

ISSN 2697-3391

ANATOMÍA DIGITAL

Revista Científica Indexada
Revisada por pares ciegos

VOL 9 NUM 1
Relevancia Científica

ENERO – MARZO
2026

www.anatomiadigital.org
www.cienciadigitalaeditorial.com

latindex
catálogo 2.0

ERIH PLUS
EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

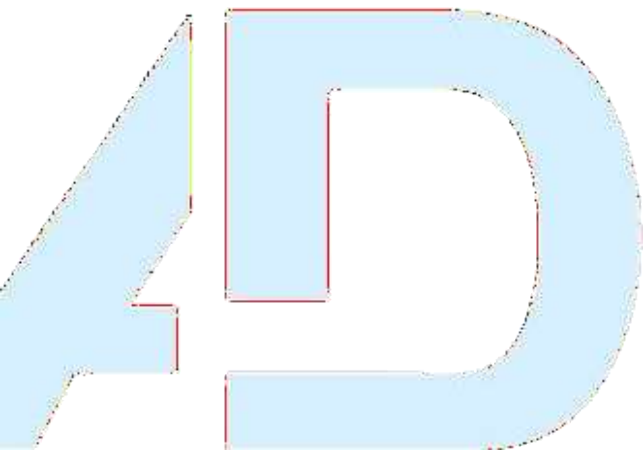


Anatomía Digital, es editada por la editorial de prestigio Ciencia Digital, Ecuador tiene una periodicidad trimestral, acepta el envío de trabajos originales, en castellano, portugués e inglés para la aceptación y publicación de artículos científicos relacionados con las Ciencias de la Salud.

ISSN: 2697-3391 versión electrónica

Los aportes para la publicación están orientados a la transferencia de los resultados de investigación, innovación y desarrollo, con especial interés en:

- Artículos originales: incluye trabajos inéditos que puedan ser de interés para los lectores de la revista.
- Casos Clínicos: informe excepcional, raro, infrecuente que irá acompañado de una revisión del estado del arte 3.
- Comunicaciones Especiales: manuscritos de formato libre (documentos de consenso, formación continuada, informes técnicos o revisiones en profundidad de un tema) que se publicarán habitualmente por invitación.
- Análisis y opiniones de expertos de reconocido prestigio nacional e internacional sobre educación médica.
- Abarcará todos los niveles de la educación médica y de los profesionales de las ciencias de la salud, desde el pregrado y posgrado hasta la formación continua, con el fin de analizar las experiencias y estimular nuevas corrientes de pensamiento en el campo de la educación médica. Servirá como un foro de innovación en la disciplina de educación médica, con el mayor rigor académico posible.





Contacto: Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. ¹

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

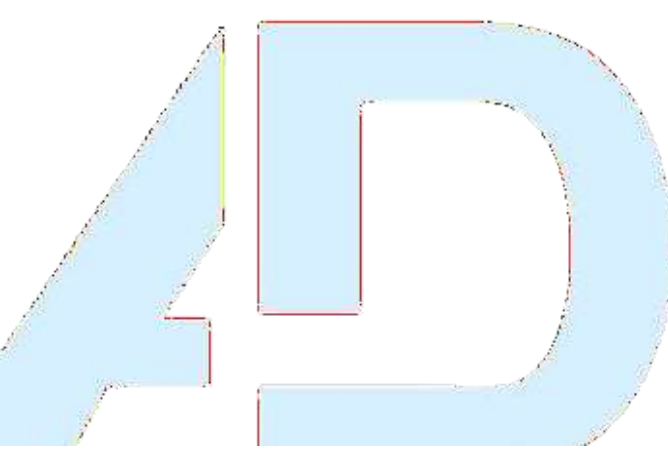
Albert Szent-Györgyi

¹ Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Ciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 120 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 16 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, tres patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV-18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo 2.0, Ciencia Digital, Visionario Digital, Explorador Digital, Conciencia Digital, Anatomía Digital, Alfa Publicaciones y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara Ecuatoriana del libro director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063

PRÓLOGO

El desciframiento del genoma humano es el símbolo de esta nueva etapa, que mezcla las utopías de la ciencia con la realidad médica.

La práctica de una Medicina científica técnicamente rigurosa y, al mismo tiempo, humana, me trae la imagen de innumerables doctores a través de los años. La integridad moral del insigne médico, científico y humanista es el mejor ejemplo a seguir. “no hay enfermedades sino enfermos”, si bien esta sentencia de genial clarividencia parece haber sido emitida con anterioridad por el eminente fisiólogo Claude Bernard. Su interés por todo lo que rodea al ser humano con espíritu renacentista, su capacidad de llevar a la práctica sus conocimientos y su buena disposición comunicativa lo han convertido en paradigma del galeno completo. Marañón es una de las mentes más brillantes del siglo XX, un espíritu humanístico singular, una referencia indiscutible e inalcanzable. No es fácil en estos tiempos desmemoriados y frívolos continuar por la luminosa senda que dejó abierta. Sirva de faro orientador esta figura clave de la historia de la Medicina y del Humanismo Médico, especialmente a quienes ignoran o desdeñan el pasado y se pierden en las complejidades del presente. Anatomía Digital, es editada por la editorial de prestigio Ciencia Digital, Ecuador tiene una periodicidad trimestral, acepta el envío de trabajos originales, en castellano, portugués e inglés para la aceptación y publicación de artículos científicos relacionados con las Ciencias de la Salud, orientada a la transferencia de los resultados de investigación, innovación y desarrollo, Abarcará todos los niveles de la educación médica y de los profesionales de las ciencias de la salud, desde el pregrado y posgrado hasta la formación continua, con el fin de analizar las experiencias y estimular nuevas corrientes de pensamiento en el campo de la educación médica. Servirá como un foro de innovación en la disciplina de educación médica, con el mayor rigor académico posible.



Índice

1. Polimorfismos de un solo nucleótido asociados a la susceptibilidad para desarrollar Diabetes Mellitus tipo 2

(Erika Estefanía Ponluiza Morales, Luis Fabián Salazar Garcés)

06-26

2. Expresión diferencial de MicroARNs como biomarcadores diagnósticos en enfermedad inflamatoria intestinal

(Gilmer Aldair Flores Ruiz, Luis Fabián Salazar Garcés)

27-59

3. Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras

(Francis Mateo Camino Grijalva, Jorge Ricardo Guerrero López)

60-81

4. Reimplante intencional con I-PRF para cicatrización periapical

(Joel Alejandro Cherres Quiroz, Felipe Guido Rodríguez Reyes)

82-95

5. Terapia regenerativa pulpar en diente permanente con ápice cerrado usando I-PRF y A-PRF como andamio biológico

(Nataly del Cisne Alberca Gaona, Paola Belén Sarmiento Tigre, Angie Nathalia Oviedo Delgado, Felipe Guido Rodríguez Reyes)

96-115



6. Beneficios del protocolo Williams en el tratamiento del dolor lumbar en el adulto mayor

(Edison Gustavo Herrera Hernández, María Gabriela Romero Rodríguez)

116-134

Polimorfismos de un solo nucleótido asociados a la susceptibilidad para desarrollar Diabetes Mellitus tipo 2

Single nucleotide polymorphisms associated with susceptibility to developing type 2 diabetes mellitus

- ¹ Erika Estefanía Ponluiza Morales  <https://orcid.org/0009-0009-7133-8723>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
Carrera de Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud
eponluiza9847@uta.edu.ec
- ² Luis Fabián Salazar-Garcés  <https://orcid.org/0000-0002-5128-7211>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
Facultad de Ciencias de la Salud
lf.salazar@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/09/2025

Revisado: 13/10/2025

Aceptado: 27/11/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3574>

Cítese: Ponluiza Morales, E. E., & Salazar Garcés, L. F. (2026). Polimorfismos de un solo nucleótido asociados a la susceptibilidad para desarrollar Diabetes Mellitus tipo 2. *Anatomía Digital*, 9(1), 6-26. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3574>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

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



Palabras claves:

Polimorfismo de nucleótido simple, Diabetes Mellitus tipo 2, secreción de insulina, predisposición genética a la enfermedad, resistencia a la insulina.

Resumen

Introducción. La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica, multifactorial y altamente prevalente, caracterizada por resistencia a la insulina y deterioro progresivo de la función de las células β pancreáticas. En América Latina y particularmente en Ecuador la DM2 representa un desafío creciente para la salud pública. Entre los determinantes genéticos más relevantes se encuentran los polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs), los cuales influyen en rutas metabólicas clave como la secreción de insulina, el metabolismo lipídico y la sensibilidad insulínica.

Objetivo. Analizar los principales SNPs asociados a la susceptibilidad genética para desarrollar DM2, considerando variantes de riesgo y protección reportadas entre 2019 y 2024.

Metodología. Se realizó una revisión bibliográfica sistemática siguiendo lineamientos PRISMA. La búsqueda se efectuó en PubMed, Scielo, Web of Science y la Biblioteca Virtual en Salud (BVS), utilizando términos MeSH/DeCS combinados con operadores booleanos. Se incluyeron estudios originales cuantitativos y metaanálisis publicados entre 2019 y 2024 que evaluaran asociaciones entre SNPs y DM2, reportando medidas estadísticas (OR, IC, p-value). Se excluyeron revisiones sin datos primarios, estudios en animales, artículos duplicados o fuera del periodo establecido. Se incluyeron finalmente 17 estudios.

Resultados. Los SNPs asociados a disfunción secretora incluyeron KCNJ11 rs5210, CYP2D6 rs1065852, ABCC8 rs1799854 y TCF7L2 rs7903146, todos con asociaciones significativas (OR entre 1.34 y 2.07) y consistencia fisiopatológica con alteraciones en los canales K-ATP o la vía incretina–insulina. En relación con resistencia a la insulina, se destacaron ADIPOQ rs17846866/rs1501299, FTO rs9939609/rs17817449, IGF2BP2 rs6769511 y HHEX rs1111875, vinculados con adipogénesis, inflamación metabólica y regulación hepática (OR entre 1.37 y 3.02). Por otro lado, PPARG rs3856806 mostró un efecto protector significativo (OR=0.82), sugiriendo modulación favorable del metabolismo lipídico y de la sensibilidad a la insulina.

Conclusión. Los SNPs analizados representan biomarcadores relevantes para comprender la susceptibilidad genética a la DM2; sin embargo, su aplicación clínica sigue siendo limitada

debido a la interacción compleja entre genética, ambiente y estilo de vida. Se recomienda fortalecer investigaciones en poblaciones latinoamericanas mediante estudios longitudinales que permitan desarrollar modelos poligénicos adaptados al contexto local y avanzar hacia estrategias de medicina personalizada. **Área de estudio general:** Laboratorio Clínico. **Área de estudio específica:** Biología Molecular. **Tipo de estudio:** Revisión bibliográfica sistemática.

Keywords:

Single nucleotide polymorphism, type 2 Diabetes Mellitus, insulin secretion, genetic predisposition to disease, insulin resistance.

Abstract

Introduction. Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic and multifactorial metabolic disease characterized by sustained hyperglycemia, insulin resistance, and progressive β -cell dysfunction. In Latin America and particularly in Ecuador T2DM represents a growing public health concern. Among genetic determinants, single nucleotide polymorphisms (SNPs) have emerged as key markers influencing insulin secretion, lipid metabolism, and insulin sensitivity. **Objective.** To analyze the main SNPs associated with genetic susceptibility to developing T2DM, considering both risk and protective variants reported between 2019 and 2024. **Methodology.** A systematic bibliographic review was conducted following PRISMA guidelines. Searching was performed in PubMed, Scielo, Web of Science and the Virtual Health Library (VHL), using MeSH/DeCS terms combined with Boolean operators. Included studies were quantitative originals and meta-analyses published between 2019 and 2024 that evaluated associations between SNPs and T2DM and reported statistical measures (OR, CI, p-value). Narrative reviews without primary data, studies in animals, duplicates, and articles outside the time frame were excluded. A total of 17 studies met the inclusion criteria. **Results.** SNPs associated with impaired insulin secretion included KCNJ11 rs5210, CYP2D6 rs1065852, ABCC8 rs1799854, and TCF7L2 rs7903146, all reporting significant associations (OR 1.34–2.07), consistent with alterations in K-ATP channel function or incretin-mediated pathways. Variants linked to insulin resistance included ADIPOQ rs17846866/rs1501299, FTO rs9939609/rs17817449, IGF2BP2 rs6769511, and HHEX

rs1111875, associated with adipogenesis, metabolic inflammation, and hepatic regulation (OR 1.37–3.02). Conversely, PPARG rs3856806 demonstrated a protective effect (OR=0.82), suggesting beneficial modulation of insulin sensitivity and lipid metabolism. **Conclusion.** The analyzed SNPs are relevant biomarkers for understanding genetic susceptibility to T2DM; however, their clinical applicability remains limited due to complex gene–environment interactions. Strengthening longitudinal research in Latin American populations is recommended to develop population-specific polygenic risk models and advance precision medicine approaches. **General Area of Study:** Clinical Laboratory. **Specific area of study:** Molecular biology. **Type of study:** Systematic bibliographic review.

1. Introducción

La Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) es considerada una enfermedad crónica, metabólica y multifactorial caracterizada por hiperglucemia sostenida, asociada principalmente a resistencia a la insulina y a alteraciones en la función de las células β pancreáticas (1). Su prevalencia global continúa en aumento, representando una de las principales causas de morbimortalidad debido a sus complicaciones macro y microvasculares (2). En países latinoamericanos, incluida la región andina, la DM2 constituye un problema sanitario prioritario, impulsado por factores como el envejecimiento poblacional, la urbanización y el aumento del sedentarismo (3) (4).

La etiología de la DM2 involucra una interacción compleja entre factores ambientales y genéticos. Entre los componentes hereditarios, los Polimorfismos de un Solo Nucleótido (SNPs) adquirieron gran relevancia como marcadores de susceptibilidad, ya que pueden influir en la expresión de genes implicados en metabolismo glucídico, homeostasis energética y función pancreática (5). La identificación de SNPs vinculados a mayor riesgo de DM2 permitió profundizar en los mecanismos fisiopatológicos y mejorar la comprensión de la heterogeneidad clínica de la enfermedad.

Diversos estudios evaluaron variantes genéticas localizadas en genes clave como TCF7L2, FTO, KCNJ11, SLC30A8, PPARG y PAX4, encontrando asociaciones significativas entre ciertos alelos y la probabilidad de desarrollar DM2 (6). Entre ellos, el SNP rs7903146 del gen TCF7L2 es uno de los mejor estudiados y demostró estar

fuertemente asociado con alteraciones en la secreción de insulina y metabolismo de la glucosa (7). De manera similar el gen FTO, involucrado en regulación del apetito y composición corporal, presenta variantes como rs9939609, las cuales se relacionaron tanto con obesidad como con mayor riesgo de DM2 (8).

Asimismo, variantes como rs5219 del gen KCNJ11, que codifica una subunidad del canal de potasio ATP dependiente en células β pancreáticas, se vincularon con defectos en la secreción de insulina (9). Otros SNPs, como los ubicados en SLC30A8 y PPARG, también mostraron asociaciones significativas con el riesgo de DM2, aunque con variabilidad según el origen étnico y las características metabólicas de los participantes (10) (11) (12).

La susceptibilidad genética a la DM2 puede variar ampliamente entre poblaciones. Estudios realizados en América Latina demostraron que la frecuencia de ciertos SNPs difiere notablemente respecto a poblaciones asiáticas o europeas, lo cual subraya la importancia de estudiar variantes genéticas en contextos locales y multiétnicos (13). Estas diferencias poblacionales podrían explicar la heterogeneidad en la penetrancia y expresividad clínica observada en la DM2 (14).

En este sentido la presente revisión narrativa con búsqueda estructurada tiene como objetivo analizar los principales SNPs asociados a la susceptibilidad para desarrollar DM2 reportados en la literatura reciente, recopilando evidencia publicada entre 2019 y 2024. Se incluyen variantes con efecto de riesgo o protección, así como las diferencias encontradas entre diversas poblaciones, con el fin de aportar una visión integradora del papel de la genética en la DM2 y su relevancia en el diseño de estrategias de medicina personalizada.

2. Metodología

Este estudio se desarrolló como una revisión narrativa con búsqueda estructurada, cuyo objetivo fue identificar y analizar los Polimorfismos de en Solo Nucleótido (SNPs) asociados a la susceptibilidad de desarrollar Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2). La revisión se llevó a cabo siguiendo los principios del enfoque PRISMA, empleando un diagrama de flujo PRISMA adaptado, el cual se incluye como **Figura 1** y resume el proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión final de los estudios seleccionados.

2.1. Fuentes de información y bases de datos

La búsqueda bibliográfica se realizó en las siguientes bases de datos electrónicas PubMed, Scielo, Web of Science y la Biblioteca Virtual en Salud (BVS)

2.2. Estrategias y términos de búsqueda

Se emplearon términos DeCS/MeSH combinados con operadores booleanos, entre ellos “Type 2 diabetes mellitus”, “Single nucleotide polymorphism”, “SNP”, “Genetic susceptibility”, “Gene variants”, “TCF7L2”, “FTO”, “KCNJ11”, “SLC30A8”, “PPARG”

Los términos se combinaron mediante las ecuaciones de búsqueda “*type 2 diabetes mellitus*” AND “*SNP*”, “*diabetes*” AND “*gene polymorphism*”, “*TCF7L2 SNP*” AND “*risk*”, “*FTO polymorphism*” AND “*type 2 diabetes*”

2.2.1. Periodo de búsqueda

Se incluyeron artículos publicados entre enero de 2019 y diciembre de 2024, según el criterio de actualización empleado en la literatura revisada.

2.2.2. Criterios de inclusión

Se seleccionaron artículos que cumplieron los siguientes criterios:

1. Estudios originales cuantitativos o metaanálisis.
2. Artículos publicados en inglés o español.
3. Investigaciones que evaluaran SNPs asociados al riesgo de DM2.
4. Estudios que reportaran medidas de asociación (OR, IC, p-value) o relaciones significativas entre genotipos y DM2.
5. Artículos con disponibilidad de texto completo.

2.2.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Revisiones narrativas sin datos primarios.
- Estudios en animales o modelos celulares.
- Investigaciones sin análisis genético o sin datos sobre SNPs.
- Artículos duplicados o sin disponibilidad de texto completo.
- Estudios anteriores al periodo establecido.

2.3. Proceso de selección de estudios

El proceso de selección se desarrolló en cuatro fases: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión.

1. **Identificación:** se recuperaron todas las referencias encontradas en las bases de datos.
2. **Cribado:** se eliminaron duplicados y se revisaron títulos y resúmenes.

3. **Elegibilidad:** se evaluó el texto completo de los artículos seleccionados.
4. **Inclusión:** se incorporaron los estudios que cumplieran todos los criterios metodológicos.

El flujo completo del proceso se muestra en la **Figura 1**. Diagrama PRISMA adaptado para el proceso de selección de artículos.

2.4. Extracción y síntesis de la información

De cada estudio incluido se extrajeron las siguientes variables:

- Nombre del gen analizado
- SNP evaluado
- Asociación estadística con DM2
- Población de estudio
- Modelos genéticos utilizados
- Resultados principales (OR, IC, significancia)
- Conclusiones de los autores

La información fue organizada de forma tabular y posteriormente analizada e interpretada para elaborar una síntesis narrativa de los SNPs más relevantes asociados al riesgo de DM2.

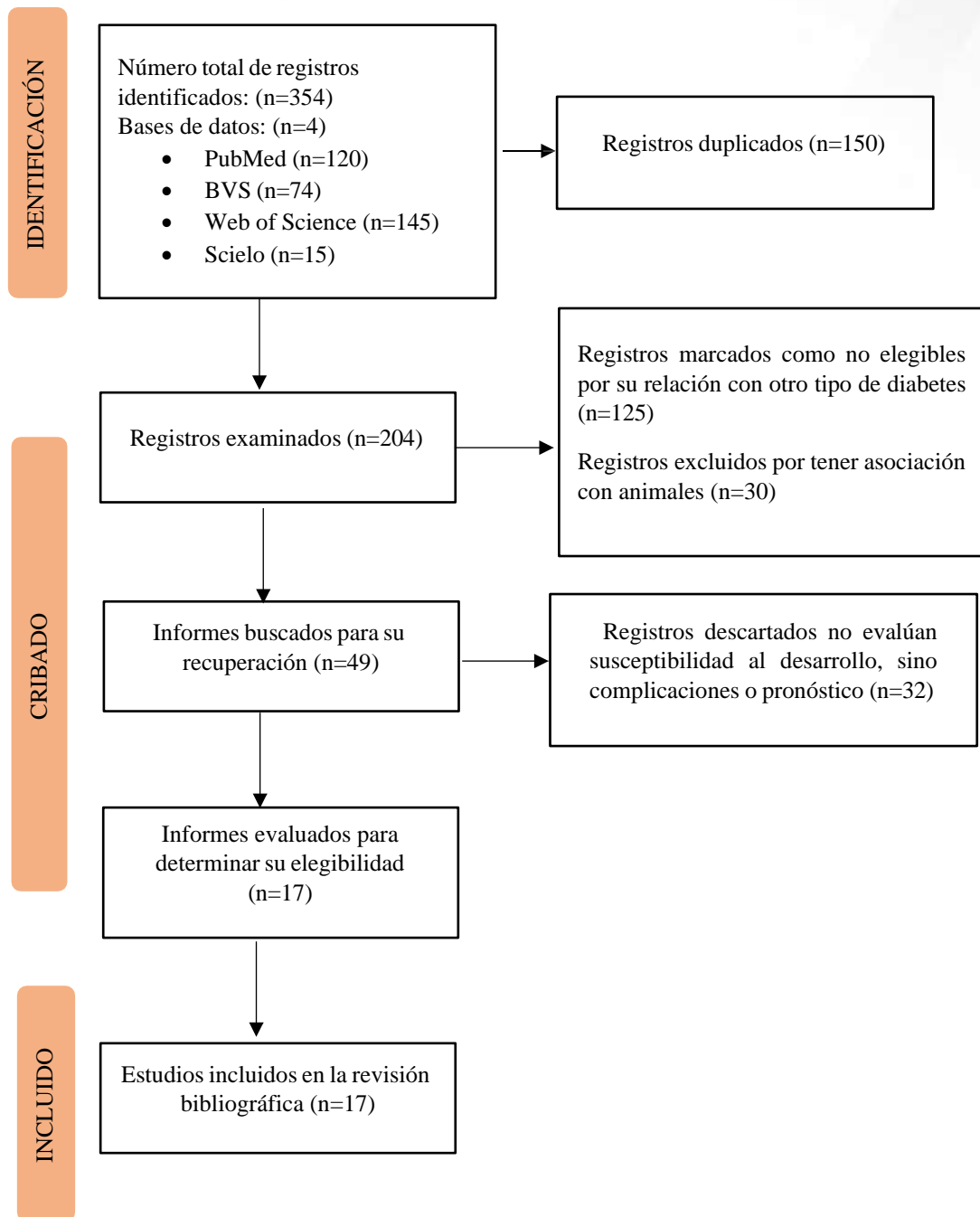


Figura 1. Diagrama PRISMA describe el proceso de selección de artículos para la identificación de polimorfismos de un solo nucleótido asociados a la susceptibilidad para desarrollar DM2.

