detectar patrones comunes entre los estudios.

Se clasificaron diferentes tipos de documentos según su nivel de evidencia, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados, estudios observacionales y prospectivos, revisiones sistemáticas con o sin metaanálisis, revisiones narrativas y guías de práctica clínica basadas en la evidencia. Los ensayos clínicos y los resultados prospectivos brindaron información primaria sobre la eficacia del tratamiento y la calidad de vida, mientras que las revisiones sistemáticas y narrativas resumieron la evidencia previa sobre la rinitis alérgica y su impacto ocular. Además, se consideraron documentos de plataformas clínicas como UpToDate, DynaMed y BMJ Best Practice, que recopilaban recomendaciones clínicas y resúmenes actualizados de la evidencia existente, sin generar datos propios.

Otra categoría importante fue el método terapéutico empleado en los estudios. La mayoría de los artículos revisados se centraron en intervenciones basadas en inmunoterapia específica de alérgenos, incluyendo inmunoterapia sublingual, intralinfática y subcutánea, así como el uso de alérgenos modificados. Algunos estudios, en menor medida, abordaron temas relacionados con el tratamiento farmacológico, especialmente en combinaciones de antihistamínicos y corticosteroides intranasales, y unas pocas investigaciones también abordaron opciones quirúrgicas, como la neurectomía nasal posterior, en pacientes con rinitis alérgica que no respondían a otros tratamientos.

Los artículos también se clasificaron según la población estudiada. La mayoría correspondió a investigaciones en población adulta, principalmente sobre inmunoterapia y calidad de vida. Algunos estudios incluyeron población pediátrica, sobre todo en ensayos clínicos y estudios observacionales, mientras que las revisiones sistemáticas y los documentos de práctica clínica consideraron poblaciones mixtas o no especificadas.

En relación con el compromiso ocular, los estudios consideraron la rinoconjuntivitis alérgica como una condición clínica que engloba síntomas nasales y oculares. La conjuntivitis alérgica fue el trastorno ocular más mencionado, destacando el prurito ocular, la hiperemia conjuntival y la epifora como los síntomas más frecuentes. Algunos estudios también analizaron los síntomas oculares como indicadores de mayor gravedad clínica o de un fenotipo alérgico más complejo.

Otra categoría central fue el impacto en la calidad de vida. La mayoría de los artículos evaluaron este aspecto como desenlace principal o secundario, utilizando instrumentos validados como el Rhinitis Quality of Life Questionnaire (RQLQ) (9). Los estudios analizaron tanto las puntuaciones globales como los dominios específicos relacionados con síntomas nasales, oculares, de sueño y de actividades diarias, lo que permitió describir el impacto funcional de la rinitis alérgica asociada a trastornos oculares (10).

Los estudios también compartieron el uso de diversas herramientas de medición clínica. Entre las más empleadas se encontraron escalas de síntomas, como la escala analógica visual, y



puntuaciones combinadas de síntomas y medicación, así como cuestionarios de calidad de vida y pruebas inmunológicas, incluidos los niveles de IgE total y específica, IgG4 y pruebas cutáneas de alergia.

En relación con los fenotipos alérgicos, algunos estudios han señalado diferencias entre pacientes monosensibilizados y polisensibilizados. Se observó que la presencia de síntomas oculares se relacionaba con una mayor carga alérgica, niveles elevados de IgE y la coexistencia de otras enfermedades atópicas, como el asma o la dermatitis atópica, especialmente en niños.

Desde el punto de vista fisiopatológico, diversos estudios y revisiones indican mecanismos comunes entre la rinitis alérgica y los trastornos oculares, como la respuesta inflamatoria mediada por IgE, la participación de mastocitos y eosinófilos, el concepto de vía aérea unificada y el reflejo naso-ocular que conecta la nariz y el ojo.

La rinitis alérgica local fue mencionada de manera limitada en los estudios analizados, principalmente desde una perspectiva conceptual, sin investigaciones recientes centradas en su relación con las manifestaciones oculares.