3. Resultados

En total se incluyeron 17 estudios publicados entre 2019 y 2024 que evaluaron la asociación entre Polimorfismos de un Solo Nucleótido (SNPs) y la susceptibilidad a desarrollar Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2). La mayoría de los estudios se realizaron en

poblaciones latinoamericanas y asiáticas, con tamaños muestrales variables (entre 120 y 3.284 participantes).

Los SNPs identificados corresponden a genes ampliamente relacionados con el metabolismo glucídico, función pancreática, regulación del apetito, transporte de zinc o señalización de insulina. Entre los genes más estudiados se encuentran: TCF7L2, FTO, KCNJ11, SLC30A8, PPARG, PAX4, y otros con menor frecuencia.

Los resultados se presentan a continuación en forma tabular, agrupando los estudios según el gen evaluado y destacando los SNPs con asociaciones significativas.

3.1. Interpretación de SNPs

La interpretación de los Polimorfismos de un Solo Nucleótido (SNPs) incluidos en esta revisión permite comprender las rutas fisiopatológicas que vinculan la genética con el riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 (DM2). A partir de la **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3**, se identifican patrones que afectan tres dimensiones centrales de la enfermedad: la función secretora de las células β pancreáticas, la resistencia a la insulina y el metabolismo energético, así como mecanismos de protección metabólica. Estas variantes no actúan de forma aislada; por el contrario, conforman una red de susceptibilidad genética que modula la expresión de la enfermedad en diversos contextos poblacionales.

3.1.1. Alteraciones genéticas vinculadas a la secreción de insulina

Los SNPs incluidos en la **Tabla 1** evidencian un impacto directo sobre los mecanismos celulares que regulan la secreción de insulina. Entre ellos, KCNJ11 (rs5210) constituye una de las variantes más relevantes. Este gen codifica la subunidad Kir6.2 del canal de potasio ATP dependiente, esencial para la despolarización de las células β en respuesta a la glucosa. La variante rs5210 reduce la sensibilidad del canal al ATP, disminuyendo la probabilidad de cierre y, por ende, la entrada de calcio que desencadena la exocitosis de insulina. Como consecuencia, los individuos portadores del alelo de riesgo presentan una capacidad secretora disminuida desde etapas tempranas de la enfermedad, lo cual coincide con los hallazgos de Alqadri (14) quien reportaron una asociación significativa entre los genotipos AG/GG y el desarrollo de DM2 en población saudí (OR=1.64) (14).

Otra variante relevante dentro de esta dimensión es CYP2D6 (rs1065852). Aunque su función principal se relaciona con el metabolismo de fármacos, su impacto metabólico es más amplio. La reducción en la actividad de CYP2D6 influye sobre rutas hepáticas que participan en la regulación del metabolismo glucídico. Wei & Zhao (15) demostraron que este SNP incrementa la probabilidad de DM2 (OR=1.39), lo que sugiere que procesos hepáticos indirectos también participan en la génesis de la disfunción secretora pancreática (15).

Asimismo, el SNP ABCC8 (rs1799854) aporta una perspectiva complementaria. ABCC8 codifica la subunidad SUR1 del canal K-ATP y actúa en estrecha coordinación con Kir6.2. De Souza et al. (16) describieron que la presencia del alelo T incrementa significativamente el riesgo de DM2 (OR=1.34), evidenciando una alteración en la regulación del cierre del canal que agrava la disfunción secretora (16).

Finalmente, el SNP TCF7L2 (rs7903146) es considerado uno de los principales determinantes genéticos de DM2. TCF7L2 interviene en la vía Wnt/ β -catenina y regula la respuesta a incretinas como GLP-1. La variante rs7903146 compromete la eficiencia de esta vía, reduciendo la secreción de insulina dependiente de incretinas y favoreciendo estados de glucotoxicidad. Phu et al. (17) confirmaron este efecto, señalando que el alelo T incrementa significativamente el riesgo de DM2 (OR=2.07) (17). Su peso fisiopatológico y consistencia en múltiples poblaciones convierten a este SNP en un biomarcador crítico para el entendimiento de la falla secretora en DM2.

Tabla 1. Polimorfismos asociados a la secreción de insulina en pacientes con DM2

AUTOR	TEMA	SNPs	OBJETIVO	USOS	RESULTADO	PERSPECTIVA
Alqadri (2022) (14)	Independent case-control study in KCNJ11 gene polymorphism with Type 2 diabetes Mellitus	KCNJ11 (rs5210)	Examinar el genotipado del polimorfismo rs5210 en el gen KCNJ11 en la población saudí de mayor edad con DMT2.	Liberación de insulina de las células β pancreáticas que se activan con glucosa.	OR: 1.64 IC 95 %: 1.08-2.49 p: 0.01 Factor de riesgo Asociación positiva	Biomarcador para prevención.
Wei & Zhao (2025) (15)	CYP2D6 polymorphism rs1065852 significantly increases the risk of type 2 diabetes	CYP2D6 (rs1065852)	Investigar la asociación entre las variantes de los genes CYP2C8 y CYP2D6 y el riesgo de diabetes tipo 2.	Actividad enzimática del CYP2D6, una enzima involucrada en el metabolismo de varios fármacos.	OR: 1.39 IC 95 %: 1.05-1.85 p = 0.023 Factor de riesgo Asociación positiva.	Biomarcador genético para estratificación de riesgo de DM2.
De Souza et al. (2024) (16)	Investigation of genetic markers associated to type 2 diabetes mellitus in Santarém-Pará	ABCC8 (rs1799854)	Investigar la asociación de variantes de riesgo en SNPs (rs4994 en el gen ADRB3; rs1799854 en ABCC8; rs7901695 y rs12255372 en TCF7L2; rs8050136 en FTO) con diabetes tipo 2 en la población de Santarém, Pará, Brasil.	Codifica la proteína receptora de sulfonilurea 1, participa, junto con los canales de K ⁺ expresados por las células β pancreáticas, en la regulación y secreción de insulina.	OR: 1.34 IC 95%: 1.02-1.76 p = 0.036 Factor de riesgo Asociación positiva	Marcador genético para identificar riesgo de DM2, especialmente en poblaciones admixed

Tabla 1. Polimorfismos asociados a la secreción de insulina en pacientes con DM2 (continuación)

AUTOR	TEMA	SNPs	OBJETIVO	USOS	RESULTADO	PERSPECTIVA
Phu et al. (2024) (17)	Single Nucleotide Polymorphism at rs7903146 of Transcription Factor 7-like 2 gene among Subjects with Type 2 Diabetes Mellitus in Myanmar	TCF7L2 (rs7903146)	Investigar la asociación entre el polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) rs7903146 en el gen del factor de transcripción 7-like 2 y DM2	Permite diferenciar a las personas con mayor riesgo de padecer DM2 según su genotipo.	OR: 2.07 IC 95%:1.39-3.09 p = 0.0004	Permite identificar a individuos con mayor susceptibilidad genética a la DM2, permitiendo un diagnóstico temprano o detectando riesgo en etapas prediabéticas.

Nota: Elaboración en base en los estudios identificados en la búsqueda estructurada (2019-2024).

3.1.2. Polimorfismos asociados a la resistencia a la insulina y metabolismo energético

La **Tabla 2** agrupa variantes que intervienen en rutas metabólicas relacionadas con la sensibilidad a la insulina, la modulación del apetito, la inflamación y la distribución del tejido adiposo.

Los SNPs del gen ADIPOQ (rs17846866 y rs1501299) influyen directamente en los niveles funcionales de adiponectina, una hormona clave en la regulación de la sensibilidad insulínica. Su disminución genera un entorno lipotóxico e inflamatorio que favorece la resistencia periférica. Al-Nbaheen (18) observaron que ambas variantes incrementan significativamente el riesgo de DM2, con OR de 2.35 y 3.02 respectivamente, resaltando su importancia en poblaciones con obesidad abdominal (18).

Por su parte los SNPs del gen FTO (rs9939609 y rs17817449) representan un vínculo genético entre obesidad y diabetes. FTO regula procesos epigenéticos que afectan el apetito, el almacenamiento de grasa y la homeostasis energética. Zhang et al. (19) demostraron que ambas variantes incrementan el riesgo de DM2 (rs9939609 OR=1.53; rs17817449 OR=1.37), reforzando la idea de que estas alteraciones favorecen la adiposidad visceral y un estado inflamatorio crónico de bajo grado (19). Este mecanismo es particularmente relevante en poblaciones con alta prevalencia de obesidad, donde las variantes de FTO actúan como moduladores claves del perfil metabólico.

Asimismo, la variante IGF2BP2 (rs6769511) afecta la estabilidad del ARNm del factor de crecimiento insulínico tipo 2, comprometiendo la capacidad proliferativa de las células β y su respuesta secretora. Como demostraron Yiping et al. (20) el genotipo CC se asocia

con un aumento significativo del riesgo de DM2 (OR=1.76), especialmente en individuos sin obesidad marcada, lo que sugiere un mecanismo independiente del exceso de peso.

Finalmente el SNP HHEX (rs1111875) incorpora un doble efecto fisiopatológico: alteración en el desarrollo de células β y en la respuesta hepática a la insulina. Aka et al. (21) identificaron que este SNP incrementa sustancialmente el riesgo de DM2 (OR=2.08), evidenciando la importancia de las redes de regulación transcripcional en la progresión de la enfermedad.

Tabla 2. Polimorfismos asociados a la resistencia a la insulina y al metabolismo lipídico en pacientes con DM2

AUTOR	TEMA	SNPs	OBJETIVO	USOS	RESULTADO	PERSPECTIVA
Al-Nbaheen (2022) (18)	Effect of Genetic Variations in the ADIPOQ Gene on Susceptibility to Type 2 Diabetes Mellitus	ADIPOQ (rs17846866) (rs1501299)	Investigar las variantes genéticas (rs17846866 y rs1501299) del gen ADIPOQ en la DM2 de la población saudí.	Marcador genético en poblaciones con obesidad y la disfunción metabólica	rs17846866 OR: 2.35 IC95%: 1.29 – 4.27 p = 0.004 Factor de riesgo Asociación positiva	Biomarcador para prevención.
					rs1501299 OR: 3.02 IC: 1.58 – 5.75 p = 0.0006 Factor de riesgo Asociación positiva	
Zhang et al. (2023) (19)	Minor alleles of FTO rs9939609 and rs17817449 polymorphisms confer a higher risk of type 2 diabetes mellitus and dyslipidemia, but not coronary artery disease in a Chinese Han population	FTO (rs9939609) (rs17817449)	Investigar la asociación de los polimorfismos de nucleótido simple (SNPs), específicamente rs9939609 y rs17817449 en el gen FTO, con la susceptibilidad a la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y otros trastornos metabólicos en una población específica.	Influyen en la regulación del apetito, balance energético y almacenamiento de grasa, lo que vincula obesidad y DM2.	rs9939609 OR: 1.53 IC 95%: 1.14- 2.05 p= < 0.01 Factor de riesgo Asociación positiva rs17817449: OR: 1.37 IC 95%: 1.02 - 1.83 p= 0.04 Factor de riesgo Asociación positiva.	Predictor de la enfermedad

Tabla 2. Polimorfismos asociados a la resistencia a la insulina y al metabolismo lipídico en pacientes con DM2 (continuación)

AUTOR	TEMA	SNPs	OBJETIVO	USOS	RESULTADO	PERSPECTIVA
Yiping et al. (2021) (20)	Evidence of association between single-nucleotide polymorphisms in lipid metabolism-related genes and type 2 diabetes mellitus in a chinese population	IGF2BP2 (rs6769511)	Investigar la asociación entre los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) en genes relacionados con el metabolismo lipídico y la diabetes tipo 2.	Regulación de la expresión del factor de crecimiento similar a la insulina 2 implicado en la secreción y acción de la insulina.	OR: 1.76 IC 95%: 1.29-2.42 p= < 0.001 Factor de riesgo Asociación positiva	Se puede integrar en paneles poligénicos de riesgo junto con otros SNPs relacionados con la secreción y resistencia a la insulina.
Aka et al. (2021) (21)	Risk of type 2 diabetes mellitus and cardiovascular complications in KCNJ11, HHEX and SLC30A8 genetic polymorphisms carriers: A case-control study	HHEX (rs1111875)	Evaluar la asociación de los polimorfismos KCNJ11 rs5219, SLC30A8 rs13266634 y HHEX rs1111875 con la DM2.	Alteración en la secreción de insulina, la sensibilidad a la insulina en el modelo recesivo	OR: 2.08 IC 95%: 1.62–2.68 p= < 0.0001 Factor de riesgo Asociación positiva	Biomarcador precoz.

Nota: Basado en resultados de estudios de asociación FTO–DM2 reportados entre 2019 y 2024

3.1.3. Variantes con efecto protector o modulador metabólico

La **Tabla 3** incorpora el SNP PPARG (rs3856806), cuya asociación con DM2 difiere de los patrones anteriores al presentar un efecto protector. PPARG regula la diferenciación adipocitaria, la oxidación de ácidos grasos y la sensibilidad a la insulina. El meta análisis de Tiongco et al. (22) que incluyó más de 11.800 individuos, demostró que el alelo de rs3856806 reduce significativamente el riesgo de DM2 (OR=0.82). Esta variante podría favorecer un fenotipo adipocitario metabólicamente más eficiente, mitigando efectos adversos de SNPs de riesgo en genes como FTO o ADIPOQ.

La presencia de esta variante protectora refuerza la visión de la DM2 como un fenómeno poligénico dinámico, donde el riesgo final es el resultado de la interacción entre variantes de riesgo y variantes moduladoras.

Tabla 3. Polimorfismos asociados con un efecto modulador o protector en pacientes con DM2.

AUTOR	TEMA	SNPs	OBJETIVO	USOS	RESULTADO	PRESPECTIVA
Tiongco et al. (2023) (22)	Association of the rs3856806 Polymorphism in the PPARG Gene with Type 2 Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis of 11,811 Individuals	PPARG (rs3856806)	Investigar el papel de la variante de un solo nucleótido rs3856806 en el receptor activado por el proliferador de peroxisomas y DM2.	Identificar personas con mayor predisposición genética a resistencia a la insulina y alteraciones en el metabolismo de la glucosa.	OR:0.82 IC 95%: 0.76-0.89 p= <0.00001 Factor de protección Asociación negativa	Identificación temprana de individuos en riesgo de desarrollar DM2.

Nota: Elaboración a partir de los artículos incluidos.

4. Discusión

Los hallazgos de esta revisión confirman que la Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) es una enfermedad poligénica multifactorial cuyo desarrollo depende de la interacción entre variantes genéticas de susceptibilidad y factores ambientales. Las asociaciones identificadas en la **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3** muestran una coherencia importante entre distintos estudios, tanto en las rutas fisiopatológicas comprometidas como en la magnitud del riesgo reportado, lo que coincide con lo planteado por Alqadri (14), Wei & Zhao (15) y De Souza et al. (16) quienes destacan que la convergencia de variantes de riesgo en diferentes genes incrementa significativamente la vulnerabilidad metabólica.

Dentro del eje secretor, la fuerte asociación entre KCNJ11 rs5210 y DM2 observada por Alqadri (14) refuerza el papel central de los canales K-ATP en la detección del estímulo glucémico. Este hallazgo se complementa con la evidencia aportada por De Souza et al. (16) quienes reportaron que ABCC8 rs1799854, gen que codifica la subunidad SUR1 del mismo canal, incrementa de forma aditiva el riesgo de enfermedad. La coincidencia metodológica de ambos estudios —uso de análisis genotípicos codominantes y estimación de OR ajustados— fortalece la conclusión de que la disfunción secretora en DM2 es en gran medida un proceso genéticamente condicionado que compromete tempranamente la capacidad de las células β para responder a la hiperglucemia.

El papel de CYP2D6 rs1065852, descrito por Wei & Zhao (15) añaden una dimensión adicional, ya que su asociación con DM2 sugiere que la biotransformación de compuestos hepáticos y la regulación metabólica sistémica también pueden influir en la progresión hacia la enfermedad. La convergencia entre estudios que evalúan CYP2D6 y aquellos que analizan KCNJ11 o ABCC8 indica que los compromisos funcionales tanto pancreáticos como hepáticos deben entenderse como elementos complementarios dentro de un mismo eje fisiopatológico.

El SNP TCF7L2 rs7903146 analizado por Phu et al. (17) continúa siendo el marcador genético más replicado a nivel global. Su rol en la vía Wnt/ β -catenina y su impacto en la respuesta incretina–insulina explican la elevada magnitud de asociación reportada (OR=2.07), además de su consistencia entre etnias y diseños metodológicos distintos. El peso acumulativo de este SNP, corroborado por diversos estudios internacionales citados por Phu et al. (17) refuerza la necesidad de incorporar TCF7L2 en modelos poligénicos predictivos.

En el eje de resistencia a la insulina la **Tabla 2** ofrece evidencia robusta. Los SNPs de ADIPOQ, especialmente rs17846866 y rs1501299, presentaron asociaciones significativas con la disminución de la sensibilidad a la insulina, tal como lo demostraron Al-Nbaheen (18). La función antiinflamatoria y sensibilizadora de adiponectina respalda fisiológicamente esta asociación, ya que niveles reducidos de esta hormona predisponen a lipotoxicidad, inflamación periférica y un deterioro progresivo en la señalización de la insulina.

De manera similar, las variantes FTO rs9939609 y rs17817449, reportadas por Zhang et al. (19) demuestran la relación entre genética, obesidad y DM2. Al encontrarse estas variantes en poblaciones con índices elevados de adiposidad visceral, su efecto de riesgo se amplifica. La congruencia entre los resultados de Zhang et al. (19) y los principios fisiopatológicos de resistencia a la insulina confirma que FTO actúa como un modulador epigenético de la homeostasis energética.

Los hallazgos de Aka et al. (21) respecto a HHEX rs1111875 (21) y los de Yiping et al. (20) sobre IGF2BP2 rs6769511 amplían la comprensión del componente insulínico y hepático de la enfermedad. HHEX participa en rutas del desarrollo pancreático y regulación hepática, lo que explica su doble impacto en secreción y acción de insulina. Por otro lado, IGF2BP2 rs6769511 constituye un ejemplo claro de cómo la estabilidad del ARNm de factores de crecimiento puede influir en la proliferación y renovación de células β , afectando la reserva funcional pancreática, incluso en personas sin obesidad marcada.

En cuanto al eje modulador, la evidencia más consistente proviene del SNP PPARG rs3856806. El meta análisis de Tiongco et al. (22) que incluyó a más de 11.800 participantes, demostró un efecto protector significativo de esta variante, reforzando la idea de que no todos los polimorfismos relacionados con DM2 incrementan el riesgo; algunos modulan favorablemente la sensibilidad a la insulina. PPARG, como regulador maestro de la adipogénesis y la oxidación lipídica, desempeña un papel clave en amortiguar los efectos negativos de otras variantes, especialmente las asociadas a FTO o ADIPOQ.

En conjunto, los resultados analizados confirman que la DM2 es una enfermedad de arquitectura genética compleja, en la cual el riesgo no depende de un solo locus, sino de la interacción entre múltiples variantes con efectos aditivos, sinérgicos o moduladores. La consistencia entre los estudios incluidos —tanto en direccionalidad de asociación como en significancia estadística— valida la utilidad de estos SNPs como biomarcadores emergentes para la estratificación del riesgo genético. Además, la coincidencia entre los trabajos de Alqadri (14), Wei & Zhao (15), De Souza et al. (16), Phu et al. (17), Al-Nbaheen (18), Zhang et al. (19), Yiping et al. (20), Aka et al. (21) y Tiongco et al. (22) refuerza la validez externa de los hallazgos y demuestra que, pese a las diferencias metodológicas o poblacionales, es posible identificar patrones moleculares comunes en la DM2.

Sin embargo, también se evidencian limitaciones importantes en los estudios revisados. La variabilidad étnica descrita en los resultados de Al-Nbaheen (18) y Zhang et al. (19) así como el tamaño muestral desigual de los estudios incluidos, sugiere que la interpretación de estos SNPs debe realizarse considerando el contexto genético y ambiental de cada población. Asimismo, la interacción gen-ambiente continúa siendo un componente crítico pendiente de mayor desarrollo, ya que factores como dieta, exposición a obesógenos, actividad física y condiciones socioculturales pueden modificar la expresión final del riesgo genético.

En síntesis, las evidencias presentadas sustentan sólidamente que los SNPs incluidos en esta revisión contribuyen de manera significativa al desarrollo de DM2 a través de mecanismos complementarios que afectan la secreción de insulina, la sensibilidad periférica y la homeostasis metabólica. Su integración en paneles de riesgo genético se perfila como una estrategia prometedora para avanzar hacia modelos predictivos más precisos y programas de medicina personalizada.

5. Conclusiones

- Los resultados de esta revisión permiten afirmar que la Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) posee una arquitectura genética compleja, en la que múltiples Polimorfismos de un Solo Nucleótido (SNPs) actúan de manera complementaria para modular el riesgo individual de desarrollar la enfermedad. Los SNPs incluidos en las **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3** evidencian que la susceptibilidad genética opera a través de tres ejes fisiopatológicos fundamentales: la disfunción de la secreción de insulina, la resistencia periférica a la insulina y la modulación adipocitaria e inflamatoria.
- En el primer eje, variantes como KCNJ11 rs5210, ABCC8 rs1799854 y TCF7L2 rs7903146 presentan asociaciones consistentes que sustentan su papel como determinantes de la falla secretora temprana, tal como reportaron Alqadri (14), De Souza et al. (16) y Phu et al. (17). Estas variantes afectan canales iónicos

críticos y procesos de señalización incretina–insulina, comprometiendo la capacidad funcional de las células β pancreáticas incluso antes de la aparición clínica de hiperglucemia.

- En el segundo eje, los SNPs ADIPOQ rs17846866 y rs1501299, descritos por Al-Nbaheen (18), y FTO rs9939609 y rs17817449, detallados por Zhang et al. (19) confirman la influencia del tejido adiposo, la inflamación metabólica y la adiposidad visceral en la resistencia a la insulina. De igual forma IGF2BP2 rs6769511 (20) y HHEX rs1111875 (21) explican mecanismos vinculados al desarrollo pancreático, la proliferación celular y el metabolismo hepático, consolidando el papel de estos genes como moduladores claves de la sensibilidad insulínica.
- Finalmente el SNP PPARG rs3856806 evaluado por Tiongco et al. (22) evidencia un efecto protector significativo, demostrando que la susceptibilidad genética a DM2 no depende exclusivamente de la acumulación de alelos de riesgo, sino también de la presencia de variantes con capacidad de modular la respuesta metabólica de manera favorable. Este hallazgo refuerza la necesidad de adoptar enfoques poligénicos integradores para comprender la variabilidad individual en la expresión fenotípica de la enfermedad.
- En conjunto, la evidencia revisada demuestra que los SNPs analizados poseen un valor significativo como biomarcadores emergentes para la estratificación del riesgo genético de DM2. No obstante, su aplicación clínica debe considerar las diferencias étnicas, los tamaños muestrales y los factores ambientales que pueden modificar la expresión del riesgo. La integración de estos polimorfismos en modelos predictivos multivariados y la realización de estudios multicéntricos en poblaciones latinoamericanas constituyen pasos fundamentales para avanzar hacia estrategias de prevención y medicina personalizada en DM2.

6. Conflicto de intereses

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

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Diabetes. 2024 [citado el 14 septiembre 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
2. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Diagnosis and classification of diabetes: standards of care in diabetes 2025. Diabetes Care [Internet]. 2025 [cited 2025 Oct 7]; 48(1): S27–49. Available from: <https://doi.org/10.2337/dc25-S002>
3. Organización Panamericana de la Salud (OPS) [Internet]. El número de personas con diabetes en las Américas se ha triplicado en tres décadas, según un informe de la OPS. 2022 [citado 2025, octubre 12]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/11-11-2022-numero-personas-con-diabetes-americas-se-ha-triplicado-tres-decadas-segun>
4. Organización Panamericana de la Salud (OPS) [Internet]. Diabetes. 2023 [citado 2025, octubre 12]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
5. Ministerio de Salud Pública (MSP) [Internet]. Ecuador refuerza su compromiso en la lucha contra la diabetes. 2024 [citado 2025, octubre 12]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/ecuador-refuerza-su-compromiso-en-la-lucha-contra-la-diabetes/#:~:text=En%20Ecuador%2C%20seg%C3%BAAn%20datos%20de,casos%20en%20los%20%C3%BAltimos%20a%C3%B1os.>
6. Fedorova L, Khrunin A, Khvorykh G, Lim J, Thornton N, Mulyar OA, et al. Analysis of common SNPs across continents reveals major genomic differences between human populations. Genes (Basel) [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 7];13(8): 1472. Available from: <https://doi.org/10.3390/genes13081472>
7. MedlinePlus. ¿Qué son los polimorfismos de nucleótido único (SNP)? [Internet].; 2022 [citado 2025, octubre 11]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/genetica/entender/investigaciongenomica/snp/>
8. Del Bosque-Plata L, Martínez-Martínez E, Espinoza-Camacho M, Gragnoli C. The role of TCF7L2 in type 2 diabetes. Diabetes [Internet]. 2021 [cited 2025 Oct 7];70(6):1220-1228. Available from: <https://doi.org/10.2337/DB20-0573>
9. Shill LC, Alam MR. Crosstalk between FTO gene polymorphism (rs9939609) and obesity-related traits among Bangladeshi population. Health Science Reports [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 11];6(7). Available from: <https://doi.org/10.1002/hsr2.1414>

10. Bhowmik A, Rokeya B, Kabir Y. KCNJ11 rs5219 Gene polymorphism is associated with t2dm in a population of Bangladesh: a case-control study. *International Journal of Endocrinology* [Internet]. 2025 [cited 2025 Oct 11];2025(1). Available from: <https://doi.org/10.1155/ije/5834412>
11. Maina JG, Balkhiyarova Z, Nouwen A, Pupko I, Ulrich A, Boissel M, et al. Bidirectional mendelian randomization and multiphenotype GWAS show causality and shared pathophysiology between depression and type 2 diabetes. *Diabetes Care* [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 7];46(9):1707–14. Available from: <https://doi.org/10.2337/dc22-2373>
12. García de Yébenes J, Carmona L. Biomarcadores: cómo lograr su consolidación en práctica clínica. *Reumatología Clínica* [Internet]. 2024 [citado 2025 Oct 7];20(7):386-391. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2024.05.005>
13. Harris C, Conley Y, Bai J, Hammer M. The use of biomarkers in precision health symptom science - opportunities and challenges. *Seminars in Oncology Nursing* [Internet]. 2025 [cited 2025 Oct 6];41(4):151886. Available from: <https://doi.org/10.1016/J.SONCN.2025.151886>
14. Alqadri N. Independent case-control study in KCNJ11 gene polymorphism with Type 2 diabetes Mellitus. *Saudi Journal of Biological Sciences* [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 11];29(4):2794-2799. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.008>
15. Wei H, Zhao Q. CYP2D6 polymorphism rs1065852 significantly increases the risk of type 2 diabetes. *Annals of Medicine* [Internet]. 2025 [cited 2025 Oct 11];57(1). Available from: <https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2470956>
16. De Souza AES, Da Silva CHS, De Oliveira R de CS, Guimarães APA, Da Silva ANLM, Diniz IG, et al. Investigation of genetic markers associated to type 2 diabetes mellitus in Santarém-Pará. *Genetics and Molecular Biology* [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 11];47(3). Available from: <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2023-0107>
17. Phu S, Thida A, Maung KK, Chit TT. Single nucleotide polymorphism at rs7903146 of transcription factor 7-like 2 gene among subjects with type 2 diabetes mellitus in Myanmar. *Journal of the ASEAN Federation of Endocrine Societies*. [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 11];38(S1):41-47. Available from: <https://doi.org/10.15605/jafes.037.S2>
18. Al-Nbaheen MS. Effect of genetic variations in the ADIPOQ gene on susceptibility to type 2 diabetes mellitus. Dovepress - Taylor & Francis Group

- [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 11]; 15:2753-2761. Available from: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S377057>
19. Zhang Y, Chen L, Zhu J, Liu H, Xu L, Wu Y, et al. Minor alleles of FTO rs9939609 and rs17817449 polymorphisms confer a higher risk of type 2 diabetes mellitus and dyslipidemia, but not coronary artery disease in a Chinese Han population. *Frontiers in Endocrinology* [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 11];14. Available from: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1249070>
 20. Yiping L, Sigi H, Chuanyin L, Keyu S, Man Y, Wenyu T, et al. Evidence of association between single-nucleotide polymorphisms in lipid metabolism-related genes and type 2 diabetes mellitus in a Chinese population. *International Journal of Medical Science* [Internet]. 2021 [cited 2025 Oct 11];18(2):356–363. Available from: <https://doi.org/10.7150/ijms.53004>
 21. Aka T Das, Saha U, Shati SA, Aziz MA, Begum M, Hussain MS, et al. Risk of type 2 diabetes mellitus and cardiovascular complications in KCNJ11, HHEX and SLC30A8 genetic polymorphisms carriers: a case-control study. *Heliyon*. A Cell Press Journal [Internet]. 2021 [cited 2025 Oct 11];7(11). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08376>
 22. Tiongco R, Ryanne D, Mae W, Arianne C, Arceo E. Association of the rs3856806 polymorphism in the PPAR γ gene with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of 11,811 individuals. *Laboratory Medicine* [Internet]. 2023 [cited 2025 Sep 22]; 54:193-198. Available from: <https://doi.org/10.1093/labmed/lmac095>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Expresión diferencial de MicroARNs como biomarcadores diagnósticos en enfermedad inflamatoria intestinal

Differential expression of microRNAs as diagnostic biomarkers in inflammatory bowel disease

- ¹ Gilmer Aldair Flores Ruiz  <https://orcid.org/0009-0004-2854-1308>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
Estudiante Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico
gflores9172@uta.edu.ec
- ² Luis Fabián Salazar-Garcés  <https://orcid.org/0000-0002-5128-7211>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
lf.salazar@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/09/2025

Revisado: 12/10/2025

Aceptado: 27/11/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3575>

Cítese: Flores Ruiz, G. A., & Salazar Garcés, L. F. (2026). Expresión diferencial de MicroARNs como biomarcadores diagnósticos en enfermedad inflamatoria intestinal. *Anatomía Digital*, 9(1), 27-59.
<https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3575>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

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



Palabras claves:

Enfermedad inflamatoria intestinal, colitis ulcerosa, enfermedad de Crohn, microARNs, diagnóstico

Resumen

Introducción: las Enfermedades Inflamatorias Intestinales (EII) principalmente la Enfermedad de Crohn (EC) y la Colitis Ulcerosa (CU), constituyen trastornos crónicos del tracto gastrointestinal caracterizados por inflamación persistente y desregulación inmunológica, con participación de factores genéticos, epigenéticos, alteraciones de la microbiota y elementos ambientales. Su diagnóstico continúa dependiendo de métodos invasivos como la colonoscopia, histología y biomarcadores séricos y fecales, los cuales presentan limitaciones en especificidad y capacidad discriminativa. Este contexto impulso la búsqueda de herramientas no invasivas como los microARNs, pequeños fragmentos de ARN reguladores altamente estables que podrían diferenciar con precisión entre CU y EC. **Objetivo:** Evaluar la evidencia reciente sobre la expresión diferencial de diversos microARNs en las EII y su utilidad como biomarcadores diagnósticos no invasivos, comparándolos con marcadores convencionales como la calprotectina fecal. **Metodología:** Se realizó una revisión narrativa basada en una búsqueda estructurada en BVS, PubMed, Web of Science y Scopus, empleando términos DeCS/MeSH relacionados con “MicroRNAs”, “Inflammatory bowel disease”, “Crohn disease” y “Ulcerative colitis”. Se incluyeron artículos publicados en los últimos cinco años, en inglés o español, que evaluaran la expresión diferencial de microARNs en EII. **Desarrollo:** Diversos microARNs presentan patrones característicos según la patología. En CU se reporta sobreexpresión de miR-16-5p, miR-21-5p, miR-23a-5p, miR-24-3p, miR-29a-3p, miR-126-3p, miR-195-5p y let-7f-5p, mientras que miR-192-5p, miR-375-3p y miR-422b-5p muestran disminución. En EC se sobreexpresan miR-21-5p, miR-16-5p, miR-155-5p y miR-223-3p, con reducción de miR-192-5p y miR-375-3p. Estos microARNs participan en procesos clave como inflamación, apoptosis, autofagia y regulación de la barrera epitelial, lo que justifica su potencial clínico. Además, algunos —como miR-223 y miR-146b-5p— podrían superar en sensibilidad y especificidad a biomarcadores tradicionales como la calprotectina fecal. **Conclusión:** Los microARNs representan candidatos sólidos como biomarcadores diagnósticos no invasivos en EII, debido

a su estabilidad biológica, su expresión diferencial entre CU y EC y su relación directa con mecanismos fisiopatológicos. Aunque la evidencia es prometedora, aún se requieren estudios clínicos estandarizados que validen su uso rutinario en la práctica médica. **Área de estudio general:** Laboratorio clínico. **Área de estudio específica:** biología molecular. **Tipo de estudio:** Revisión narrativa.

Keywords:

Inflammatory bowel disease, Crohn's disease, ulcerative colitis, microRNAs, diagnosis.

Abstract

Introduction: inflammatory bowel diseases (IBD) - primarily Crohn's disease (CD) and ulcerative colitis (UC) - are chronic disorders of the gastrointestinal tract characterized by persistent inflammation and immune dysregulation, involving genetic, epigenetic, microbiota-related, and environmental factors. Their diagnosis still relies on invasive methods such as colonoscopy, histology, and serum or fecal biomarkers, which show limitations in specificity and discriminative capacity. This scenario has driven the search for non-invasive tools such as microRNAs, small regulatory RNA fragments with high stability that could accurately differentiate between UC and CD. **Objective:** to evaluate recent evidence on the differential expression of various microRNAs in IBD and their utility as non-invasive diagnostic biomarkers, comparing them with conventional markers such as fecal calprotectin. **Methodology:** a narrative review was conducted based on a structured search in BVS, PubMed, Web of Science, and Scopus, using DeCS/MeSH terms related to "MicroRNAs," "Inflammatory bowel disease," "Crohn disease," and "Ulcerative colitis." Articles published in the last five years, in English or Spanish, evaluating the differential expression of microRNAs in IBD were included. **Development:** several microRNAs show characteristic expression patterns depending on the pathology. In UC, overexpression of miR-16-5p, miR-21-5p, miR-23a-5p, miR-24-3p, miR-29a-3p, miR-126-3p, miR-195-5p, and let-7f-5p has been reported, whereas miR-192-5p, miR-375-3p, and miR-422b-5p are downregulated (9,10,20). In CD, miR-21-5p, miR-16-5p, miR-155-5p, and miR-223-3p are overexpressed, with reduced levels of miR-192-5p and miR-375-3p. These microRNAs participate in key processes such as inflammation, apoptosis, autophagy, and

epithelial barrier regulation, supporting their clinical potential. Moreover, some—such as miR-223 and miR-146b-5p—may surpass traditional biomarkers like fecal calprotectin in sensitivity and specificity. **Conclusion:** microRNAs represent strong candidates as non-invasive diagnostic biomarkers in IBD due to their biological stability, differential expression between UC and CD, and direct relationship with pathophysiological mechanisms. Although the evidence is promising, standardized clinical studies are still needed to validate their routine use in medical practice. **General Area of Study:** Clinical laboratory. **Specific area of study:** Molecular biology. **Type of study:** Narrative review.

1. Introducción

La Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) constituye un conjunto de trastornos crónicos caracterizados por inflamación persistente de la mucosa del tracto gastrointestinal, cuya etiología es multifactorial e involucra factores genéticos, epigenéticos, alteraciones de la microbiota, desregulación inmunológica y componentes ambientales (1). Aunque los mecanismos fisiopatológicos específicos continúan en estudio, la EII se clasifica en dos entidades principales: la Enfermedad de Crohn (EC) y la Colitis Ulcerosa (CU), patologías que difieren en su localización, patrón inflamatorio y profundidad del compromiso tisular, pero que comparten manifestaciones clínicas superpuestas que dificultan el diagnóstico diferencial temprano (1).

Desde una perspectiva epidemiológica, la incidencia global de la EII muestra un incremento sostenido en las últimas décadas. Las tasas más elevadas se registran en Europa, con cifras que oscilan entre 10,5 y 46,14 casos por 100 000 habitantes al año, mientras que en Asia y Oriente Medio se reportan entre 1,37 y 1,5 por 100 000 habitantes. Oceanía presenta cifras de 23,67 a 39,8 por 100 000, América del Sur entre 0,21 y 3,67 por 100 000 y América del Norte entre 7,3 y 30,2 por 100 000 habitantes (2). El aumento es particularmente notable en población pediátrica y adultos mayores, lo que plantea un desafío creciente para los sistemas de salud.

La Enfermedad de Crohn (EC) se caracteriza por un patrón inflamatorio transmural que puede afectar cualquier región del tracto gastrointestinal, predominando el compromiso ileal. Su aparición se asocia con el consumo de tabaco, predisposición genética y alteraciones inmunológicas derivadas de la disfunción de las células de Paneth ubicadas

en las criptas intestinales (3) (4). La enfermedad cursa con periodos alternantes de brotes y remisión, y puede generar complicaciones como fístulas, abscesos, estenosis y manifestaciones extraintestinales en ojos, piel, articulaciones e hígado (3) (4).

Por otro lado la Colitis Ulcerosa (CU) se caracteriza por un proceso inflamatorio continuo que afecta la mucosa del recto y el colon, limitado generalmente a la mucosa y submucosa, y asociado a síntomas como diarrea sanguinolenta, tenesmo y dolor abdominal (5). Aunque su etiología exacta permanece desconocida, se la vincula con predisposición genética, alteraciones de la barrera epitelial, respuestas inmunes desreguladas y factores ambientales (6) (7).

El diagnóstico de las EII continúa apoyándose en evaluaciones invasivas como la colonoscopia y el análisis histopatológico, complementadas con biomarcadores séricos y fecales —entre ellos la calprotectina y lactoferrina fecal— cuya especificidad y utilidad para diferenciar entre CU y EC resultan limitadas (6). Este escenario impulso la búsqueda de herramientas diagnósticas que sean menos invasivas, más sensibles y con mayor capacidad discriminativa.

En este contexto emergen los microARNs (miARNs), pequeños fragmentos de ARN no codificante de entre 19 y 22 nucleótidos que regulan la expresión génica postranscripcional y participan en procesos esenciales como inflamación, apoptosis, diferenciación celular y homeostasis epitelial intestinal (1) (8). Su estabilidad en fluidos biológicos —incluyendo sangre, heces y tejido—, su expresión diferencial entre EII activa e inactiva y entre CU y EC, y su asociación directa con diversas vías fisiopatológicas, los posicionan como biomarcadores altamente prometedores .

Estudios recientes demostraron que perfiles específicos de miARNs permiten distinguir a pacientes con EII de individuos sanos y diferenciar entre CU y EC con mayor precisión que algunos biomarcadores convencionales (5) (9) (10). Por ejemplo, la sobreexpresión de miR-223 en suero y heces se correlaciona positivamente con la actividad de la enfermedad en EC, mientras que miR-149-3p y miR-149-5p se relacionan con la severidad clínica y marcadores inflamatorios (5) (11). Asimismo, combinaciones de microARNs como miR-223, miR-16-5p y miR-21-5p mostraron una capacidad diagnóstica superior a la calprotectina fecal (5) (9).

A pesar del potencial clínico de estos biomarcadores, aún persisten desafíos relacionados con la heterogeneidad metodológica, las variaciones en técnicas de extracción y cuantificación y la falta de estandarización en la interpretación de resultados, lo que subraya la necesidad de desarrollar protocolos uniformes y estudios clínicos multicéntricos que consoliden su utilidad diagnóstica.

Con base en estos antecedentes la presente revisión narrativa tiene como propósito analizar la evidencia reciente sobre la expresión diferencial de microARNs en la EII, describir su participación en los mecanismos fisiopatológicos de la enfermedad y evaluar su utilidad como biomarcadores diagnósticos comparados con herramientas convencionales como la calprotectina fecal.

2. Metodología

La presente investigación corresponde a una **revisión narrativa** orientada a sintetizar la evidencia reciente relacionada con la expresión diferencial de microARNs como biomarcadores diagnósticos en la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII). Este tipo de revisión permite integrar hallazgos provenientes de estudios clínicos y análisis moleculares para comprender el rol fisiopatológico y el potencial diagnóstico de los microARNs.

2.1. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda estructurada en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y Biblioteca Virtual en Salud (BVS). Estas plataformas fueron elegidas por su alta relevancia en investigaciones biomédicas y su capacidad para proporcionar literatura científica indexada.

Para la búsqueda se utilizaron términos DeCS/MeSH combinados mediante operadores booleanos:

- (MicroRNAs) AND (Crohn disease OR Ulcerative colitis)
- (MicroRNAs) AND (Inflammatory bowel diseases)
- En español: *MicroARNs, enfermedad de Crohn, colitis ulcerosa, enfermedad inflamatoria intestinal.*

Se optimizaron las combinaciones de términos para maximizar la sensibilidad y la especificidad de la búsqueda.

2.1.1. Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieron con los siguientes criterios:

- a) Publicados en los últimos cinco años, dado el rápido avance en investigación de microARNs.
- b) Redactados en inglés o español.
- c) Con disponibilidad de texto completo.
- d) Estudios que evaluaron la expresión diferencial de microARNs en pacientes con EII (EC y/o CU).
- e) Tipos de estudio aceptados:

www.anatomiadigital.org

- Artículos originales
- Ensayos clínicos
- Estudios de caso
- Estudios observacionales con análisis de microARNs

2.1.2. Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Estudios realizados exclusivamente en modelos animales o líneas celulares.
- Documentos sin evidencia empírica (editoriales, cartas al editor, opiniones).
- Artículos duplicados.
- Estudios que no evaluaran microARNs en relación directa con EII.
- Publicaciones fuera del rango temporal establecido.

2.2. Proceso de selección (incluyendo PRISMA)

Aunque esta revisión se enmarca metodológicamente como narrativa, se decidió incluir un diagrama PRISMA modificado para fortalecer la transparencia del proceso de identificación y selección de la literatura, cumpliendo con los requisitos editoriales de la revista, como se muestra en la **Figura 1**.

La búsqueda inicial identificó un total de 684 estudios:

- PubMed (n = 226)
- BVS (n = 140)
- Web of Science (n = 143)
- Scopus (n = 175)

Luego del proceso de depuración:

- a) Eliminación de duplicados: 205 registros.
- b) Revisión de títulos y resúmenes: se evaluaron 479 registros y se excluyeron 441 por irrelevancia temática.
- c) Evaluación de textos completos: se recuperaron 50 artículos, de los cuales 11 no pudieron ser accedidos.
- d) Elegibilidad: se evaluaron 39 estudios.
- e) Síntesis final: se incluyeron 16 estudios para la revisión narrativa.