Finalmente, los artículos contribuyeron a identificar algunas limitaciones de la metodología, como la diversidad de diseños de estudio, las distintas formas de medir y la escasez de investigaciones a largo plazo. Además, añadieron aspectos relevantes a la literatura, como la definición de rinoconjuntivitis alérgica, la importancia de la calidad de vida como resultado clínico y la creciente evidencia de que un enfoque integral en la nariz y los ojos resulta beneficioso.

DISCUSIÓN

Bibliometría

El análisis bibliométrico realizado permite comprender mejor la evidencia científica disponible sobre la rinitis alérgica vinculada a problemas oculares en un contexto específico de tiempo, lugar y temática. Además, ofrece elementos para interpretar los hallazgos clínicos de esta revisión. En la figura 1 se observa que la mayor cantidad de publicaciones se registró en 2021 y luego disminuyó progresivamente hasta 2025. Esto indica que hubo un interés inicial fuerte en tratar de entender de manera integral la rinoconjuntivitis alérgica, probablemente para resumir la evidencia existente y ajustar los enfoques clínicos, más que por la aparición constante de nuevos estudios en años posteriores. La caída en las publicaciones podría reflejar que el campo se estabiliza y que hay menos ideas innovadoras, especialmente en lo que respecta a los problemas oculares.

El análisis de autoría muestra una producción dispersa, sin grupos de investigación destacados ni autores que lideren el tema de manera constante. Como se ve en la figura 2, la mayoría de los investigadores publicó uno o dos artículos, lo que indica que el estudio del compromiso ocular



en la rinitis alérgica suele formar parte de investigaciones más amplias sobre alergia respiratoria o sobre calidad de vida. Esta dispersión puede explicar, en parte, la diversidad de métodos utilizados en los estudios y la falta de consensos claros en los aspectos diagnósticos y de tratamiento.

En cuanto a las revistas científicas, la figura 3 muestra que la mayoría de los artículos se publicaron en revistas especializadas en alergología e inmunología clínica, aunque también hay presencia en revistas de oftalmología y de medicina general. Esto refleja la naturaleza transversal del problema, pero también evidencia la falta de una revista específica que aborde de forma integrada la rinoconjuntivitis alérgica, lo que podría contribuir a la dispersión de conceptos y a la dificultad para seguir criterios comunes.

Desde el punto de vista geográfico, la mayor parte de la investigación proviene de Europa y Asia, mientras que América Latina tiene una participación menor pero constante, como se observa en la figura 4. Esto puede deberse a diferencias en la infraestructura de investigación, en el acceso al financiamiento y en las prioridades de salud pública. La escasa participación latinoamericana es importante, considerando la alta prevalencia de rinitis alérgica en la región y la escasez de estudios que evalúen el impacto del compromiso ocular en diferentes contextos socioeconómicos.

El inglés es la lengua principal en la que se publican estos trabajos, lo que reafirma su papel en la difusión internacional. Sin embargo, también hay publicaciones en español, aunque en menor cantidad, lo que indica esfuerzos regionales para abordar el tema desde las realidades locales. Esto resalta la importancia de fomentar investigaciones en español que muestren contextos clínicos que a menudo no se reflejan en la literatura internacional.

En cuanto al tipo de estudios, predomina la observación y las revisiones narrativas, con pocos ensayos clínicos. Esto sugiere que la evidencia disponible se basa principalmente en la descripción de la enfermedad y de su impacto en la calidad de vida. Esta situación limita el establecimiento de recomendaciones firmes para el tratamiento y hace que las decisiones clínicas dependan en gran medida de guías y documentos de práctica clínica. Además, la variedad de métodos y herramientas de medición dificulta comparar los estudios entre sí.

El análisis de las palabras clave, en la figura 5, muestra que los términos más frecuentes se relacionan con las manifestaciones clínicas y la calidad de vida, lo que indica que el interés principal de la investigación recae en el impacto funcional de la enfermedad. Sin embargo, conceptos como la fisiopatología avanzada, los fenotipos alérgicos específicos o la rinitis alérgica local aparecen con menor frecuencia, lo que evidencia vacíos en el conocimiento actual.

Por último, la diferencia en cómo impactan y en cuántas veces se citan los artículos sugiere que no existe un conjunto de estudios muy reconocidos en el campo. Los artículos más citados son revisiones clínicas y evaluaciones de calidad de vida, que parecen ser los temas principales para



comprender y tratar la rinoconjuntivitis alérgica. Sin embargo, la falta de estudios longitudinales y de alto nivel dificulta contar con un marco teórico y clínico completo y sólido.

En conjunto, los resultados bibliométricos indican que la investigación sobre la rinitis alérgica asociada a trastornos oculares se caracteriza por una producción moderada, dispersa y predominantemente descriptiva. Este escenario refuerza la necesidad de promover estudios con diseños metodológicos más homogéneos, mayor continuidad investigativa y un enfoque integrador que incorpore de manera sistemática el componente ocular en el manejo clínico de la rinitis alérgica. La integración de estos hallazgos bibliométricos con los resultados clínicos de la presente revisión respalda la relevancia de considerar la rinoconjuntivitis alérgica como una entidad unificada, con implicaciones directas en la calidad de vida y en la toma de decisiones terapéuticas en la práctica clínica.

Rinitis alérgica y compromiso ocular: fisiopatología y clínica

Los hallazgos observados en esta revisión pueden explicarse, desde el punto de vista fisiopatológico, por la estrecha interconexión inmunológica, anatómica y funcional entre la mucosa nasal y la superficie ocular. En este contexto, lordache et al. describen en detalle que la rinitis y la conjuntivitis alérgicas comparten mecanismos inmunológicos comunes, fundamentalmente mediados por IgE, con activación de mastocitos y eosinófilos y liberación de mediadores inflamatorios (11). Esta visión se refuerza por los documentos clínicos de referencia de DynaMed y BMJ Best Practice, que reconocen la rinoconjuntivitis alérgica como una manifestación integrada de la enfermedad atópica sistémica (12,13). Asimismo, Phinyo et al. (2022) refuerzan esta hipótesis al demostrar que los pacientes con rinoconjuntivitis alérgica presentan una mayor carga inflamatoria, niveles más elevados de IgE total y un perfil de polisensibilización más complejo en comparación con los pacientes con rinitis aislada, lo que se traduce clínicamente en síntomas más severos y persistentes (14). Otro mecanismo relevante que explica la relación anatómica entre nariz y ojo es el denominado reflejo naso-ocular, pues se menciona que la estimulación alérgica de la mucosa nasal activa vías neuronales aferentes trigeminales que inducen respuestas reflejas en la conjuntiva, aun en ausencia de contacto directo del alérgeno con el ojo, lo que sustenta el concepto de vía aérea unificada (11).

Por otra parte, desde un punto de vista clínico, Hamrah y Dana destacan que el prurito ocular es el principal síntoma de la conjuntivitis alérgica y resulta fundamental para su diagnóstico, especialmente en pacientes con rinitis alérgica simultánea (15). Este hallazgo es importante al compararlo con la práctica clínica habitual, en la que los síntomas oculares a menudo se subestiman o no se evalúan de manera sistemática. La presencia de estos hallazgos evidencia una alta coexistencia clínica, basada en una fisiopatología compleja y una anatomía claramente definida; además, sugiere que la persistencia de síntomas oculares en pacientes con rinitis alérgica no indica un fracaso del tratamiento, sino que se debe a un enfoque clínico incompleto que no reconoce la relación entre la nariz y el ojo.