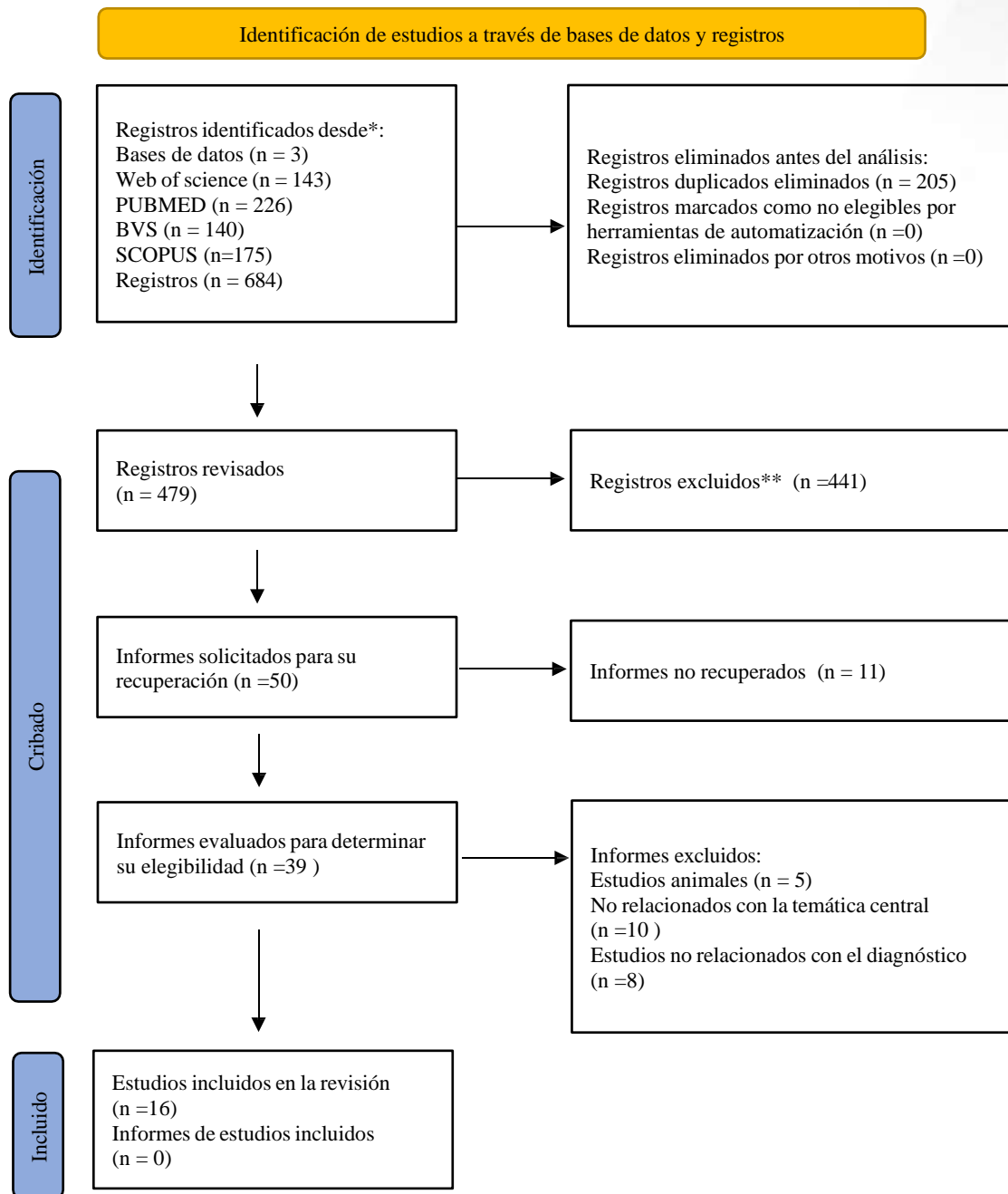


Figura 1. Diagrama PRISMA modificado para revisión narrativa sobre microARNs en enfermedad inflamatoria intestinal.

2.3. Extracción y síntesis de la información

Para cada estudio incluido se extrajo información relevante:

- MicroARNs evaluados
- Tipo de muestra (suero, heces, mucosa, tejido)
- Tipo de EII diferenciada (CU, EC o ambas)

- Patrones de sobreexpresión o disminución
- Relación con gravedad, actividad o remisión de la enfermedad
- Comparaciones con biomarcadores tradicionales
- Implicaciones fisiopatológicas del microARN analizado

Los resultados se organizaron posteriormente en categorías temáticas, lo que permitió elaborar un análisis narrativo integrador.

3. Resultados

Los resultados de esta revisión narrativa presentan evidencia sólida y reciente sobre el papel de diversos microARNs en la enfermedad inflamatoria intestinal. A continuación, se exponen los hallazgos organizados en diferentes subtemas con el fin de ofrecer una visión más clara y estructurada acerca de su utilidad clínica y su implicación en la patología.

3.1. Enfermedad inflamatoria intestinal

La Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) es un grupo de trastornos crónicos caracterizados por una inflamación persistente del tracto gastrointestinal, resultante de una respuesta inmunitaria anómala dirigida contra componentes lumenales en individuos genéticamente susceptibles (1) (12). La fisiopatología de la EII implica una compleja interacción entre factores genéticos, epigenéticos, ambientales, alteraciones de la microbiota intestinal y disfunciones del sistema inmunitario (1) (12).

Las dos entidades principales que conforman la EII son la Colitis Ulcerosa (CU) y la Enfermedad de Crohn (EC), que se diferencian por la localización anatómica afectada, la profundidad del compromiso inflamatorio y la presentación clínica (12). No obstante, ambas patologías comparten manifestaciones como diarrea, dolor abdominal, sangrado rectal y patrones de remisión y exacerbación, lo que puede dificultar el diagnóstico diferencial (1) (12).

Epidemiológicamente la EII muestra un crecimiento sostenido a nivel mundial. Las tasas más altas se observan en Europa, con incidencias de 10,5 a 46,14 casos por cada 100 000 habitantes. En Asia y Oriente Medio la incidencia se sitúa entre 1,37 y 1,5 casos por cada 100 000; en Oceanía entre 23,67 y 39,8; en América del Sur entre 0,21 y 3,67; y en América del Norte entre 7,3 y 30,2 casos por cada 100 000 habitantes (2). Este aumento afecta particularmente a niños, adolescentes y adultos mayores, representando un desafío creciente para los sistemas sanitarios.

Desde el punto de vista inmunológico, la EII implica alteraciones simultáneas en varios componentes de la mucosa intestinal. El epitelio, la capa de moco, las uniones estrechas, las α -defensinas y el sistema inmune innato y adaptativo cumplen roles esenciales en la

protección contra patógenos. Su disfunción da lugar a un estado inflamatorio crónico que deteriora la barrera intestinal y agrava la enfermedad (12) (13).

Un elemento clave en la fisiopatología de ambas enfermedades es la activación de vías inmunológicas específicas. En la Enfermedad de Crohn (EC) predominan las respuestas Th1 y Th17, mientras que en la Colitis Ulcerosa (CU) se observan respuestas Th2 y Th9, acompañadas de un incremento de citocinas proinflamatorias como TNF- α , IL-6, IL-1 β e interferón- γ , dependiendo de la patología (13) (14) (15). Dichos componentes se sintetizan en la **Figura 2**.

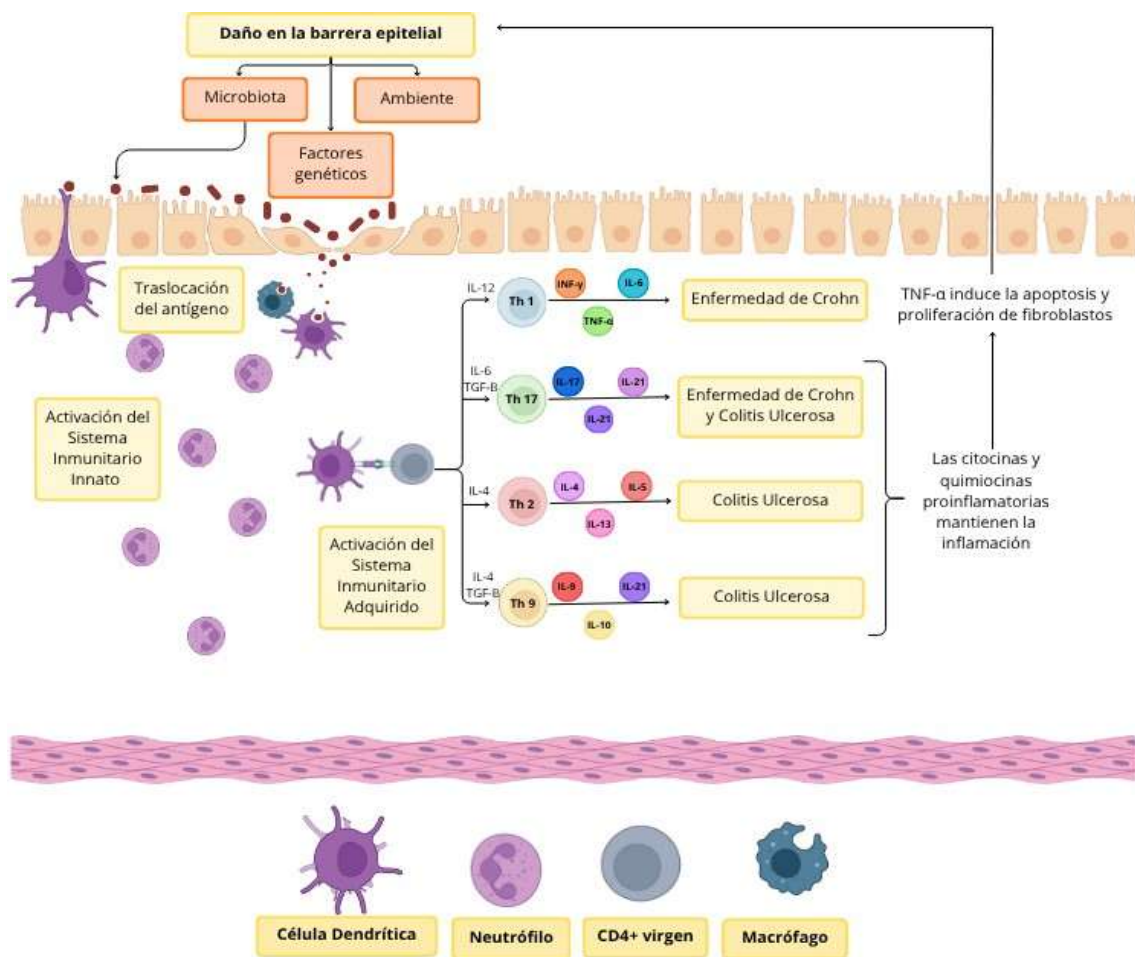


Figura 2. Fisiopatología de la enfermedad inflamatoria intestinal. **Fuente:** Beltrán et al. (16).

La **Figura 2** muestra los mecanismos inmunológicos en la fisiopatología de las enfermedades inflamatorias intestinales. El daño de la barrera epitelial permite la entrada de antígenos, activa al sistema inmunitario y dirige la diferenciación de células Th, asociando las vías Th1/Th17 con Enfermedad de Crohn (EC) y las respuestas Th2/Th9 con Colitis Ulcerosa (CU), manteniendo una inflamación crónica mediada por citocinas.

3.2. Enfermedad de Crohn (EC)

La Enfermedad de Crohn (EC) es un trastorno inflamatorio crónico que puede comprometer cualquier región del tracto gastrointestinal, aunque muestra una predilección notable por el íleon y la región ileocolónica (3) (17). A diferencia de la Colitis Ulcerosa (CU), la EC se caracteriza por un patrón inflamatorio transmural, lo que favorece la aparición de complicaciones como fístulas, abscesos, estenosis, flemones y ulceraciones profundas (17). Aproximadamente la mitad de los pacientes desarrollan alguna de estas complicaciones a lo largo de su evolución clínica (17) (18).

Desde el punto de vista clínico, la EC presenta una evolución característicamente crónica y progresiva, con alternancia entre períodos de remisión y brotes. Los síntomas principales incluyen diarrea crónica, dolor abdominal, náuseas, vómitos, fiebre, pérdida de peso y fatiga, y pueden coexistir con manifestaciones extraintestinales a nivel ocular, cutáneo, hepático y articular, las cuales pueden preceder a los síntomas digestivos (13) (17) (18). Estas manifestaciones reflejan la naturaleza sistémica del proceso inflamatorio.

3.2.1. Etiología

Aunque la causa exacta de la EC sigue sin determinarse, se reconoce que su aparición resulta de la interacción entre predisposición genética, factores ambientales y alteraciones del sistema inmunitario. Uno de los factores ambientales más relevantes es el consumo de tabaco, identificado como un desencadenante significativo en la aparición y progresión de la enfermedad, en contraste con su efecto protector en la Colitis Ulcerosa (CU) (12) (13).

En el plano genético, múltiples estudios identificaron variaciones asociadas a genes relacionados con el reconocimiento de antígenos, la función de las células de Paneth y la integridad de la barrera intestinal, lo que sugiere que la EC surge en individuos con alteraciones inmunogenéticas que los predisponen a una respuesta inadecuada frente a estímulos lumbales (3) (17).

3.2.2. Fisiopatología

La fisiopatología de la EC combina mecanismos inmunológicos innatos y adaptativos, centrados en una respuesta inflamatoria desregulada frente a antígenos ambientales, fármacos, toxinas y microorganismos del microbioma intestinal (17) (18).

A nivel inmunológico la EC se caracteriza por la activación predominante de los perfiles Th1 y Th17, con una consecuente producción elevada de citocinas proinflamatorias como TNF- α , interferón- γ e interleucinas IL-2, IL-12 e IL-18 (17) (19). Esta sobreactivación contribuye a la inflamación transmural y a la destrucción progresiva de la arquitectura intestinal.

Los macrófagos, linfocitos T cooperadores, y células presentadoras de antígeno desempeñan un papel clave en esta respuesta exacerbada, promoviendo la liberación continua de mediadores inflamatorios que perpetúan el daño epitelial (17) (19).

Otro elemento central es la afectación del microbiota intestinal, particularmente la presencia de *Escherichia Coli Adherente-Invasiva* (AIEC), que puede invadir células epiteliales y macrófagos, amplificando la inflamación y alterando la autofagia celular (20) (21).

La inflamación crónica produce daño progresivo, ulceración transmural, edema y fibrosis, que conducen a complicaciones como estenosis, perforaciones y formación de fístulas. El compromiso de la mucosa puede generar malabsorción, deficiencias vitamínicas, anemia y pérdida ponderal (13) (17).

3.2.3. Manifestaciones extraintestinales

Las manifestaciones extraintestinales son comunes en la EC y derivan de la naturaleza sistémica de la respuesta inflamatoria. Entre las más frecuentes se incluyen:

- Artritis periférica o axial, asociada a procesos inflamatorios sistémicos (13) (17).
- Uveítis, que puede aparecer incluso antes de los síntomas gastrointestinales (17).
- Trastornos hepatobiliares, como pericolangitis (13)
- Compromiso renal, secundario a inflamación sostenida

La aparición temprana de estas manifestaciones puede llevar a retrasos diagnósticos si no se reconoce su asociación con la EII.

3.2.4. Implicaciones clínicas y relevancia diagnóstica

El carácter transmural y discontinuo de la inflamación en la EC dificulta el diagnóstico temprano mediante métodos convencionales. La colonoscopia, aunque útil, puede no visualizar áreas afectadas del intestino delgado, lo que obliga a recurrir a estudios complementarios.

La heterogeneidad clínica, la variabilidad en la presentación y la superposición sintomática con CU justifican la necesidad de biomarcadores más sensibles y específicos, entre ellos los microARNs, que se analizan en secciones posteriores del manuscrito.

La Enfermedad de Crohn (EC) se relaciona estrechamente con la expresión diferencial de ciertos microARNs, como miR-21-5p, miR-16-5p, miR-155-5p y miR-223-3p, que se encuentran sobreexpresados en esta patología, mientras que miR-192-5p y miR-375-3p muestran niveles disminuidos (9) (10) (20).

Estos microARNs no solo actúan como posibles biomarcadores diagnósticos, sino que reflejan mecanismos fisiopatológicos específicos, lo cual será abordado más adelante.

3.3. *Colitis Ulcerosa (CU)*

La Colitis Ulcerosa (CU) es la forma más frecuente de Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) a nivel mundial y se caracteriza por un proceso inflamatorio crónico y continuo que afecta exclusivamente al colon, iniciándose típicamente en el recto y extendiéndose de manera proximal a través de la mucosa colónica (5) (14) (22). A diferencia de la Enfermedad de Crohn (EC), la inflamación en CU está confinada a las capas mucosa y submucosa, lo que delimita su afectación tisular y explica diferencias significativas en clínica, complicaciones y evolución.

Clínicamente, los pacientes con CU presentan síntomas característicos como diarrea sanguinolenta, urgencia fecal, dolor abdominal y tenesmo, acompañados de períodos alternantes de actividad y remisión (7). Aunque estos síntomas pueden superponerse a los de la Enfermedad de Crohn (EC), la continuidad del proceso inflamatorio y su localización exclusiva en el colon permiten orientar el diagnóstico.

3.3.1. *Etiología*

Aunque la CU, al igual que la EC, tiene una etiología multifactorial y aún no completamente esclarecida, se evidenció fuertemente la participación de:

- Factores genéticos, que incrementan el riesgo en familiares de primer grado (13) (14) (22).
- Alteraciones en el microbiota intestinal, que generan un desequilibrio entre bacterias comensales y la respuesta inmune (13) (14) (15).
- Disfunciones inmunológicas, especialmente relacionadas con respuestas mediadas por linfocitos Th2 y Th9 (14) (15).
- Factores ambientales, cuya influencia es reconocida pero aún poco comprendida.

A diferencia de la Enfermedad de Crohn (EC), en la cual el tabaquismo se relaciona con la aparición y progresión de la patología, en CU el tabaco parece ejercer un efecto protector, aunque los mecanismos exactos aún permanecen en debate (12) (13).

3.3.2. *Fisiopatología*

La fisiopatología de la CU se distingue por alteraciones complementarias en:

- a) Barrera epitelial

Los pacientes con CU presentan defectos en la mucina colónica y en las uniones estrechas, permitiendo una mayor permeabilidad intestinal. Esto facilita el contacto de antígenos lumenales con células inmunitarias de la lámina propia (14) (15).

b) Respuesta inmunitaria

Existe una activación predominante de vías Th2 y Th9, caracterizadas por:

- Sobreproducción de IL-13, con efectos citotóxicos sobre células epiteliales (14) (15).
- Aumento de la actividad de células T asesinas naturales (NKT).
- Incremento de inmunoglobulinas, particularmente IgG1, reflejando una activación sostenida de la inmunidad adaptativa (14) (15).

c) Receptores tipo Toll (TLR)

En la lámina propia se observa un aumento de células dendríticas maduras con sobreexpresión de TLR2 y TLR4, que amplifican las señales inflamatorias frente a bacterias comensales (14) (15).

d) Reclutamiento celular

La CU se caracteriza por:

- Incremento de quimioatrayentes como CXCL8, que promueven la migración de neutrófilos hacia la mucosa.
- Elevación de moléculas de adhesión como MadCAM-1, que favorecen la extravasación leucocitaria (14).

e) Disbiosis intestinal

La relación entre microbiota y sistema inmune es crítica. Un desbalance entre microorganismos comensales y patogénicos genera una respuesta inflamatoria desproporcionada frente a bacterias no invasivas, contribuyendo a la cronicidad del proceso inflamatorio (13) (14) (15).

3.3.3. Manifestaciones clínicas y complicaciones

Las manifestaciones clásicas incluyen:

- Diarrea con sangre
- Dolor abdominal tipo cólico
- Urgencia o incontinencia fecal

- Tenesmo rectal

En casos graves pueden aparecer:

- Anemia severa por pérdidas crónicas
- Megacolon tóxico
- Riesgo aumentado de carcinoma colorrectal

La cronicidad del proceso inflamatorio y la extensión de la enfermedad condicionan el riesgo de complicaciones y la necesidad de intervenciones quirúrgicas.

3.3.4. Importancia diagnóstica en relación con los microARNs

El diagnóstico de CU requiere integrar:

- Clínica
- Endoscopia
- Histología
- Biomarcadores fecales y séricos

Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones en sensibilidad y especificidad, especialmente para diferenciarla de la Enfermedad de Crohn (EC).

En este contexto, los microARNs emergieron como herramientas diagnósticas potencialmente superiores. Estudios recientes identificaron perfiles de expresión característicos en CU, como la sobreexpresión de miR-16-5p, miR-21-5p, miR-23a-5p, miR-24-3p, miR-29a-3p, miR-126-3p, miR-195-5p y let-7f-5p, y la disminución de miR-192-5p, miR-375-3p y miR-422b-5p (9) (10) (20).

La fisiopatología y características clínicas de la CU explican por qué ciertos microARNs muestran patrones específicos de expresión en esta enfermedad. La alteración de vías inmunológicas, la disfunción epitelial y la disbiosis intestinal impactan directamente en procesos regulados por microARNs, justificando su utilidad como biomarcadores no invasivos y potenciales dianas terapéuticas.

3.4. MicroARNs

Los MicroARNs (miARNs) son pequeñas moléculas de ARN no codificante, compuestas por aproximadamente 19 a 22 nucleótidos, que desempeñan un papel fundamental en la regulación postranscripcional de la expresión génica (8) (23). Su mecanismo principal consiste en unirse a secuencias complementarias en los ARN mensajeros (ARNm) diana, lo que genera la inhibición de la traducción o la degradación del ARNm, modulando así la síntesis proteica en múltiples vías biológicas (1) (8) (24).

Aunque durante años se mencionó únicamente su papel intracelular, hoy se reconoce que los microARNs actúan también como moléculas señalizadoras intercelulares, al comportarse de manera similar a hormonas o mediadores paracrinos, pudiendo viajar a través de exosomas, microvesículas y lipoproteínas hasta células diana distantes (24). Esta propiedad, junto con su notable estabilidad en fluidos biológicos como sangre, heces, suero y saliva, los posiciona como candidatos ideales para biomarcadores no invasivos.