Síntomas oculares como indicador de fenotipo alérgico más severo

El estudio de Phinyo et al. aporta evidencia relevante al demostrar que los pacientes pediátricos con rinoconjuntivitis alérgica presentan niveles más elevados de IgE total, una mayor frecuencia de polisensibilización y una mayor coexistencia de asma y dermatitis atópica en comparación con los pacientes con rinitis aislada (14). Estos hallazgos coinciden con la conceptualización de la rinoconjuntivitis alérgica como una expresión de una mayor carga inflamatoria sistémica.

De forma indirecta, esta observación se ve respaldada por los documentos de práctica clínica, que señalan que los pacientes con síntomas persistentes y múltiples comorbilidades atópicas suelen requerir estrategias terapéuticas más intensas como inmunoterapia específica con alérgenos por vía subcutánea, sublingual o intralinfática (13,16). Por esta razón, sugerimos que la presencia de síntomas oculares podría considerarse un marcador clínico de severidad y complejidad inmunológica, útil para identificar, desde etapas más tempranas, a pacientes candidatos a intervenciones modificadoras de la enfermedad, como la inmunoterapia.

Calidad de vida como eje central del impacto clínico

Uno de los hallazgos más consistentes entre los estudios analizados es el impacto negativo de la rinitis alérgica, asociada a síntomas oculares, sobre la calidad de vida. Blaiss et al., en su análisis agrupado de once ensayos clínicos, demostraron mejoras estadísticamente significativas y reproducibles en todos los dominios del RQLQ en pacientes tratados con inmunoterapia sublingual, incluyendo el sueño, las actividades diarias y los síntomas oculares (17).

Estos resultados coinciden con los observados por Homberg et al., quienes estudiaron el impacto del extracto dializable de leucocitos como terapia complementaria en adultos con rinitis alérgica persistente. En su estudio, la calidad de vida se midió con el Cuestionario de Calidad de Vida en Rinitis (RQLQ), lo que evidenció una mejora significativa tras el tratamiento, especialmente en los síntomas nasales y oculares, así como en la limitación de las actividades diarias. Aunque no es posible hacer una comparación directa con otros estudios debido a las diferencias en el diseño y la duración del seguimiento, los autores muestran que la modulación inmunológica se asocia con beneficios percibidos por los pacientes, reflejados en una menor influencia de los síntomas oculares en su vida diaria.

Abordaje terapéutico: inmunoterapia como estrategia modificadora de la enfermedad

En la actualidad, la inmunoterapia específica de alérgenos es el tratamiento con mayor respaldo científico para modificar el curso natural de la enfermedad alérgica. Mösges et al. demostraron mediante un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo que los alergoides de polen de abedul combinados con manano reducen de manera significativamente la intensidad de los síntomas nasales y oculares característicos de la rinoconjuntivitis alérgica, así como la cantidad de medicación de rescate necesaria para su control, con un perfil de



seguridad favorable en el periodo de máxima exposición al alérgeno, lo que indica un mejor control de síntomas acompañado de una menor dependencia de medicación farmacológica (18).

De manera concordante, los metaanálisis sobre inmunoterapia intralinfática realizados por Jiang et al. confirman mejoras significativas en CSMS, VAS y RQLQ, así como una reducción de la necesidad de medicación y de eventos adversos mayoritariamente locales y leves (19). Estos resultados refuerzan la idea de que la inmunoterapia actúa no solo sobre los síntomas nasales, sino también sobre el compromiso ocular asociado.

El protocolo PROACAROS presenta un enfoque metodológico sólido para evaluar la inmunoterapia subcutánea con alergoides de ácaros, que incluye resultados clínicos, inmunológicos y de calidad de vida (20). La evidencia indica que esta inmunoterapia no solo debe considerarse para pacientes que no responden a otros tratamientos, sino también como una opción temprana para quienes padecen rinoconjuntivitis alérgica, con un impacto importante en su calidad de vida.

Tratamiento farmacológico y control integrado de síntomas

En población pediátrica, Prenner et al. demostraron que el uso de GSP301, una combinación de olopatadina y furoato de mometasona, mejora significativamente los síntomas nasales y la calidad de vida, con un impacto positivo en los síntomas oculares (21). Este hallazgo es coherente con lo descrito por Lordache et al., quienes señalan que los corticosteroides intranasales pueden mejorar los síntomas oculares debido a la interconexión funcional entre la nariz y el ojo (10). Las guías de práctica clínica coinciden en que el tratamiento farmacológico de primera línea para la rinitis alérgica moderada a severa, con o sin compromiso ocular, es el uso de corticosteroides intranasales, administrados de forma regular (13,15,16). Fármacos como el furoato de mometasona se recomiendan a dosis de 100–200 µg/día por vía intranasal (una o dos pulverizaciones por fosa nasal, una vez al día), debido a su alta eficacia antiinflamatoria, su perfil de seguridad favorable y su mínima absorción sistémica. En pacientes con síntomas persistentes o mal controlados, las guías sugieren el uso combinado de un corticosteroide intranasal con un antihistamínico intranasal, como olopatadina, administrado habitualmente mediante pulverización en la fosa nasal dos veces al día, estrategia que ha demostrado mejorar simultáneamente los síntomas nasales y oculares. Este abordaje farmacológico integrado respalda la evidencia de que el control eficaz de la inflamación nasal puede traducirse en una mejoría indirecta de los síntomas oculares, incluso en ausencia de tratamiento oftálmico específico, lo que refuerza la utilidad de un enfoque terapéutico integral.

Intervención quirúrgica y eje neuroinmunológico

El estudio de Rajdev y colaboradores demostró que la neurectomía nasal posterior mejora los síntomas nasales y oculares, así como la calidad de vida, en pacientes con rinitis alérgica resistente (22). Estos hallazgos indican que el componente neural desempeña un papel importante en la fisiopatología de los síntomas oculares. La mejoría ocular tras la cirugía sugiere



que el eje neuroinmunológico nasal podría ser un objetivo terapéutico relevante en casos refractarios, lo que abre nuevas posibilidades para investigar la rinoconjuntivitis alérgica severa.

Rinitis alérgica local: un vacío persistente

A pesar del avance en la comprensión de la rinitis alérgica, la rinitis alérgica local sigue siendo poco atendida, especialmente en lo que respecta a los ojos. Los documentos clínicos reconocen su existencia, pero la falta de estudios recientes limita la comprensión de su impacto real. La rinitis alérgica local podría explicar por qué algunos pacientes presentan síntomas oculares persistentes pese a pruebas alérgicas negativas, por lo que se requieren estudios específicos para comprender mejor la fisiopatología ocular y cómo responde a los tratamientos.

CONCLUSIONES

Esta revisión analizó la evidencia científica sobre la relación entre la rinitis alérgica y las manifestaciones oculares, confirmando que el compromiso ocular es una manifestación frecuente y relevante de la enfermedad, con impacto en la calidad de vida de los pacientes. Los estudios coinciden en que la rinitis alérgica y los problemas oculares están relacionados mediante un proceso inflamatorio común que implica mecanismos fisiopatológicos similares y una estrecha conexión entre la mucosa nasal y la superficie ocular.

A partir del análisis de la literatura, se identificaron como manifestaciones oculares más frecuentes la conjuntivitis alérgica y el prurito ocular, que suelen coexistir con síntomas nasales persistentes. La presencia de estos síntomas oculares se asoció en varios estudios con fenotipos alérgicos de mayor complejidad, caracterizados por la polisensibilización y otras comorbilidades atópicas, lo que refuerza su utilidad como indicador clínico de mayor carga inflamatoria.

El compromiso ocular tiene un impacto notable en la calidad de vida. Los estudios muestran que los síntomas oculares contribuyen significativamente al deterioro funcional y al malestar de los pacientes, afectando sus actividades diarias, su rendimiento escolar o laboral y su bienestar general. Por ello, la calidad de vida debe considerarse de manera sistemática en la evaluación y el seguimiento de pacientes con rinitis alérgica.