3.4.1. Relevancia biológica

Los microARNs están involucrados en una amplia variedad de procesos celulares:

- Respuesta inmune innata y adaptativa (24)
- Apoptosis y supervivencia celular (8) (23) (25)
- Proliferación y diferenciación celular
- Mantenimiento de la homeostasis epitelial intestinal (20) (21)
- Vías inflamatorias, particularmente NF- κ B, JAK/STAT y TLR (20) (26)
- Procesos de autofagia (20) (21)

Estas funciones explican por qué variaciones en su expresión pueden contribuir directamente a enfermedades autoinmunes, inflamatorias, infecciosas y neoplásicas (20) (24).

3.4.2. MicroARNs e inmunidad en la EII

En el contexto de la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII), múltiples estudios demostraron que los microARNs cumplen roles esenciales en:

a) Modulación de la respuesta inflamatoria

Algunos microARNs actúan como proinflamatorios, amplificando la actividad de citocinas y vías inmunológicas, entre ellos:

- miR-16, regulador de NF- κ B e IL-8 (20) (27)
- miR-21-5p, modulador de TLR4 y de la barrera epitelial (20) (23) (26)
- miR-155-5p, asociado a activación de macrófagos y respuesta JAK/STAT (20) (21) (23)

Otros en cambio cumplen funciones antiinflamatorias:

- miR-195-5p, inhibidor de la polarización M1 (20)

- miR-192-5p, regulador negativo de NOD2 (20) (21)

Existen además microARNs con acción mixta, como:

- miR-126-3p, que puede activar NF- κ B o favorecer la expansión de Treg dependiendo del contexto (20) (21).

3.4.3. *MicroARNs y barrera epitelial intestinal*

La integridad de la barrera intestinal depende de procesos como:

- la formación adecuada de uniones estrechas
- la producción de mucina
- la supervivencia y renovación epitelial

Varios microARNs regulan estos mecanismos:

- miR-24-3p modula la apoptosis y la vía de TGF- β 1 (20) (25).
- miR-29a-3p aumenta la permeabilidad epitelial y favorece la inflamación (20).
- miR-223-3p regula proteínas de unión estrecha como claudina-8 y TJP, comprometiendo la barrera intestinal (20) (26).

La desregulación de estos microARNs contribuye al deterioro estructural observado en EC y CU.

3.4.4. *MicroARNs y microbiota*

La relación entre microARNs y la microbiota es bidireccional:

- La microbiota influye en la expresión de microARNs.
- Los microARNs pueden modular la composición y función microbiana.

Un ejemplo destacado es:

- miR-30c-5p, cuya desregulación afecta proteínas asociadas a la autofagia, permitiendo la proliferación de *Escherichia coli* adherente-invasiva (AIEC), característica de la Enfermedad de Crohn (EC) (20) (21).

3.4.5. *MicroARNs como biomarcadores clínicos*

Las propiedades biológicas de los microARNs explican su valor potencial como biomarcadores diagnósticos no invasivos:

- a) Alta estabilidad

Son resistentes a degradación por RNAsas gracias a su encapsulación en exosomas o vesículas (24).

b) Especificidad de expresión

La expresión diferencial de microARNs permite distinguir entre:

- EII vs. sujetos sanos
- EC vs. CU
- enfermedad activa vs. remisión
- respuesta o falta de respuesta al tratamiento (9) (10) (20)

c) Facilidad de obtención de muestras

Pueden medirse en heces, suero, plasma o biopsias (9) (10) (20).

d) Correlación con mecanismos fisiopatológicos

Su expresión refleja directamente procesos inflamatorios, apoptosis, autofagia, fibrosis, remodelación y permeabilidad intestinal (20) (21).

El entendimiento de las funciones celulares y moleculares de los microARNs permite comprender por qué distintos microARNs presentan patrones de sobreexpresión o disminución en CU y EC.

3.4.6. *Expresión diferencial de microARNs en la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa*

La expresión diferencial de microARNs en la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) es ampliamente estudiada durante los últimos años, evidenciándose perfiles específicos asociados a la Enfermedad de Crohn (EC) y a la Colitis Ulcerosa (CU). Estos patrones de expresión no solo reflejan la fisiopatología propia de cada entidad, sino que permiten distinguirlas con un mayor grado de precisión diagnóstica que varios biomarcadores convencionales (9) (10) (20).

El análisis comparativo de microARNs en heces, suero, plasma y tejido colónico permitió identificar microARNs sobreexpresados o disminuidos en cada patología, correlacionándose con mecanismos inmunológicos, integridad epitelial, procesos apoptóticos y actividad inflamatoria.

3.4.7. *MicroARNs asociados a Colitis Ulcerosa (CU)*

Los estudios señalan un conjunto de microARNs consistentemente sobreexpresados en CU, entre ellos destacan miR-16-5p, miR-21-5p, miR-23a-5p, miR-24-3p, miR-29a-3p, miR-126-3p, miR-195-5p, let-7f-5p (9) (10) (20).

En contraste se identificó microARNs disminuidos en esta patología, como miR-192-5p, miR-375-3p, miR-422b-5p (9) (10) (20).

Estos perfiles se relacionan con fenómenos clave como la disfunción de la barrera epitelial, la activación de vías Th2/Th9, la apoptosis epitelial y la liberación de citocinas proinflamatorias (13) (14) (15).

3.4.8. *MicroARNs asociados a Enfermedad de Crohn (EC)*

En EC, los microARNs mayormente sobre expresados incluyen a miR-21-5p, miR-16-5p, miR-155-5p, miR-223-3p (10) (20) (28).

Mientras que los microARNs bajo expresados más frecuentes son miR-192-5p, miR-375-3p, miR-422b-5p (9) (10) (20).

Estos microARNs están vinculados a mecanismos característicos de la EC, como la activación de las vías Th1/Th17, la disfunción de macrófagos, la respuesta exagerada frente a bacterias AIEC y la inflamación transmural (17) (18) (20) (21).

La **Tabla 1** resume de manera integral los patrones de sobreexpresión y baja expresión de los microARNs descritos en EC y CU, basándose en los estudios citados.

Tabla 1. *Expresión diferencial de microARNs en la enfermedad inflamatoria intestinal*

Patología	Sobreexpresión	Baja expresión	Referencias
Colitis Ulcerosa (CU)	miR-16-5p, miR-21-5p, miR-23a-5p, miR-24-3p, miR-29a-3p, miR-126-3p, miR-195-5p y let-7f-5p	miR-192-5p, miR-375-3p y miR-422b-5p	(9) (10) (20)
Enfermedad de Crohn (EC)	miR-21-5p, miR-16-5p, miR-155-5p y miR-223-3p	miR-192-5p, miR-375-3p y miR-422b-5p	(9) (10) (20)

La síntesis presentada evidencia que:

- Algunos microARNs como miR-21-5p y miR-16-5p están sobre expresados en ambas patologías, lo que sugiere un papel general en la inflamación intestinal.

- Otros, como miR-155-5p y miR-223-3p, muestran una asociación más fuerte con la EC, particularmente con procesos de inflamación transmural y activación Th1/Th17 (10) (20) (28).
- MicroARNs como miR-195-5p y miR-29a-3p están más vinculados a CU, asociados a disfunciones epiteliales y vías Th2/Th9 (14) (15) (20).
- La disminución de miR-192-5p y miR-375-3p en ambas patologías indica potenciales funciones protectoras, cuya pérdida favorece inflamación y daño tisular (20) (21).

Estos patrones muestran un potencial diagnóstico diferenciado y respaldan el estudio de los microARNs como biomarcadores de la EII.

3.4.9. *MicroARNs proinflamatorios, antiinflamatorios y de acción mixta*

Los microARNs participan de manera directa en la fisiopatología de la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII), modulando rutas inflamatorias, mecanismos de apoptosis, integridad de la barrera epitelial y procesos de autofagia. Su expresión alterada en Colitis Ulcerosa (CU) y Enfermedad de Crohn (EC) explica tanto la actividad inflamatoria como las diferencias fisiopatológicas entre ambas patologías. A continuación, se presenta una síntesis compacta y organizada de los microARNs más relevantes agrupados por función biológica.

3.4.10. *MicroARNs proinflamatorios*

Los microARNs proinflamatorios ejercen un papel clave en la amplificación de la respuesta inmune innata y adaptativa:

miR-16. Regula negativamente el receptor de adenosina A2a (A2aAR), lo que activa la vía NF- κ B e incrementa la producción de IFN- γ e IL-8 (20) (27). Su sobreexpresión es característica tanto en CU como en EC, y se correlaciona con mayor severidad en la Enfermedad de Crohn (EC) (27).

miR-21-5p. Es uno de los microARNs más estudiados en la EII. Potencia la activación de TLR4, favorece la apoptosis de células epiteliales y aumenta la permeabilidad intestinal (20) (23) (26). Su elevación se observa en ambas patologías, con utilidad potencial para monitoreo clínico (29).

miR-23a-5p. Estimula TLR2 y activa la vía NF- κ B, promoviendo la transcripción de citocinas proinflamatorias (20) (30). Su expresión alterada se observó principalmente en CU.

miR-29a-3p. Aumenta la permeabilidad de la membrana intestinal y favorece la liberación de citocinas inflamatorias (20). Aunque su relación con CU está documentada, aún falta evidencia clínica sobre su valor diagnóstico.

miR-155-5p. Actúa como un microARN proinflamatorio y oncogénico. Se expresa predominantemente en linfocitos T y B, macrófagos y células dendríticas, regulando la vía JAK/STAT mediante la inhibición de SOCS1 (20) (21) (23). En CU su elevación paradójica durante la fase inactiva podría representar un mecanismo compensatorio (7).

miR-223-3p. Sobre expresado en heces, suero y tejido colónico, se correlaciona directamente con la actividad inflamatoria en EC y CU (20) (26). Suprime proteínas de unión estrecha como claudina-8, deteriorando la barrera epitelial (20) (26), y convirtiéndose en uno de los biomarcadores más sensibles para EII (5).

miR-30c-5p. Su disfunción afecta la proteína ATG5, reduciendo la autofagia e incrementando la proliferación de E. coli adherente-invasiva (AIEC), característica distintiva de EC (20) (21).

3.4.11. MicroARNs antiinflamatorios

Estos microARNs atenúan mecanismos inflamatorios y contribuyen al mantenimiento de la homeostasis intestinal:

miR-195-5p. Sobre expresado en CU, reduce la polarización de macrófagos M1 e inhibe TLR2, disminuyendo TNF- α , IL-6 e IL-1 β (20). Su expresión elevada se asocia con menor severidad.

miR-192-5p. Disminuido tanto en EC como en CU, cumple un rol protector al suprimir NOD2 y regular negativamente la quimiocina CXCL2 (20) (21). Su pérdida contribuye a inflamación persistente y fibrosis.

3.4.12. MicroARNs de acción mixta (dual)

Algunos microARNs pueden actuar como marcadores proinflamatorios o antiinflamatorios dependiendo del contexto, momento evolutivo o tipo celular:

miR-126-3p. En CU favorece la activación de NF- κ B a través de la disminución de I κ B- α , pero también promueve la expansión de células T reguladoras y reduce la adhesión leucocitaria mediante la inhibición de VCAM-1 e IL-1 β (20) (21). Su expresión se correlaciona con la severidad endoscópica (7).

miR-24-3p. Regula apoptosis y supervivencia epitelial mediante PAK4 y Bcl-2, afectando la integridad de la mucosa (23) (30). Su elevación se vinculó con daño epitelial en CU, aunque la evidencia proviene principalmente de estudios preclínicos (25) (31).

3.4.13. Comparación con biomarcadores tradicionales

El diagnóstico y seguimiento de la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) se basó históricamente en biomarcadores séricos y fecales como la Proteína C Reactiva (PCR), la

Velocidad de Sedimentación Globular (VSG) y la calprotectina fecal, además de procedimientos invasivos como la colonoscopia. Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones significativas en sensibilidad, especificidad y capacidad para distinguir entre Enfermedad de Crohn (EC) y Colitis Ulcerosa (CU), lo que impulsó el interés en biomarcadores moleculares como los microARNs.

3.4.14. Limitaciones de los biomarcadores convencionales

- **PCR y VSG**

Son marcadores inflamatorios inespecíficos. La PCR aumenta en diversos procesos inflamatorios, pero no diferencia entre EII activa, remisión, ni distingue EC de CU. La VSG, además de ser inespecífica, posee alta variabilidad según edad, anemia y otras comorbilidades, lo cual limita su utilidad diagnóstica (32).

- **Calprotectina y lactoferrina fecal**

Aunque son marcadores más específicos de inflamación intestinal, su capacidad para diferenciar tipos de EII es limitada. Se elevan tanto en CU como en EC, y aunque correlacionan con actividad inflamatoria, requieren confirmación endoscópica y pueden verse afectadas por infecciones o uso de antiinflamatorios (6) (32).

Estas limitaciones hacen necesario el uso de colonoscopia para evaluar severidad y extensión, lo cual añade invasividad, costo y riesgo de complicaciones.

3.4.15. Ventajas comparativas de los microARNs

Los microARNs ofrecen propiedades diagnósticas más robustas debido a:

3.4.16. Alta especificidad según la patología

MicroARNs como miR-223, miR-16-5p y miR-21-5p presentan perfiles de expresión asociados específicamente a CU o EC, permitiendo distinguir entre ambas entidades con mayor precisión (9) (10) (20).

3.4.17. Superioridad frente a calprotectina fecal

Estudios como el de Elzoghby et al. (6) demostraron que miR-146b-5p supera a la calprotectina en sensibilidad y especificidad para diferenciar enfermedad activa y remisión, alcanzando valores cercanos al 100% en ambas métricas (7). De manera similar, miR-223 mostró una correlación superior con índices de actividad de la enfermedad en EC comparado con calprotectina fecal (26) (33).

3.4.18. Detección no invasiva

Los microARNs pueden detectarse en heces, suero, plasma o muestras de tejido, reduciendo la necesidad de procedimientos invasivos.

3.4.19. Reflejo directo de vías fisiopatológicas

A diferencia de la calprotectina, que refleja solo inflamación neutrofílica, los microARNs se relacionan con procesos moleculares profundos como apoptosis, autofagia, integridad epitelial y vías inmunológicas específicas (20) (21).

A continuación, se presenta una síntesis comparativa entre los biomarcadores tradicionales utilizados en la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII) y los microARNs evaluados en la literatura reciente. La **Tabla 2** permite visualizar de manera clara las diferencias en términos de invasividad, especificidad diagnóstica, estabilidad biológica y correlación con la actividad de la enfermedad, integrando los elementos discutidos en esta sección y facilitando su interpretación clínica.

Tabla 2. Comparación entre biomarcadores tradicionales y microARNs en enfermedad inflamatoria intestinal

Característica	Biomarcadores tradicionales	MicroARNs
Invasividad	Requieren colonoscopia para correlación	No invasivos (heces, suero)
Especificidad CU/EC	Limitada	Alta en paneles específicos
Correlación con actividad	Buena (calprotectina)	Excelente (miR-223, miR-146b-5p)
Variabilidad	Afectados por múltiples condiciones	Altamente estables
Valor fisiopatológico	Bajo (marcadores generales)	Alto (regulan vías inmunes clave)

Fuente: basada en los estudios de Elzoghby et al. (6), Zhang et al. (5), Yan et al. (29) y Masi et al. (33).

3.4.20. Ventajas clínicas de los microARNs como biomarcadores

El creciente interés en los microARNs como biomarcadores diagnósticos deriva de una serie de ventajas clínicas que superan a los biomarcadores tradicionales utilizados en la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII). Estas ventajas se fundamentan en su comportamiento molecular, su estabilidad en muestras biológicas y su estrecha relación con los mecanismos fisiopatológicos de la enfermedad.

3.4.21. Detección no invasiva

Los microARNs pueden aislarse de heces, suero, plasma y tejido, permitiendo alternativas diagnósticas menos invasivas que la colonoscopia o las biopsias, lo que facilita su uso en tamizaje, control de actividad y evaluación continua del paciente.

3.4.22. Alta estabilidad biológica

A diferencia de otros marcadores inflamatorios, los microARNs son altamente resistentes a la degradación por RNasas, fluctuaciones de temperatura y variabilidad del pH, gracias a su encapsulación en exosomas y vesículas extracelulares (24). Esto garantiza una medición más confiable y reproducible.

3.4.23. Especificidad diferencial entre EC y CU

Los patrones de sobreexpresión o disminución de microARNs, como miR-21-5p, miR-155-5p, miR-195-5p, miR-223-3p o miR-192-5p, permiten diferenciar con mayor exactitud la Enfermedad de Crohn (EC) de la Colitis Ulcerosa (CU) (9) (10) (20), un aspecto que los biomarcadores tradicionales no logran resolver adecuadamente.

3.4.24. Correlación directa con la actividad y severidad de la enfermedad

MicroARNs como miR-223-3p y miR-146b-5p muestran una correlación estrecha con la actividad inflamatoria, superando en algunos estudios a la calprotectina fecal en sensibilidad y especificidad (6) (26) (33). Esto los convierte en herramientas útiles para monitorizar exacerbaciones, remisión y respuesta terapéutica.

3.4.25. Integración fisiopatológica

Los microARNs participan directamente en la inflamación, apoptosis, autofagia y reparación tisular, por lo que su expresión refleja procesos biológicos clave de la EII. Esto les confiere valor clínico y mecanístico, permitiendo un abordaje más preciso que el ofrecido por marcadores inespecíficos como PCR o VSG.

3.4.26. Potencial para paneles diagnósticos combinados

La combinación de múltiples microARNs —como miR-223, miR-16-5p y miR-21-5p— ofrece una capacidad diagnóstica mayor que la medición aislada, y podría dar origen a paneles clínicos estandarizados con alto rendimiento diagnóstico (5) (9) (20).

3.5. Limitaciones actuales de la evidencia sobre Microarns en la EII

A pesar del creciente interés en los microARNs y de los resultados prometedores obtenidos en estudios recientes, la evidencia disponible presenta limitaciones importantes que deben considerarse antes de su implementación rutinaria en la práctica clínica. Estas limitaciones derivan tanto de la heterogeneidad metodológica como de aspectos técnicos y clínicos propios de la investigación en microARNs.

3.5.1. Heterogeneidad metodológica

Los estudios incluidos en la literatura muestran variaciones significativas en:

- tipos de muestra analizada (heces, plasma, suero, biopsias)
- técnicas de extracción (distintos kits y métodos de purificación)
- plataformas de cuantificación (RT-qPCR, microarrays, secuenciación)
- normalización de datos (uso variable de controles endógenos)

Esta heterogeneidad dificulta la comparación entre estudios y limita la reproducibilidad de los hallazgos, afectando la consistencia de los perfiles de microARNs reportados (20) (21).

3.5.2. Falta de estandarización clínica

No existen aún **puntos de corte universales**, paneles estandarizados o algoritmos diagnósticos validados para microARNs en EII. Cada estudio utiliza parámetros propios, por lo que su traducción a un entorno clínico requiere protocolos unificados y validación multicéntrica (20) (27).

3.5.3. Tamaños muestrales reducidos

Muchos estudios presentan muestras pequeñas, especialmente en subgrupos (CU vs. EC; enfermedad activa vs. remisión), lo que limita la generalización de los resultados y dificulta la construcción de modelos estadísticos sólidos (9) (10) (27).

3.5.4. Variabilidad en los criterios diagnósticos y en la clasificación de severidad

La definición de actividad clínica, endoscópica o histológica varía entre estudios, lo que afecta la correlación entre niveles de microARNs y estado de la enfermedad (7) (26).

3.5.5. Uso predominante de estudios transversales

La mayoría de investigaciones tienen diseños transversales que permiten describir asociaciones, pero no determinar causalidad ni evaluar cambios longitudinales en el tiempo. Son necesarios estudios prospectivos para determinar:

- Dinámica de los microarns durante exacerbaciones
- Predicción de brotes
- Respuesta terapéutica
- Escenarios preclínicos de recaída

3.5.6. Limitaciones en estudios preclínicos

Algunos microARNs relevantes, como miR-24-3p o miR-29a-3p, cuentan con evidencia predominante en modelos animales o celulares (20) (25) (31), lo que impide su extrapolación clínica hasta que existan estudios en humanos.

4. Discusión

Los hallazgos sintetizados en esta revisión narrativa evidencian que los microARNs representan biomarcadores emergentes con un alto potencial diagnóstico en la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII). Tanto en Colitis Ulcerosa (CU) como en Enfermedad de Crohn (EC), la expresión diferencial de microARNs refleja procesos

fisiopatológicos clave, lo que les confiere una ventaja significativa respecto a biomarcadores tradicionales como PCR, VSG o calprotectina fecal.

En primer lugar, los microARNs analizados —entre ellos miR-21-5p, miR-155-5p, miR-223-3p, miR-195-5p, miR-192-5p y miR-375-3p— muestran patrones de sobreexpresión o disminución asociados a vías inflamatorias, apoptosis, integridad epitelial y autofagia (20) (21) (23) (27). Esta relación mecanística explica por qué su expresión se correlaciona no solo con la presencia de la enfermedad, sino también con su severidad y actividad clínica, hallazgo consistente en estudios recientes (5) (9) (26). La identificación de estos perfiles permite no solo diferenciar entre EC y CU, sino también distinguir estados de actividad y remisión, algo que no se logra con precisión mediante PCR o VSG (32).

Otro aspecto relevante es la superioridad diagnóstica que algunos microARNs demostraron frente a biomarcadores tradicionales. Investigaciones como las de Zhang et al. (5) y Elzoghby et al. (6) evidencian que miR-146b-5p y miR-223 pueden alcanzar valores de sensibilidad y especificidad cercanos al 100% para distinguir enfermedad activa de controles sanos, superando significativamente a la calprotectina fecal (5) (6) (26) (33). Esto refuerza su utilidad potencial en contextos donde los métodos invasivos no son accesibles o donde la repetición frecuente de colonoscopias es impráctica.

Asimismo, la capacidad de los microARNs para ser cuantificados en muestras no invasivas como heces o suero los convierte en candidatos altamente viables para programas de tamizaje, seguimiento longitudinal y evaluación de respuesta terapéutica. Su notable estabilidad biológica —atributo que no comparten todos los biomarcadores fecales— refuerza aún más su aplicabilidad clínica (24).