En cuanto al manejo terapéutico, la evidencia respalda un enfoque integral que incluya la evaluación de los síntomas oculares, la clasificación del fenotipo alérgico y la adopción de estrategias terapéuticas personalizadas. Los corticosteroides intranasales, usados solos o junto con antihistamínicos intranasales, constituyen la base del tratamiento farmacológico y benefician tanto los síntomas nasales como los oculares. Además, integrar formalmente el componente ocular en los algoritmos de diagnóstico y tratamiento de la rinitis alérgica puede mejorar el control de la enfermedad y la calidad de vida y reducir la carga clínica y socioeconómica. Actualmente, la inmunoterapia específica con alérgenos es una opción segura y efectiva para pacientes con síntomas persistentes y una afectación importante de su calidad



de vida, ya que mantiene los beneficios en el control clínico y disminuye el uso de medicamentos.

El análisis bibliométrico mostró cómo se ha producido investigación sobre rinitis alérgica y problemas oculares, destacando que los estudios se concentran en algunas regiones y revistas, y que hay diversidad en los métodos utilizados. Esto señala la necesidad de unificar los criterios diagnósticos, las herramientas de evaluación y los resultados, especialmente en lo relativo a los ojos.

Por último, se detectaron importantes lagunas de conocimiento, especialmente en lo que respecta a la rinitis alérgica local y su relación con los problemas oculares, así como a la falta de estudios longitudinales que analicen el impacto a largo plazo de las diferentes opciones de tratamiento. Esto subraya la necesidad de realizar investigaciones futuras que aborden de manera integral la rinitis alérgica, incluyendo la evaluación de los ojos y la calidad de vida, con el objetivo de mejorar la atención clínica y los resultados para los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Scientific and Education Medical Journal [Internet]. [citado 21 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.medicaljournal.com.co/index.php?journal=mj>
2. Rinitis alérgica: Una antigua enfermedad a reevaluar. | Erudito semántico [Internet]. [citado 21 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Rinitis-al%C3%A9rgica%3A-Una-antigua-enfermedad-a-Ruiz-Vega-Brice%C3%B1o/8799bb17ef4b3466436d75283a215b5806c0f9d7>
3. Valencia MFE, Villa RC. Alergia ocular: un reto diagnóstico. *Iatreia*. 26 de diciembre de 2007;20(4):ág. 362-378.
4. (Centro Andaluz de Información de Medicamentos) C. Terapéutica en AP. Tratamiento de la rinitis alérgica*. *Semergen*. 1 de agosto de 2007;33(7):370-7.
5. Calle A, Santamaría L, Sánchez J, Cardona R. Estado actual del conocimiento en rinitis alérgica local. *Revista alergia México*. marzo de 2020;67(1):54-61.
6. Vilchis Chaparro E, Espinoza Anrubio G, Frías Austria CA. Evaluación de la calidad de vida en pacientes con rinitis alérgica en una unidad de Medicina Familiar de la ciudad de México. *Atención Familiar* [Internet]. 27 de septiembre de 2011 [citado 21 de enero de 2026];18(4). Disponible en: http://www.revistas.unam.mx/index.php/atencion_familiar/article/view/27585
7. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*. septiembre de 2021;74(9):790-9.
8. RStudio. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2025 [citado 21 de enero de 2026]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=RStudio&oldid=165000483>