Sin embargo, los resultados deben interpretarse con precaución. Como se señaló en la sección de limitaciones, la heterogeneidad metodológica entre estudios afecta la comparabilidad de los hallazgos, especialmente debido a diferencias en las técnicas de extracción, detección y normalización de microARNs (20) (21). Asimismo, la ausencia de paneles estandarizados o algoritmos diagnósticos dificulta su implementación clínica inmediata. La mayoría de estudios presentan tamaños muestrales modestos y diseños transversales, lo que limita la determinación de causalidad y la evaluación longitudinal de los cambios en la expresión de microARNs.

Pese a estas limitaciones, los resultados de la literatura convergen en que los microARNs podrían incorporarse en el futuro como componentes esenciales de paneles diagnósticos combinados, integrando expresión molecular, biomarcadores fecales, parámetros clínicos y hallazgos endoscópicos. Esta integración permitiría avanzar hacia un enfoque de medicina personalizada en la EII, optimizando decisiones diagnósticas y terapéuticas.

En conjunto, esta revisión respalda la noción de que los microARNs representan una herramienta prometedora para superar las limitaciones de los biomarcadores convencionales y mejorar la precisión diagnóstica en EC y CU. Futuros estudios deberán abordar la estandarización metodológica y validar de manera multicéntrica los microARNs más relevantes, para consolidar su uso clínico en el abordaje integral de la EII.

5. Conclusiones

- La evidencia analizada en esta revisión narrativa demuestra que los microARNs representan biomarcadores altamente prometedores para el diagnóstico y monitoreo de la Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII). Sus patrones de expresión diferencial en Colitis Ulcerosa (CU) y Enfermedad de Crohn (EC) reflejan procesos fisiopatológicos específicos, lo que les confiere una capacidad diagnóstica superior a la de varios biomarcadores tradicionales. MicroARNs como **miR-21-5p**, **miR-155-5p**, **miR-223-3p**, **miR-195-5p** y **miR-192-5p** se destacan tanto por su relevancia molecular como por su utilidad clínica potencial, permitiendo distinguir entre CU y EC, así como entre estados de actividad y remisión.
- A diferencia de marcadores séricos o fecales como la PCR, VSG o calprotectina, los microARNs ofrecen ventajas como su alta estabilidad biológica, la posibilidad de ser detectados en muestras no invasivas y su correlación directa con vías inflamatorias, procesos apoptóticos, mecanismos de autofagia y alteraciones de la barrera epitelial. Estas características los posicionan como candidatos ideales para complementar o incluso mejorar los métodos diagnósticos convencionales.
- Sin embargo, pese a su potencial clínico, la implementación de los microARNs en la práctica médica enfrenta desafíos importantes relacionados con la heterogeneidad metodológica, la falta de estandarización en técnicas de procesamiento y cuantificación, así como la escasez de estudios multicéntricos con tamaños muestrales robustos. La consolidación de su uso clínico requerirá esfuerzos dirigidos a la validación sistemática de paneles diagnósticos, la armonización de protocolos y el diseño de estudios longitudinales que permitan evaluar su utilidad en el seguimiento de la enfermedad y la predicción de recaídas.
- En síntesis los microARNs constituyen una herramienta diagnóstica emergente con un potencial significativo para transformar el abordaje clínico de la EII. Su integración futura en paneles diagnósticos multimodales podría mejorar sustancialmente la precisión diagnóstica, optimizar la toma de decisiones terapéuticas y contribuir al desarrollo de estrategias de medicina personalizada para pacientes con Colitis Ulcerosa (CU) y Enfermedad de Crohn (EC).

6. Conflicto de intereses

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

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

1. Ghorab RA, Fouad SH, Sherief AF, El-Sehsah EM, Shamloul S, Taha SI. MiR-146a (rs2910164) Gene polymorphism and its impact on circulating MiR-146a levels in patients with inflammatory bowel diseases. *Inflammation* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 13];48(3):1193. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12234608/>
2. Caron B, Honap S, Peyrin-Biroulet L. Epidemiology of inflammatory bowel disease across the ages in the era of advanced therapies. *Journal of Crohns and Colitis* [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 5];18(Supplement_2): ii3-15. Available from: <https://dx.doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjae082>
3. Richard N, Savoye G, Leboutte M, Amamou A, Ghosh S, Marion-Letellier R. Crohn's disease: Why the ileum? *World Journal of Gastroenterology* [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 5];29(21):3222-3240. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10292140/>
4. Elamir A, Shaker O, Kamal M, Khalefa A, Abdelwahed M, Reheem FA El, et al. Expression profile of serum LncRNA THRIL and MiR-125b in inflammatory bowel disease. *PLoS One* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 13];17(10): e0275267. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9543963/>
5. Zhang J, Guo Z, Wang Z, Zhu W, Li Q. Fecal miR-223 is a noninvasive biomarker for estimating Crohn's disease activity. *Immunity Inflammation and Disease* [Internet]. 2023 [cited 2025 Sep 13];11(12): e1131. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10753866/>
6. Elzoghby DMA, Mahmoud NH, Allam AS, Abdallah AM, Abdelghani AM. Serum miRNA 146b-5p a pharmacodynamic biomarker in adult inflammatory bowel disease. *The Egyptian Journal of Immunology* [Internet]. 2025 [cited 2025 Sep 13];32(3):40-47. Available from: <https://doi.org/10.55133/eji.320305>

7. Malham M, James JP, Jakobsen C, Hoegdall E, Holmstroem K, Wewer V, et al. Mucosal microRNAs relate to age and severity of disease in ulcerative colitis. *Aging* (Albany NY) [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep 13];13(5):6359. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7993741/>
8. Voshagh Q, Anoshiravani A, Karimpour A, Goodarzi G, Tehrani SS, Tabatabaei-Malazy O, et al. Investigating the association between the tissue expression of miRNA-101, JAK2/STAT3 with TNF- α , IL-6, IL-1 β , and IL-10 cytokines in the ulcerative colitis patients. *Immunity, inflammation and Disease* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 13];12(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38517042/>
9. Zhou R, Qiu P, Wang H, Yang H, Yang X, Ye M, et al. Identification of microRNA-16-5p and microRNA-21-5p in feces as potential noninvasive biomarkers for inflammatory bowel disease. *Aging* (Albany NY) [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep 13];13(3):4634. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7906140/>
10. Deissova T, Al Tukmachi D, Radova L, Bohosova J, Machackova T, Kren L, et al. Tissue MicroRNA expression signatures as diagnostic biomarkers and predictors of residual disease activity and relapses in treatment-naïve pediatric inflammatory bowel disease. *Inflammatory Bowel Diseases* [Internet]. 2025 [cited 2025 Sep 13];31(11):3033-3043. Available from: <https://dx.doi.org/10.1093/ibd/izaf120>
11. Luo S, Chen XH. Tissue and serum miR-149-3p/5p in hospitalized patients with inflammatory bowel disease: correlation with disease severity and inflammatory markers. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences* [Internet]. 2023 [cited 2025 Sep 13];40(2):13-138. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11895588/>
12. McDowell C, Farooq U, Haseeb M. Inflammatory bowel disease. *StatPearls* [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 12]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470312/>
13. Rogler G, Singh A, Kavanaugh A, Rubin DT. Extraintestinal manifestations of inflammatory bowel disease: current concepts, treatment, and implications for disease management. *Gastroenterology* [Internet]. 2021 [cited 2025 Oct 19];161(4):1118-1132. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8564770/>
14. Whitney D Lynch, Ronald Hsu. Ulcerative colitis. *StatPearls* [Internet] 2023 [cited 2025 Oct 12]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459282/>

15. Porter RJ, Kalla R, Ho GT. Ulcerative colitis: recent advances in the understanding of disease pathogenesis. F1000Research [Internet]. 2020 [cited 2025 Oct 19]; 9: F1000 Faculty Rev-294. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7194476/>
16. Beltrán B, Sáez-González E, Mateos B, Moret I. Enfermedad inflamatoria del tracto intestinal. Colitis ulcerosa. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado [Internet]. 2020 [citado 2025 Nov 16];13(11):591–602. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304541220301426>
17. Indika R Ranasinghe, Chenlu Tian, Ronald Hsu. Crohn disease. StatPearls [Internet] 2024 [cited 2025 Oct 12]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK436021/>
18. Wohnhaas CT, Schmid R, Rolser M, Kaaru E, Langgartner D, Rieber K, et al. Fecal MicroRNAs show promise as noninvasive crohn’s disease biomarkers. Crohn’s & colitis 360 [Internet]. 2020 [cited 2025 Sep 13];2(1): otaa003. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7291945/>
19. Petagna L, Antonelli A, Ganini C, Bellato V, Campanelli M, Divizia A, et al. Pathophysiology of Crohn’s disease inflammation and recurrence. Biology Direct [Internet]. 2020 [cited 2025 Oct 19];15(1):23. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7648997/>
20. Ramadan YN, Kamel AM, Medhat MA, Hetta HF. MicroRNA signatures in the pathogenesis and therapy of inflammatory bowel disease. Clinical and Experimental Medicine [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 13];24(1):217. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11390904/>
21. Yarani R, Shojaeian A, Palasca O, Doncheva NT, Jensen LJ, Gorodkin J, et al. Differentially expressed miRNAs in ulcerative colitis and Crohn’s disease. Frontiers in Immunology [Internet]. 2022 [cited 2025 Jul 5]; 13:865777. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9208551/>
22. Hu W, Fang T, Chen X. Identification of differentially expressed genes and miRNAs for ulcerative colitis using bioinformatics analysis. Frontiers in Genetics [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 13]; 13:914384. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9201719/>
23. Onisor D, Brusnic O, Banescu C, Carstea C, Sasaran M, Stoian M, et al. miR-155 and miR-21 as Diagnostic and therapeutic biomarkers for ulcerative colitis: there is still a long way to go. Biomedicines [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 13]; 12(6):1315. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11201222/>

24. Saccon TD, Dhabhi JM, Schneider A, Nunez Lopez YO, Qasem A, Cavalcante MB, et al. Plasma miRNA Profile of Crohn's disease and rheumatoid arthritis patients. *Biology* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 13];11(4):508. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9033111/>
25. Soroosh A, Fang K, Hoffman JM, Law IKM, Videlock E, Lokhandwala ZA, et al. Loss of miR-24-3p promotes epithelial cell apoptosis and impairs the recovery from intestinal inflammation. *Cell Death & Disease* [Internet]. 2021 [cited 2025 Oct 19]; 13(1):8. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8684555/>
26. de Oliveira ECS, Quaglio AEV, Grillo TG, Di Stasi LC, Sasaki LY. MicroRNAs in inflammatory bowel disease: What do we know and what can we expect? *World Journal of Gastroenterology* [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 18];30(16):2184-2190. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11056918/>
27. Atanassova A, Georgieva U. Circulating miRNA-16 in inflammatory bowel disease and some clinical correlations – a cohort study in Bulgarian patients. *European Review for Medical Pharmacological Sciences* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 13]; 26 (17): 6310-6315. Available from: <https://www.europeanreview.org/article/29655>
28. Alfaiji J, Germain A, Heba AC, Arnone D, Gailly L, Ndiaye NC, et al. Deep Dive into MicroRNAs in inflammatory bowel disease. *Inflammatory Bowel Diseases* [Internet]. 2023 [cited 2025 Nov 24]; 29(6):986–99. Available from: <https://academic.oup.com/ibdjournal/article/29/6/986/6955639>
29. Yan H, Zhang X, Xu Y. Aberrant expression of miR-21 in patients with inflammatory bowel disease: a protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine* [Internet]. 2020 [cited 2025 Oct 25];99(17): e19693. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7220677/>
30. Li F, Yao JH, Li L, Nie Q, Cao JJ, Ning XR. MiRNA-23a-5p is the biomarkers for gouty arthritis and promotes inflammation in rats of gouty arthritis via MyD88/NF-κB pathway by induction TLR2. *Archives of Rheumatology* [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 18];37(4):536-546. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36879567/>
31. Soroosh A, Rankin CR, Polytarchou C, Lokhandwala ZA, Patel A, Chang L, et al. miR-24 Is elevated in ulcerative colitis patients and regulates intestinal epithelial barrier function. *The American Journal of Pathology* [Internet]. 2019 [cited 2025 Nov 9]; 189(9):1763–74. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002944019300896>

32. Mestrovic A, Perkovic N, Bozic D, Kumric M, Vilovic M, Bozic J. Precision medicine in inflammatory bowel disease: a spotlight on emerging molecular biomarkers. *Biomedicines* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 13];12(7):1520. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39062093/>
33. Masi L, Capobianco I, Magrì C, Marafini I, Petito V, Scaldaferri F. MicroRNAs as innovative biomarkers for inflammatory bowel disease and prediction of colorectal cancer. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 19]; 23(14):7991. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9318064/>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras

Traditional and alternative energy supplements in Dairy cows

- ¹ Francis Mateo Camino-Grijalva  <https://orcid.org/0009-0001-5606-1633>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera Medicina Veterinaria
fcamino4802@uta.edu.ec
- ² Jorge Ricardo Guerrero López  <https://orcid.org/0000-0002-4943-9917>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
jr.guerrero@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/10/2025

Revisado: 10/11/2025

Aceptado: 03/12/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3576>

Cítese: Camino Grijalva, F. M., & Guerrero López, J. R. (2026). Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras. *Anatomía Digital*, 9(1), 60-81. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3576>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

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



Palabras claves:

vacas lecheras, suplementación energética, producción de leche, balance energético, metabolitos.

Resumen

Introducción: La suplementación energética en vacas lecheras es una estrategia esencial para mitigar el balance energético negativo durante la transición y potenciar la productividad en distintos sistemas de producción. **Objetivos:** la presente revisión tiene como propósito sintetizar la evidencia científica sobre la suplementación energética en vacas lecheras, evaluando su impacto en parámetros productivos y metabólicos DMI, leche corregida por energía (ECM), NEFA, BHBA y glucosa. **Metodología:** La presente revisión siguió un enfoque descriptivo y sistemático, tomando como base los lineamientos PRISMA adaptados a investigaciones en producción animal. **Resultados:** Esta revisión integró evidencia científica reciente sobre diversos suplementos como grasas protegidas, cereales procesados, fitonutrientes, subproductos agroindustriales y aditivos metabólicos. Los suplementos tradicionales, especialmente las grasas protegidas (palmitato, sales cálcicas de ácidos grasos) y los cereales procesados (maíz grano húmedo, trigo partido), mejoran la producción de leche. En contraste los fitonutrientes, como la capsaicina y los aceites esenciales, presentan resultados más variables, aunque con tendencias favorables en la ingesta de materia seca, la eficiencia alimentaria y algunos indicadores metabólicos. Los subproductos agroindustriales, como la corteza de cacao y los residuos de naranja, constituyen alternativas económicas y sostenibles, capaces de mantener la producción si se emplean en niveles adecuados de inclusión. Por otro lado, los aditivos metabólicos y micronutrientes como el propilenglicol, el propionato, la colina y metionina protegida demostraron mejorar el balance energético, reducir los ácidos grasos y β -hidroxibutirato disminuyendo el riesgo de trastornos metabólicos en el posparto. **Conclusiones:** resultados de esta revisión muestran que los suplementos energéticos tradicionales como las grasas protegidas y los cereales procesados son los más consistentes en mejorar la producción de leche y la leche corregida por energía. **Área de estudio general:** medicina. **Área de estudio específica:** veterinaria. **Tipo de artículo:** revisión bibliográfica sistemática.

Keywords:

dairy cows, energy supplementation, milk yield, energy balance, metabolite.

Abstract

Introduction: Energy supplementation in dairy cows is an essential strategy to mitigate the negative energy balance during the transition and boost productivity in different production systems. **Objectives:** The purpose of this review is to synthesize the scientific evidence on energy supplementation in dairy cows, evaluating its impact on productive and metabolic parameters DMI, energy-corrected milk (ECM), NEFA, BHBA and glucose. **Methodology:** This review followed a descriptive and systematic approach, based on the PRISMA guidelines adapted to animal production research. **Results:** This review integrated recent scientific evidence on various supplements such as protected fats, processed cereals, phytonutrients, agro-industrial by-products, and metabolic additives. Traditional supplements, especially protected fats (palmitate, calcium salts of fatty acids) and processed cereals (wet grain corn, cracked wheat), improve milk production. In contrast, phytonutrients, such as capsaicin and essential oils, show more variable results, although with favorable trends in dry matter intake, feed efficiency, and some metabolic indicators. Agro-industrial by-products, such as cocoa bark and orange waste, are economical and sustainable alternatives, capable of maintaining production if used at appropriate levels of inclusion. On the other hand, metabolic additives and micronutrients such as propylene glycol, propionate, choline and protected methionine have been shown to improve energy balance, reduce fatty acids and β -hydroxybutyrate, decreasing the risk of metabolic disorders in the postpartum period. **Conclusions:** results of this review show that traditional energy supplements such as protected fats and processed cereals are the most consistent in improving milk production and energy-corrected milk. **General area of study:** medicine. **Specific area of study:** veterinary. **Type of article:** systematic bibliographic review.

1. Introducción

La producción lechera constituye un pilar estratégico para la garantía de alimentos y el impulso económico en América Latina, en particular en la zona Andina, donde predomina un modelo de pequeños productores familiares intensivos en mano de obra [1]. En Ecuador la industria láctea genera aproximadamente 1.400 millones de dólares al año y alcanza una producción diaria de aproximadamente 5,7 millones de litros, concentrada en la Sierra con un 79,6% del total nacional [2].

Provincias como Tungurahua destacan como núcleos productivos, donde las explotaciones familiares sostienen gran parte de la economía local [3]. Este panorama ilustra la relevancia socio económica de la actividad lechera, así como la necesidad de optimizar su productividad bajo condiciones locales caracterizadas por limitaciones en la calidad y disponibilidad de forraje. En el transcurso de la fase de adaptación, que abarca las semanas previas y posteriores al parto, las vacas lecheras enfrentan un severo desafío metabólico asociado al Balance Energético Negativo (BEN) [4]. La reducción de la Ingesta de Materia Seca (DMI) hasta en un 30% antes del parto y el aumento repentino de los requerimientos energéticos por la producción de leche generan un desequilibrio que predispone a cetosis, hígado graso y otras patologías reproductivas e infecciosas [5].

La movilización excesiva de reservas lipídicas eleva los niveles en Plasma de Ácidos Grasos Libres (NEFA) y β -hidroxibutirato (BHBA), con consecuencias negativas sobre la salud, la eficiencia reproductiva y la productividad [6]. Así, el BEN en el posparto temprano representa una de las principales limitantes del rendimiento y la rentabilidad de las explotaciones lecheras modernas [7].

Para mitigar estos problemas, la suplementación energética se consolidó como estrategia clave, tradicionalmente se emplean granos y concentrados ricos en almidón maíz, sorgo, afrechillo que aportan energía digestible, aunque en exceso pueden inducir acidosis ruminal [8]. De allí surge el uso de grasas protegidas (bypass), que incrementan la densidad energética sin comprometer la fermentación ruminal, triplicando en algunos casos la energía neta de lactancia por kilogramo frente a los cereales [9].

Paralelamente, en América Latina se exploraron alternativas locales como subproductos agroindustriales (bagazo de naranja, cáscara de cacao, harina de baru), que representan insumos de bajo costo y pueden sustituir parte de los concentrados convencionales sin afectar la producción de leche [10] [11] [12]. Más allá de las fuentes tradicionales, la literatura reciente destacó el potencial de compuestos bioactivos como extractos de plantas, levaduras y algas. En particular, la capsaicina mostró efectos positivos sobre la ingesta, la producción de leche y el metabolismo energético en rumiantes, aunque con resultados heterogéneos y dependientes de la dosis [13]. De forma similar, el extracto de té verde y otros fitonutrientes fueron evaluados como aditivos con propiedades

antioxidantes, antiinflamatorias y moduladoras de la fermentación ruminal, con beneficios potenciales en la eficiencia alimentaria [14] [15].

En este contexto, la presente revisión tiene como propósito sintetizar la evidencia científica sobre la suplementación energética en vacas lecheras, evaluando su impacto en parámetros productivos y metabólicos DMI, Leche Corregida por Energía (ECM), NEFA, BHBA y glucosa. Buscando integrar resultados de estudios experimentales y revisiones recientes, incluyendo tanto fuentes convencionales como grasas protegidas y cereales al igual que las alternativas como subproductos agroindustriales, compuestos bioactivos.

2. Metodología

La presente revisión siguió un enfoque descriptivo y sistemático, tomando como base los lineamientos PRISMA adaptados a investigaciones en producción animal como lo muestra la **Figura 1**. La recopilación de información se efectuó en repositorios de datos científicos como Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO y Google Académico, complementada con literatura gris (tesis y repositorios institucionales). El período de búsqueda abarcó publicaciones desde el año 2020 hasta 2025, considerando documentos en inglés, español y portugués.

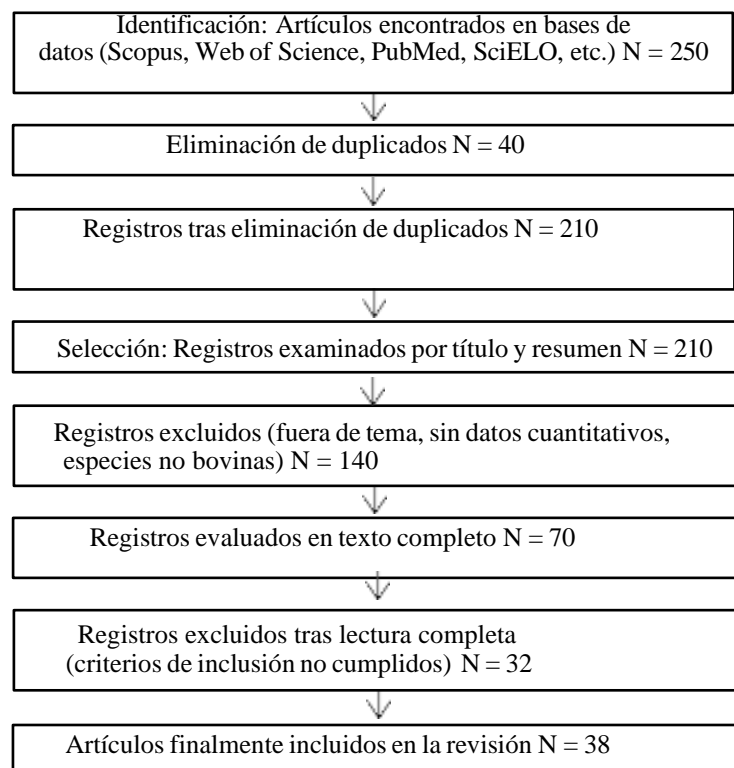


Figura 1. Flujo del proceso de selección de artículos

La **Figura 1** a través de la metodología PRISMA el diagrama de flujo muestra el proceso

de selección de artículos para la revisión sistemática, siguiendo las fases de identificación, selección, evaluación y exclusión, hasta la inclusión final de los estudios analizados. Se utilizaron combinaciones de palabras clave y operadores booleanos, entre ellas: “*dairy cow*” OR “*vacas lecheras*” AND “*energy supplementation*” OR “suplementación energética” AND “*milk production*” OR “producción de leche”. También se incluyeron términos específicos como “*protected fat*”, “*propionate*”, “*propilenglicol*”, “*aceites*”, “*subproductos energéticos*”.

2.1. Criterios de inclusión

- Estudios in vivo realizados en vacas lecheras, en condiciones experimentales o de campo.
- Artículos originales, tesis o reportes con datos cuantitativos sobre producción y balance energético.
- Intervenciones enfocadas en suplementos energéticos (grasas protegidas, aceites, propionato, glucogénicos, subproductos energéticos, etc.).
- Publicaciones disponibles a texto completo.

2.2. Criterios de exclusión

- Estudios in vitro o revisiones sin datos experimentales.
- Trabajos en otras especies que no incluyeran bovinos lecheros.
- Documentos duplicados o sin acceso al texto completo.

En tres etapas se efectuó la selección de documentos relevantes: revisión de títulos, análisis de resúmenes y lectura completa de los textos. Los datos extraídos incluyeron: autor(es), año, tipo de suplemento y resultados productivos/metabólicos (producción de leche, ECM, DMI, composición láctea, balance energético).

3. Resultados

La suplementación energética en ganado lechero se estudió de forma extensa por su capacidad para optimizar la producción de leche, incrementar la eficacia en el aprovechamiento de nutrientes y mitigar los efectos del balance energético negativo, especialmente durante el período de cambio. Los estudios analizados en esta revisión aportan evidencia sólida sobre los efectos de los diferentes suplementos tradicionales como lipídicos y cereales procesados, así como también los aditivos alternativos, como fitonutrientes y subproductos agroindustriales. La **Tabla 1** presenta de manera detallada los principales hallazgos productivos y metabólicos reportados en cada investigación, mostrando un resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras, con detalle del suplemento evaluado, su efecto en la producción de leche, la composición

láctea y el balance energético/metabolitos.

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras

Campos (2012) [8]	Maíz húmedo vs trigo partido	+2,3 kg/día con maíz	↑ grasa con trigo; más leche con maíz	Mejor balance energético con maíz
Hidalgo (2020) [9]	Grasa sobrepasante (by-pass fat)	Producción ↑ en +2 kg/día vs. control	↑ % grasa láctea (3,7% vs. 3,4% control)	Mejor balance energético y condición corporal
Souza et al. (2025) [12]	Harina de baru vs maíz	18–20 kg/día	Ligera ↓ grasa	↑ proteína y energía digestible
Orzuna-Orzuna et al. (2024) [13]	Capsaicina (meta-análisis)	+1,18 kg/día	↑ % grasa y MFY	↑ eficiencia alimentaria; sin cambios NEFA/BHBA
Leal et al. (2024) [14]	Fitonutrientes (rev.)	+1–2 kg/día (45–50% de estudios)	↑ grasa/proteína en algunos casos	↓ metano; ↑ digestibilidad
Gessner et al. (2020) [15]	Extracto de té verde en vacas periparto	Incremento de +1,1 kg/día de leche en tratadas	No se detectaron cambios en grasa o proteína	Reducción de estrés oxidativo hepático y menor acumulación de NEFA
Al-Suwaiegh et al. (2020) [16]	Mezcla de aceites esenciales	Tendencia a incremento de +1,0 kg/día durante tratamiento; efecto se mantuvo post- tratamiento	Ligeros aumentos en % grasa y proteína, sin significancia estadística	Posible mejora en eficiencia alimentaria
Barbizan et al. (2020) [17]	Plan proteico-energético en pasturas tropicales	Producción ≈15–18 kg/día con suplementación vs. 12 kg/día en control	↑ grasa láctea y proteína; mejor persistencia lactacional	Mejor balance energético; menor pérdida de peso vivo
Rodrigues et al. (2020) [18]	Suplementación lipídica en vacas a pasto	Incremento productivo moderado: +1,2 kg/día frente al grupo de control	Tendencia a mayor % grasa en leche; proteína estable	Se discute riesgo de balance energético negativo si aporte lipídico es excesivo
Chahinian (2020) [19]	Suplementación estratégica en periparto	Producción media estable en torno a 22– 24 kg/día	Composición no modificada significativamente	Mejora del balance energético postparto; reducción de cetosis subclínica

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras (continuación)

Oyebade et al. (2020) [20]	Grasas saturadas (triglicéridos vs. sales cálcicas)	Producción reducida en TG: -2,0 kg/día frente a sales	Peor digestibilidad de grasa; reducción de % grasa láctea	Balance energético comprometido
Meyer et al. (2020) [21]	L-Carnitina (20 g/día)	+1,5 kg/día; ECM ↑	Tendencia a ↑ proteína; grasa estable	↑ oxidación de ácidos grasos; ↓ BHBA; mejor recuperación posparto
Torres (2020) [22]	Ensilaje de maíz, sorgo y caña	Maíz: 34–36 kg/día; sorgo/caña: 28–30 kg/día	Mejor perfil grasa/proteína en maíz	Menor eficiencia energética con sorgo y caña
Western et al. (2020) [23]	—	No reportado	—	—
Zahoor et al. (2020) [24]	Ácidos grasos C16:0 y C18:0	+3–5% digestibilidad MS/NDF; ECM ↑	Sin efecto consistente	Mayor respuesta lipídica; cambios en AG e insulina
Zhang et al. (2020) [25]	Propilenglicol (PG)	+1,0 kg ECM	Sin cambios	↑ glucosa; mejor balance energético
Zhang et al. (2020) [26]	Palm fat + ácido fólico protegido	+1,7 kg/día	↑ grasa y proteína	Mejora balance energético temprano posparto
Zhang et al. (2020) [26]	Ácido fólico ± B12 (periparto)	18–22 kg/día	Grasa 3,5%; proteína 3,1%	↓ NEFA y BHBA; mejor balance energético
De Assis et al. (2021) [27]	Cromo	+1,2 kg/día	↑ proteína; grasa estable	↓ NEFA; mejora metabolismo glucosa
Kuoppala et al. (2021) [28]	Habas, altramuza, colza (silaje)	24–26 kg/día	↑ proteína (colza); grasa sin cambios	Mejor uso de N; sin impacto energético
Narváez et al. (2021) [29]	Saccharomyces cerevisiae	14,86 vs 14,27 kg/día	↑ proteína y grasa	Parámetros sanguíneos normales
Rapetti et al. (2021) [30]	Linaza y cáñamo	23–25 kg/día	Composición estable; ↑ omega-3	↓ metano; mejor balance N
Souza et al. (2021) [31]	Palmitato/oleato en dieta	Producción estable	Palmitato ↑ grasa; oleato ↑ digestibilidad	Mejor balance energético con mezcla

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras (continuación)

Sycheva et al. (2021) [32]	Suplementos energéticos	19,4 vs 18,0 kg/día	Sin cambios relevantes	↑ eficiencia alimentaria
Gerarduzzi (2022) [33]	Concentrado en vacas lecheras	18–25 kg/día	Grasa y proteína estables	Riesgo de acidosis si exceso
Hassen et al. (2022) [34]	Suplementación general	+1,5 kg/día	+0,1% proteína	Mejor eficiencia productiva
Neville et al. (2022) [35]	Algas marinas calcáreas	+1,2 kg/día	Grasa/proteínas estables	↑ Ca y Mg; mejor balance mineral
Moreno (2022) [36]	Aceite de lino protegido	23,5 kg/día	Grasa 3,8%; proteína 3,1%	Mantiene condición corporal
Moretini (2022) [37]	Bicarbonato de sodio (rev.)	+1–2 kg/día	Grasa 3,7–3,9%	Mejora pH ruminal; ↓ acidosis
Sharifi et al. (2022) [38]	Nitrato en dieta	22–23 kg/día	↑ AG insaturados	↓ metano; NEFA y BHBA estables
Ribeiro et al. (2023) [39]	Aceites esenciales	18–20 kg/día (+1 kg)	↑ grasa; proteína / lactosas estables	↑ digestibilidad
Huang et al. (2023) [40]	Metionina y colina protegidas	+1,5 kg MY; +2,0 ECM	↑ proteína (3,2% vs 3,0%)	↓ NEFA/BHBA; mejor balance
Dalgallo (2024) [41]	Suplementos en pastoreo	20–22 kg/día	Grasa /proteínas estables	Menor pérdida corporal
Faoro & Túlio (2024) [42]	Gordura protegida posparto	25–28 kg/día	Grasa 3,8%; proteína ↑ leve	Mejora condición corporal
Sosa & Navas (2025) [43]	Revisión (nutrición y reproducción)	20–32 kg/día	Efectos variables	↓ NEFA/BHBA en dietas balanceadas
Jiang et al. (2025) [44]	Propionato de sodio	+2 kg/día	↑ proteína y grasa	↓ NEFA/BHBA; ↑ glucosa
Zhang et al. (2025) [45]	α-amilasa (lact. tardía)	+1,8 kg/día	Grasa 3,7%; proteína 3,2%	↑ digestibilidad almidón y energía

Nota: NEFA: Non-Esterified Fatty Acids → Ácidos grasos no esterificados (marcador de movilización de grasa corporal), DMI: Dry Matter Intake → Ingesta de materia seca, TG: Triglycerides →

Triglicéridos, ECM: Energy-Corrected Milk → Leche corregida por energía, BHBA: Beta-Hydroxybutyrate → β -hidroxibutirato (cuerpo cetónico, indicador de cetosis), BUN: Blood Urea Nitrogen → Nitrógeno ureico en sangre, CC: Condición corporal (Body Condition Score, BCS en inglés), AG: Ácidos grasos (Fatty Acids), MFC: Milk Fat Content → Contenido de grasa en leche (%), MFY: Milk Fat Yield → Producción de grasa láctea (kg/día o g/día).

4. Discusión

Los estudios analizados confirman que la suplementación energética sigue siendo una herramienta clave para gestionar el desafío metabólico que enfrentan las vacas lecheras durante el período de transición y, al mismo tiempo, mantener la productividad en diferentes sistemas de producción. La literatura coincide en que un balance energético negativo sigue siendo uno de los principales determinantes del rendimiento productivo y reproductivo, especialmente en entornos donde la calidad del forraje es variable. En estas circunstancias, los suplementos tradicionales, en particular las grasas protegidas y los granos procesados, mostraron respuestas más consistentes, lo que se reflejó en una mayor producción de leche y un metabolismo energético más estable. Esto sugiere que, cuando la dieta basal presenta limitaciones energéticas, el uso de fuentes concentradas y altamente digestibles puede representar un ajuste nutricional eficaz.

Sin embargo la incorporación de alternativas como fitonutrientes, subproductos agroindustriales o aditivos metabólicos demuestra que las opciones no se limitan únicamente a los suplementos convencionales. Si bien los resultados de estos compuestos suelen variar según el tipo de dieta y el nivel de inclusión, varios estudios coinciden en que pueden mejorar la eficiencia alimentaria, modular las respuestas metabólicas y, en algunos casos, contribuir a la sostenibilidad del sistema mediante la reducción de costos o el aprovechamiento de recursos locales. Esta variabilidad no implica necesariamente ineficiencia, sino que refleja la necesidad de ajustar las dosis, la formulación y la compatibilidad con la dieta existente.

En general, la información disponible indica que no existe un único suplemento universalmente superior, sino que se requieren estrategias que se adapten a las realidades de la producción, la calidad del forraje, el estado fisiológico y los requisitos de rendimiento del hato. La elección del tipo de suplemento debe considerar no solo su impacto en la producción, sino también su efecto en la salud, el metabolismo y la sostenibilidad económica del sistema. Las diversas respuestas observadas en la investigación también demuestran la necesidad de una evaluación continua de cómo estos suplementos interactúan con las dietas locales y bajo diferentes condiciones de manejo.

A continuación se detallan los suplementos:

4.1. Grasas y ácidos grasos protegidos / lípidos

Western et al. [23] evaluaron suplementos lipídicos comerciales enriquecidos en

palmitato (C16:0) y estearato (C18:0), observando que el suplemento con predominio de C16:0 incrementó la producción de Leche Corregida por Energía (ECM) y la producción de grasa láctea frente a mezclas o control. Además, reportó que la media de los Ácidos Grasos (FAT) aumentó la Producción de Leche (MY) y tendió a elevar la ECM. En un ensayo comparativo, Oyebade et al. [20] analizaron la suplementación con grasa saturada en forma de Triglicéridos (TG) versus Sales Cálcidas de Ácidos Grasos (CSFA), concluyendo que las CSFA generaron mayor producción de leche (47,6 vs. 46,2 kg/d) y leche corregida al 4% de grasa (44,7 vs. 42,7 kg/d), demostrando que la forma química del suplemento modifica la digestibilidad y el rendimiento.

Por su parte Zhang et al. [26] suplementaron vacas en lactancia temprana con Palm Fat Powder (Nombre científico) (500 g/d) y ácido fólico recubierto. Encontraron que el consumo de materia seca (DMI) no cambió significativamente, pero sí aumentaron la producción de leche y el porcentaje de grasa con ambos suplementos. El balance energético mejoró con Palm Fat Powder, mientras que el ácido fólico mostró efectos más modestos. Moreno [36] reportó que la suplementación con aceite de lino (nombre científico) protegido incrementó la producción de leche, manteniendo niveles estables de proteína y lactosa, aunque con

tendencia a una ligera variación en el perfil de ácidos grasos de la leche.

En conjunto estos hallazgos confirman que las grasas protegidas y suplementos lipídicos enriquecidos en C16:0 tienden a aumentar la ECM y la grasa láctea, con efectos variables en proteína y lactosa. Además, la forma física/química del suplemento (sales cálcicas vs. triglicéridos) y el perfil de ácidos grasos determinan de manera crítica la respuesta en digestibilidad, balance energético y rendimiento productivo.

4.2. Cereales y concentrados (maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum*), ensilajes, suplementos energéticos)

Campos [8] demostró que la suplementación con Maíz Grano Húmedo (MGH) produjo 28,9 kg/día de leche, frente a 26,4 kg/día con trigo partido en vacas a pastoreo primaveral. El contenido de grasa fue ligeramente menor con MGH (3,20%) que con trigo (3,44%), mientras que la proteína láctea fue mayor con este cereal. Por otro lado Torres [22] revisó comparaciones entre ensilajes de maíz, sorgo y caña de azúcar, indicando diferencias de hasta 1 a 3 kg/d en producción de leche, dependiendo de la calidad del ensilaje y de la oferta forrajera.

Así también Gerarduzzi [33] subrayó que el uso de concentrados permite sostener la producción en condiciones de pasturas limitadas, observándose aumentos moderados en la producción láctea y estabilidad en la composición de la leche. En general, los cereales energéticos y concentrados bien formulados ej. MGH vs. trigo, ensilaje de maíz vs. Sorgo

(*Sorghum vulgare*) suelen incrementar la producción de leche en sistemas pastoriles, con efectos más marcados cuando la calidad del forraje es baja o cuando el suplemento tiene mayor contenido de almidón digestible.

4.3. Aceites esenciales, fitonutrientes y extractos vegetales

Orzuna-Orzuna et al. [13] en un meta análisis sobre capsaicina, reportaron incrementos significativos en DMI (+0,295 kg/d), producción de leche (+1,18 kg/d) y producción de grasa láctea, sin efectos consistentes sobre proteína o lactosa. Además, se observó reducción de NEFA sérico y aumento de glucosa, sugiriendo una mejora del balance energético en vacas suplementadas. Leal et al. [14] realizaron una revisión sistemática sobre fitonutrientes, concluyendo que aunque la evidencia es heterogénea, aproximadamente el 66% de los estudios reportaron mejoras en eficiencia alimentaria y el 50% en digestibilidad además se documentaron reducciones de metano en varios ensayos.

Así mismo Al-Suwaiegh et al. [16] evaluaron una mezcla de aceites esenciales en vacas lecheras, reportando mejoras en consumo y tendencia a mayor producción de leche durante el tratamiento, aunque con respuestas variables en la composición láctea. Finalmente, Gessner et al. [15] analizaron el extracto de té verde en vacas periparto, encontrando mejoras en biomarcadores de estrés hepático, así como aumentos modestos en la producción de leche y estabilidad en el metabolismo energético.

En conclusión los fitonutrientes y aceites esenciales (especialmente capsaicina) generaron aumentos moderados en MY y eficiencia alimentaria, con beneficios adicionales en metabolismo energético y reducción de NEFA. La magnitud depende de dosis, encapsulación y dieta base.

4.4. Subproductos agroindustriales

Mera [10] evaluó la suplementación con cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vacas mestizas, encontrando que 750 g/día fue la dosis óptima, aumentando la producción de leche respecto a 500 g, sin efectos adversos ni mejoras adicionales a 1000 g/d. En la misma línea Soares [11] revisó el uso del bagazo de naranja (*Citrus × sinensis*), concluyendo que permite mantener o aumentar ligeramente la producción láctea cuando sustituye parte del concentrado, aunque la composición láctea varía según el nivel de inclusión.

Por otro lado Souza et al. [12] evaluaron harina de baru (*Dipteryx alata*) en reemplazo del maíz en suplementos, encontrando que niveles moderados mantienen la producción, pero sustituciones altas reducen digestibilidad y afectan la producción. En síntesis, los subproductos agroindustriales (cacao, bagazo de naranja, baru) se integraron en la dieta como fuentes energéticas alternativas, manteniendo la producción cuando se incluyeron

en niveles adecuados y con procesamiento apropiado.

4.5. *Aditivos energéticos y compuestos antiketogénicos*

Jiang et al. [44] mostraron que la suplementación con propionato de sodio mejoró el balance energético en vacas posparto, reduciendo NEFA y BHBA e incrementando glucosa, con un aumento de aproximadamente +2 kg/d de leche. Por otro lado Zhang et al. [25] reportaron que el propilenglicol mejoró ECM (+1 kg/d), redujo cetonemia y aumentó glucosa sanguínea, estabilizando la producción en el postparto.

De igual manera Moretini [37] revisó el uso de bicarbonato de sodio, señalando que actúa como buffer ruminal, mejorando el pH y en algunos casos aumentando DMI y producción, dependiendo de la dieta base. Al mismo tiempo Sharifi et al. [38] reportaron que la suplementación con nitrato no reduce la producción de leche si se dosifica correctamente, y contribuye a la mitigación de emisiones de metano, aunque requiere monitoreo por riesgo de metahemoglobinemia.

Estos resultados confirman que los aditivos energéticos y antiketogénicos son herramientas

útiles para mejorar el balance energético en transición, con beneficios directos en MY y reducción de trastornos metabólicos.

4.6. *Vitaminas B, metionina/colina protegida y cromo*

Zahoor et al. [24] revisaron la suplementación con ácido fólico solo o combinado con vitamina B12 en vacas lecheras, observando mejoras en rutas metabólicas relacionadas con la síntesis proteica y la producción de leche. Así también Huang et al. [40] evaluaron la suplementación con colina y metionina protegidas, mostrando incrementos consistentes en ECM (+1.6 kg/d en promedio) y reducción de BHBA/NEFA en vacas de transición.

Por otra parte De Assis et al. [27] reportaron que el cromo mejoró el metabolismo de glucosa/insulina y puede favorecer la eficiencia de producción, aunque los efectos productivos varían según dosis y forma de suplementación. En conjunto, los micronutrientes (RPC, RPM, ácido fólico, B12, Cr) optimizan el metabolismo energético y se asocian con incrementos modestos pero significativos en producción y composición láctea, especialmente durante el parto.

4.7. *Enzimas y probióticos*

Zhang et al. [45] suplementaron con α -amilasa, mejorando la digestibilidad del almidón, aumentando la proporción de propionato ruminal y favoreciendo el metabolismo de glucosa; los incrementos en producción fueron modestos y variables. Narváez et al. [29] reportaron que la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* en bovinos del Valle de

Sibundoy mejoró la calidad de la leche y la producción en condiciones locales. Sycheva et al. [32] encontraron que la suplementación energética en vacas lactantes mejoró la digestibilidad y la productividad global.