9. Cuestionario sobre la Calidad de Vida de la Rinoconjuntivitis (RQLQ) [Internet]. [citado 23 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.thoracic.org/members/assemblies/assemblies/srn/questionnaires/rqlq.php>
10. Homberg TA, Lara I, Andaluz C, Cervantes-Trujano E, Hernández-Martínez PM, Pérez-Tapia SM, et al. Quality of life in adult patients using dialyzable leukocyte extract for allergic rhinitis. *Medicine*. 7 de julio de 2023;102(27):e34186.
11. Relationship between allergic rhinitis and allergic conjunctivitis (allergic rhinoconjunctivitis) - review. *rjo* [Internet]. 2 de mayo de 2022 [citado 21 de enero de 2026];66(1). Disponible en: https://rjo.ro/wp-content/uploads/2022/04/2.Andreea-lordache_RJO_2022.pdf
12. Scadding GK, Kariyawasam HH, Scadding G, Mirakian R, Buckley RJ, Dixon T, et al. BSACI guideline for the diagnosis and management of allergic and non-allergic rhinitis (Revised Edition 2017; First edition 2007). *Clin Experimental Allergy*. julio de 2017;47(7):856-89.
13. Wise SK, Lin SY, Toskala E, Orlandi RR, Akdis CA, Alt JA, et al. International Consensus Statement on Allergy and Rhinology: Allergic Rhinitis. *Int Forum Allergy Rhinol*. febrero de 2018;8(2):108-352.
14. House dust mite allergen immunotherapy for monosensitized versus polysensitized patients with allergic rhinitis: A systematic review and meta-analysis. *Asian Pac J Allergy Immunol* [Internet]. diciembre de 2022 [citado 21 de enero de 2026]; Disponible en: https://apjai-journal.org/wp-content/uploads/2023/01/8_AP-190822-1440.pdf
15. Allergic rhinitis: Clinical manifestations, epidemiology, pathogenesis, and diagnosis - UpToDate [Internet]. [citado 21 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/allergic-rhinitis-clinical-manifestations-epidemiology-pathogenesis-and-diagnosis?search=rinitis%20al%C3%A9rgica%20manifestaciones%20cl%C3%ADnicas&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
16. Allergic Rhinitis - DynaMed [Internet]. [citado 21 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.dynamed.com/condition/allergic-rhinitis#GUID-5F4112FD-1A2F-4207-892A-0023F2708CA9>
17. Blaiss MS, Durham SR, Bernstein D, Stranzl T, Lindholm M, Nolte H, et al. Sublingual Tablet Immunotherapy Improves Quality of Life in Adults With Allergic Rhinoconjunctivitis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. junio de 2024;12(6):1520-1529.e5.
18. Mösges R, Zeyen C, Raskopf E, Acikel C, Sahin H, Allekotte S, et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial with mannan-conjugated birch pollen allergoids. *Allergy*. abril de 2024;79(4):990-1000.
19. Jiang S, Xie S, Tang Q, Zhang H, Xie Z, Zhang J, et al. Evaluation of Intralymphatic Immunotherapy in Allergic Rhinitis Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. Brzozowski T, editor. *Mediators of Inflammation*. 8 de mayo de 2023;2023:1-13.
20. Buendía-Jiménez I, Matas-Ros M, Garriga-Baraut T, Roger-Reig A, Tabar-Purroy A, on behalf of the PROACAROS investigator group, et al. Efficacy and safety of a house dust mites allergoid in patients with allergic rhinitis—PROACAROS study: protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 28 de mayo de 2025;26(1):176.



21. Prenner BM, Amar NJ, Hampel FC, Caracta CF, Wu W. Efficacy and safety of GSP301 nasal spray in children aged 6 to 11 years with seasonal allergic rhinitis. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. noviembre de 2022;129(5):618-626.e2.
22. Rajdev S, Goel K, Bhagat S, Sahni D, Sharma DK, Yadav V. Is posterior nasal neurectomy the definitive treatment for intractable allergic rhinitis: A prospective study. *World journal of otorhinolaryngology-head neck surgery*. diciembre de 2024;10(4):290-5.



VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

VitalyScience Revista Científica
Multidisciplinaria
Código Postal 060102

📞 Contacto +593 983 204 362

✉️ publicaciones@vitalyscience.com

Tipo de publicación: periódica

Edición Bianual

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios

Editorial: VitalyScience

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 4 N°9

10 de marzo de 2026