5. Conclusión

- Los resultados de esta revisión muestran que los suplementos energéticos tradicionales como las grasas protegidas y los cereales procesados son los más consistentes en mejorar la producción de leche y la leche corregida por energía. Por otro lado los fitonutrientes y subproductos agroindustriales representan alternativas con alto potencial, aunque con efectos más variables. La capsaicina y algunos aceites esenciales mostraron incrementos moderados en la ingesta y la producción, mientras que subproductos como la cáscara de cacao o el bagazo de naranja permiten mantener la productividad y reducir costos, siempre que se manejen dosis adecuadas. Finalmente, los aditivos metabólicos y micronutrientes (propilenglicol, propionato, colina y metionina protegida, cromo) destacan por su capacidad de mejorar el balance energético, reducir NEFA y BHBA, y prevenir trastornos asociados al posparto. Aunque su impacto en la producción puede variar, contribuyen de manera clara a la estabilidad metabólica y reproductiva de las vacas lecheras.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la investigación, autoría o publicación de este artículo.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la concepción, ejecución, análisis y redacción de este estudio.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

- [1] Perry G, Bustos S, Ho S. What do non-renewable natural resource rich countries do with their rents? CAF Working paper [Internet]. 2011 [cited 2025, Sept. 05]. Available from: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/221>
- [2] Fariña S, Baudracco J, Barg F. Producción láctea en diversas regiones: América Latina. Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA) [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en:

<https://www.ocla.org.ar/noticias/17619609-produccion-lactea-en-diversas-regiones-america-latina>

- [3] Teneda-Llerena WF, Guangasi-Quinfia GC, Zamora-Sánchez R, Teneda-Espín MG. Producción del sector lácteo de la Provincia de Tungurahua-Ecuador. Revista: MedWave [Internet]. 2023 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en: <http://doi.org/10.5867/medwave.2023.S1.UTA260>
- [4] Sepúlveda-Varas P. Principales desafíos para el bienestar de la vaca lechera durante el periodo de transición [V Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal del 14 al 15 noviembre 2022, Montevideo, Uruguay] [Internet]. 2022 [citado 2025, sept. 05]: 32-44. Disponible en: https://bienestaranimal.org.uy/wp-content/uploads/2022/12/Libro-de-Resumenes_ISBN.pdf
- [5] Arisnabarreta E. La nutrición en el período de transición y su relación con la fertilidad en vacas lecheras. Taurus [Internet]. 2023 [citado 2025, sept. 05]; 25: 12. Disponible en: https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd%3A164138895?sid=ebsco:ocu:record&id=ebsco:gcd:164138895&bquery=IS%201515-3037%20AND%20VI%2025%20AND%20DT%202023&page=1&link_origin=&s
- [6] Cascone G, Licitra F, Stamilla A, Amore S, Dipasquale M, Salonia R, et al. Subclinical ketosis in dairy herds: impact of early diagnosis and treatment. Frontiers in Veterinary Science [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 9:895468. Available from: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.895468>
- [7] Erazo Rodriguez FP, Rosero Erazo CR, Benavides Lara JC, Oñate Mancero FJ. Avances y desafíos en la producción lechera en Chimborazo. SciELA [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]; 1(1). Disponible en: <https://editorial-sciela.org/index.php/sciela/article/view/18>
- [8] Campos Vidal RH. Efecto de la suplementación energética con maíz grano húmedo o trigo partido sobre la producción y composición de leche de vacas lecheras en pastoreo primaveral alimentadas con alta y baja oferta de pradera [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile] [Internet]. 2012 [citada 2025, sept. 01]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fvc198c/doc/fvc198c.pdf>

- [9] Hidalgo GA. Efecto de la grasa sobre pasante sobre la producción láctea en vacas lecheras en el subtrópico del Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA* [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05]; 12(1): 717. Disponible en: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.717>
- [10] Mera Mejía AJ. Efectos de suplementación con cáscara de Cacao en la producción de leche en vacas mestizas [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí – UELAM, El Carmen, Ecuador] [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en: <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/7206>
- [11] Soares G. Bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras: revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil] [Internet]. 2022 [citada 2 sep 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/236168>
- [12] Souza, TF, Mourthé, MHF, Geraseev, LC, Barros, LV, Martins, M, De Braz, T. Valor nutricional de suplementos concentrados com farinha do Baru em substituição ao fubá de milho. *Archivos de Zootecnia* [Internet]. 2025 [citado 2025, sept. 05]; 74(286): 124-130. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10222963.pdf>
- [13] Orzuna-Orzuna JF, Godina-Rodríguez JE, Garay-Martínez JR, Lara-Bueno A. Capsaicin as a dietary additive for dairy cows: a meta-analysis on performance, milk composition, digestibility, rumen fermentation, and serum metabolites. *Animals* [Internet]. 2024 [cited 2025, Sept. 05]; 14(7), 1075. Available in: <https://doi.org/10.3390/ani14071075>
- [14] Leal K, Parmeggiani E, Rodrigues C, Leal M. Efectos del uso de fitonutrientes en la dieta de rumiantes lecheros: revisión sistemática. *Revista MVZ Córdoba* [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]; 29(3):e3545. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.3545>
- [15] Gessner DK, Brock C, Hof LM, Most E, Koch C, Eder K. Effects of supplementation of green tea extract on the milk performance of periparturient dairy cows and the expression of stress response genes in the liver. *Journal of Animal Science and Biotechnology* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 11(1):57. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00465-y>

- [16] Al-Suwaiegh SB, Morshedy SA, Mansour AT, Ahmed MH, Zahran SM, Alnemr TM, et al. Effect of an essential oil blend on dairy cow performance during treatment and post-treatment periods. Sustainability [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 12(1): 9123. Available from: <https://doi.org/10.3390/su12219123>
- [17] Barbizan M, Valente EEL, Damasceno ML, Lopes SA, Tanaka E de S, Barros CP Junior, et al. Balanced protein/energy supplementation plan for beef cattle on tropical pasture. Livestock Science [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 241:104211. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104211>
- [18] Rodrigues de Castro ÍR, de Carvalho Reis G, Lima Maciel D. Influência da suplementação lipídica no desempenho de vacas leiteiras mantidas a pasto. Revista Ciencia Animal [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05];30(2):80-93. Disponible en: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9603>
- [19] Chahinian M. Suplementación estratégica durante el parto en vacas lecheras: efectos sobre el balance energético [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina] [Internet]. 2020 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/19692>
- [20] Oyebade A, Lifshitz L, Lehrer H, Jacoby S, Portnick Y, Moallem U. Saturated fat supplemented in the form of triglycerides decreased digestibility and reduced performance of dairy cows as compared to calcium salt of fatty acids. Animal [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05];14(5):973-982. Available from: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002465>
- [21] Meyer J, Daniels S, Grindler S, Tröscher J, Alaedin M, Frahm J, et al. Effects of a dietary l-carnitine supplementation on performance, energy metabolism and recovery from calving in dairy cows. Journal Animals [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(2), 342. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani10020342>
- [22] Torres Posadas JH. Comparación de tres tipos de ensilaje (maíz, sorgo, y caña de azúcar) en la producción de leche: revisión de literatura [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de Honduras, Catacamas, Honduras] [Internet]. 2020 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6828>

- [23] Western M, de Souza J, Lock A. Effects of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 103(6):5131-5142. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17242>
- [24] Zahoor M, Khan A, Xiao J, Dou J, Liu L, Yu Y. Overview of folic acid supplementation alone or in combination with vitamin b12 in dairy cattle during periparturient period. *Metabolites* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(6), 263. Available from: <https://doi.org/10.3390/metabo10060263>
- [25] Zhang F, Nan X, Wang H, Zhao Y, Guo, & Xiong B. Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. *Animals* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(9), 1526. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani10091526>
- [26] Zhang Z, La S, Zhang G, Du H, Wu Z, Wang C, et al. Diet supplementation of palm fat powder and coated folic acid on performance, energy balance, nutrient digestion, ruminal fermentation, and blood metabolites of early lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 265: 114520. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114520>
- [27] De Assis Jr, Fernandes G, Nunes D, Dias MR, Balkau CG, Olini LMG, et al. Efeitos da suplementação de cromo no metabolismo e desempenho de vacas leiteiras. *Editora Científica Digital* [Internet]. 2021 [citado, 2025 sept. 01]; 8:108-119. Disponible en: <https://doi.org/10.37885/210404234>
- [28] Kuoppala K, Jaakkola S, Garry B, Ahvenjärvi S, Rinne M. Effects of faba bean, blue lupin and rapeseed meal supplementation on nitrogen digestion and utilization of dairy cows fed grass silage-based diets. *Animal* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 15(7): 100300. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100300>
- [29] Narváez Herrera JP, Riascos Vallejos AR, Cisneros Montenegro JM. Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* en la producción y calidad de leche en bovinos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* [Internet]. 2021 [citado, 2025 sept. 01]; 32(6): e19977. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.19977>

- [30] Rapetti L, Colombini S, Battelli G, Castiglioni B, Turri F, Galassi G, et al. Effect of linseeds and hemp seeds on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emissions in the dairy cows. *Animals* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05];11(9):2717. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani11092717>
- [31] de Souza J, Prom CM, Lock AL. Altering the ratio of dietary palmitic and oleic acids affects nutrient digestibility, metabolism, and energy balance during the immediate postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 104(3):2910-2923. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19312>
- [32] Sycheva L, Yunusova Y, Pastukhov S, Popov A. Nutrients digestibility and productivity of lactating cows consuming energy supplements. *Earth and Environmental Science* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 659. Available from: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012056>
- [33] Gerarduzzi Delafini M. Utilização do concentrado para vacas leiteiras: Revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil]. 2022 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/238409>
- [34] Hassen A, Ahmed R, Alam MS, Chavula P, Mohammed S, Dawid A. The effect of feed supplementation on cow milk productivity and quality: a brief study. *International Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 4(1):13-25. Available from: <https://doi.org/10.34104/ijavs.022.013025>
- [35] Neville E, Fahey A, Meade K, Mulligan F. Effects of calcareous marine algae on milk production, feed intake, energy balance, mineral status, and inflammatory markers in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05];105(8):6616-6627. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21443>
- [36] Moreno González YM. Influencia de la suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras sobre la producción de leche. *REICIT* [Internet]. 2022 [citado, 2025 sept. 01];2(1):66-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9610385&orden=0&info=link>

- [37] Moretini Dioniso Silva MP. Bicarbonato de sódio na alimentação de vacas leiteiras em lactação: revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil] [Internet]. 2022 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/234524>
- [38] Sharifi M, Taghizadeh A, Hosseinkhani A, Mohammadzadeh H, Palangi V, Macit M, et al. Nitrate supplementation at two forage levels in dairy cows feeding: milk production and composition, fatty acid profiles, blood metabolites, ruminal fermentation, and hydrogen sink. *Annals of Animal Science* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 22(2):711-722. Available from: <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0044>
- [39] Ribeiro Campanha E, Madeiros dos Santos SL, Pereira da Silva VG, De Moura Oliveira LR, Valentim JK, De Almeida AA. Óleos essenciais como suplementação na dieta de vacas leiteiras e a sua influência na composição do leite. *Veterinária e Zootecnia* [Internet]. 2023 [citado, 2025 sept. 01]; 30:1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.35172/rvz.2023.v30.1145>
- [40] Huang B, Zahoor M, Kou X, Chen Y, Liang H, Ullah Q, et al. Enhancing metabolism and milk production performance in periparturient dairy cattle through rumen-protected methionine and choline supplementation. *Metabolites* [Internet]. 2023 [cited 2025, Sept. 05]; 13(10),1080. Available from: <https://doi.org/10.3390/metabo13101080>
- [41] Dalgallo D. Efeito de diferentes suplementos na dieta de vacas leiteiras em pastagem temperada [Tesis maestría, Universidad de Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil]; 2024 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://scholar.google.com/scholar?hl=es&http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/37130>
- [42] Faoro K, Túlio L. Avaliação da gordura e proteína do leite em vacas pós parto, após suplementação com gordura protegida na dieta. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG* [Internet]. 2024 [citado, 2025 sept. 01]; 7(2):114-120. Disponible en: <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/2065/1779>
- [43] Sosa Méndez YM, Navas Martinez JC. Revisión sistemática de literatura sobre nutrición y su relación con la eficiencia reproductiva en bovinos [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, Colombia]. 2025 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/58462>

- [44] Jiang M, Meng Z, Tan D, Cheng Z, Wei Z, Lin M, et al. Sodium propionate supplementation improves the negative energy balance in postpartum dairy cattle through regulation of glycolipid metabolism. *Journal of Integrative Agriculture* [Internet]. 2025 [cited 2025, Sept. 05]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.07.019>
- [45] Zhang M, Li G, Wang D, Wang S, Du H, Lan R, et al. Effects of α -amylase supplementation on production performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen fermentation parameters of Holstein dairy cows in late lactation. *Frontiers in Veterinary Science* [Internet]. 2025 [cited 2025, Sept. 05]; 12:1629571. Available from: <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1629571>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Reimplante intencional con I-PRF para cicatrización periapical

Intentional replantation with I-PRF for periapical healing

- ¹ Joel Alejandro Cherres Quiroz  <https://orcid.org/0009-0004-6114-7150>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
joelch-1998@hotmail.com
- ² Felipe Guido Rodriguez Reyes  <https://orcid.org/0000-0001-7253-3162>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
felipe.rodruiguez@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 06/10/2025

Revisado: 10/11/2025

Aceptado: 16/12/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3577>

Cítese: Cherres Quiroz, J. A., & Rodriguez Reyes, F. G. (2026). Reimplante intencional con I-PRF para cicatrización periapical. *Anatomía Digital*, 9(1), 82-95. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3577>



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

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

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



Palabras claves:

Apicectomía,
regeneración ósea,
periodontitis
periapical,
PRF,
obturación
retrógrada,
reimplante dentario.

Keywords:

Apicoectomy,
bone regeneration,
periapical
periodontitis,

Resumen

Introducción: La Periodontitis Apical Postratamiento (PAPT) constituye una causa frecuente de fracaso endodóntico, estrechamente asociada a la persistencia de infección intraradicular. En casos donde el retratamiento convencional o la cirugía periapical están contraindicados por limitaciones anatómicas, el Reimplante Intencional (RI) surge como una alternativa terapéutica conservadora. El uso complementario de Fibrina Rica en Plaquetas Inyectable (i-PRF) aporta un beneficio adicional, al favorecer la regeneración tisular mediante la liberación sostenida de factores de crecimiento. **Objetivos:** este reporte describe el manejo de un segundo molar superior (2.7) con PAPT y proximidad crítica al seno maxilar. **Metodología:** descriptivo correspondiente a un reporte de caso clínico orientado a documentar el manejo clínico y la evolución postoperatoria de un diente con periodontitis apical postratamiento mediante reimplante intencional complementado con fibrina rica en plaquetas inyectado (I-PRF). **Resultados:** se realizó un RI con apicectomía extraoral, obturación retrógrada con biocerámico y aplicación de i-PRF en el alvéolo. El tiempo extraoral fue de 10 minutos y 20 segundos, respetando los protocolos operatorios establecidos. A los seis meses, los controles clínicos y tomográficos evidenciaron cicatrización ósea significativa, recuperación del espacio del ligamento periodontal y adecuada integración funcional de la pieza, sin recidiva de la lesión. **Conclusiones:** el presente caso resalta la viabilidad del RI complementado con i-PRF como una opción eficaz para preservar dientes con PAPT en situaciones complejas, donde la cirugía convencional no es factible, integrando técnicas microquirúrgicas y biomateriales regenerativos en la práctica endodóntica actual. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Endodoncia. **Tipo de artículo:** Caso clínico.

Abstract

Introduction: Post-treatment Apical Periodontitis (PAPT) is a frequent cause of endodontic failure, strongly associated with the persistence of intraradicular infection. In cases where conventional retreatment or periapical surgery are

PRF,
retrograde
obturation,
tooth replantation

contraindicated due to anatomical limitations, Intentional Reimplantation (IR) emerges as a conservative therapeutic alternative. The complementary use of Injectable Platelet-Rich Fibrin (i-PRF) provides an additional benefit, by promoting tissue regeneration through the sustained release of growth factors. **Objectives:** This report describes the management of an upper second molar (2.7) with PAPT and critical proximity to the maxillary sinus. **Methodology:** A descriptive report corresponding to a clinical case report aimed at documenting the clinical management and postoperative evolution of a tooth with post-treatment apical periodontitis by intentional reimplantation supplemented with injected platelet-rich fibrin (I-PRF). **Results:** An IR was performed with extraoral apicoectomy, retrograde obturation with bioceramics and application of i-PRF in the alveolus. The extraoral time was 10 minutes and 20 seconds, respecting the established operating protocols. At six months, clinical and tomographic controls showed significant bone healing, recovery of the periodontal ligament space, and adequate functional integration of the specimen, without recurrence of the lesion. **Conclusions:** The present case highlights the viability of IR complemented with i-PRF as an effective option to preserve teeth with PAPT in complex situations, where conventional surgery is not feasible, integrating microsurgical techniques and regenerative biomaterials in current endodontic practice. **General area of study:** Dentistry. **Specific area of study:** Endodontics. **Type of article:** Clinical case.

1. Introducción

La Periodontitis Apical Post Tratamiento (PAPT) representa una manifestación clínica frecuente del fracaso terapéutico, se clasifica como: persistente, emergente o recurrente (1). Esta patología se caracteriza por una inflamación crónica de los tejidos perirradiculares, habitualmente inducida por la permanencia de microorganismos en el sistema de conductos radiculares previamente tratados (2). Estudios recientes reportaron una prevalencia de PAPT oscila entre el 35 y el 60%, lo cual evidencia su impacto clínico significativo en la práctica endodóntica (3).

Se identificaron más de 500 especies bacterianas en infecciones endodónticas; en las lesiones primarias predominan los anaerobios estrictos, mientras que en las lesiones postratamiento se observan una mayor proporción de especies anaerobias facultativas (4). El tratamiento endodóntico ortógrado tiene como finalidad la eliminación de la infección intraradicular mediante una adecuada preparación químico - mecánica, seguido de la obturación tridimensional con materiales biocompatibles buscando preservar el órgano dentario como unidad funcional (1) (5).

Pese a los avances tecnológicos y científicos en materiales, instrumentación y técnicas, la tasa de fracasos endodónticos continúa siendo considerable. Las causas son multifactoriales e incluyen persistencia microbiana, anatomías complejas no instrumentadas, microfiltración, fracturas radiculares y deficiencias en la obturación (6). Cuando un retratamiento convencional no es viable o no logra erradicar la infección, la cirugía periapical suele ser la alternativa convencional. No obstante, existen casos en los que el acceso quirúrgico es limitado o los riesgos anatómicos como la proximidad a estructuras críticas (nervio mentoniano, zonas estéticas o el seno maxilar), puede limitar o contraindicar este abordaje quirúrgico directo.

En este contexto el Reimplante Intencional (RI) se convierte en una opción terapéutica válida en estas circunstancias. Esta técnica consiste en extraer el diente, resección apical extraoral, preparación y obturación retrógrada, seguida de la inserción del diente en su alvéolo, para luego reinsertarlo en su alveolo, es históricamente considerada como último recurso, sin embargo gana reconocimiento en los últimos años por sus tasas de éxito documentadas, que alcanzan hasta el 86,7 % (7).

Cabe recalcar que durante el reimplante intencional la enucleación de la lesión periapical es un paso fundamental para el éxito del procedimiento. Este proceso implica la extirpación completa del tejido inflamado o infectado que rodea el ápice radicular una vez que la pieza dental fue extraída. La presencia de este tejido residual en el alvéolo dental representa un foco infeccioso persistente que comprometerá la cicatrización ósea y la adecuada integración del diente reimplantado (8).

La omisión de una enucleación adecuada conduce a la persistencia de microorganismos y sus productos en el sitio quirúrgico. Esto desencadena una respuesta inflamatoria crónica que obstaculiza la neoformación ósea alrededor de la raíz, un factor crítico para el pronóstico a largo plazo del diente. Las consecuencias clínicas incluyen el fracaso del reimplante, manifestado por la ausencia de integración y eventual pérdida dental. Además, el paciente puede experimentar sintomatología persistente como dolor y edema, así como la formación de lesiones periapicales quísticas o granulomatosas, que a menudo requieren intervenciones quirúrgicas adicionales. A nivel tisular, la inflamación crónica puede inducir reabsorción ósea alveolar, comprometiendo la arquitectura ósea local y dificultando futuras rehabilitaciones (8). Paralelamente la introducción de biomateriales

autólogos como la Fibrina Rica en Plaquetas Inyectable (i-PRF) revoluciono el enfoque regenerativo en la odontología. El iPRF es un biomaterial autólogo que promueve la regeneración tisular mediante la liberación progresiva de factores de crecimiento y citoquinas. En procedimientos quirúrgicos periapicales, su aplicación demostró favorecer el entorno biológico para la reparación tisular (6). La combinación de RI con el i-PRF representa un enfoque sinérgico entre técnicas microquirúrgicas conservadoras y la biotecnología regenerativa, con potencial para resolver casos clínicos complejos manteniendo la integridad del diente natural.

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de este estudio fue describir un caso clínico sobre el manejo exitoso de un reimplante intencional complementado con i-PRF, enfatizándose su evolución clínica durante el seguimiento posoperatorio.

2. Metodología

El presente estudio corresponde a una investigación de enfoque cualitativo, con diseño descriptivo y observacional, presentada como reporte de caso clínico. La población estuvo conformada por pacientes atendido en la Clínica de Posgrado de Endodoncia de la Universidad Católica de Cuenca y la muestra consistió en un paciente masculino de 45 años con diagnóstico de periodontitis apical postratamiento en la pieza dental 2.7, seleccionado por conveniencia clínica. La recolección de datos se realizó mediante examen clínico, radiografías periapicales, Tomografía Volumétrica de Haz Cónico (CBCT) y registros fotográficos. El análisis de la información fue de tipo descriptivo y cualitativo, basado en la evaluación clínica y radiográfica de la evolución postoperatoria durante un periodo de seguimiento de seis meses.

3. Resultados - Caso Clínico

Paciente de sexo masculino de 45 años, acudió a la Clínica de Posgrado de Endodoncia de la Universidad Católica de Cuenca con motivo de dolor localizado en el cuadrante superior izquierdo. En la anamnesis no se reportaron antecedentes personales ni familiares relevantes para el tratamiento endodóntico, con ausencia de la pieza 2.6.

Durante la evaluación clínica, la pieza dentaria 2.7 (segundo molar superior izquierdo), previamente sometida a tratamiento endodóntico, presentó respuesta positiva a la percusión vertical. El examen radiográfico inicial reveló una lesión radiolúcida periapical bien definida en la región apical de dicha pieza, estableciéndose el diagnóstico de diente previamente tratado con periodontitis apical. Con el objetivo de caracterizar el tamaño y extensión de la lesión, así como evaluar las relaciones anatómicas, se solicitó una Tomografía Volumétrica de Haz Cónico (CBCT). El análisis tomográfico evidenció una lesión periapical de aproximadamente 9.2mm por 5.6 mm, con proximidad crítica al piso del seno maxilar, lo cual contraindica la realización de una apicectomía convencional por

riesgo anatómico. Cabe mencionar que el paciente culminó el tratamiento endodóntico hace tres meses aproximadamente, pero seguía manteniendo sintomatología dolorosa (**Figura 1**).

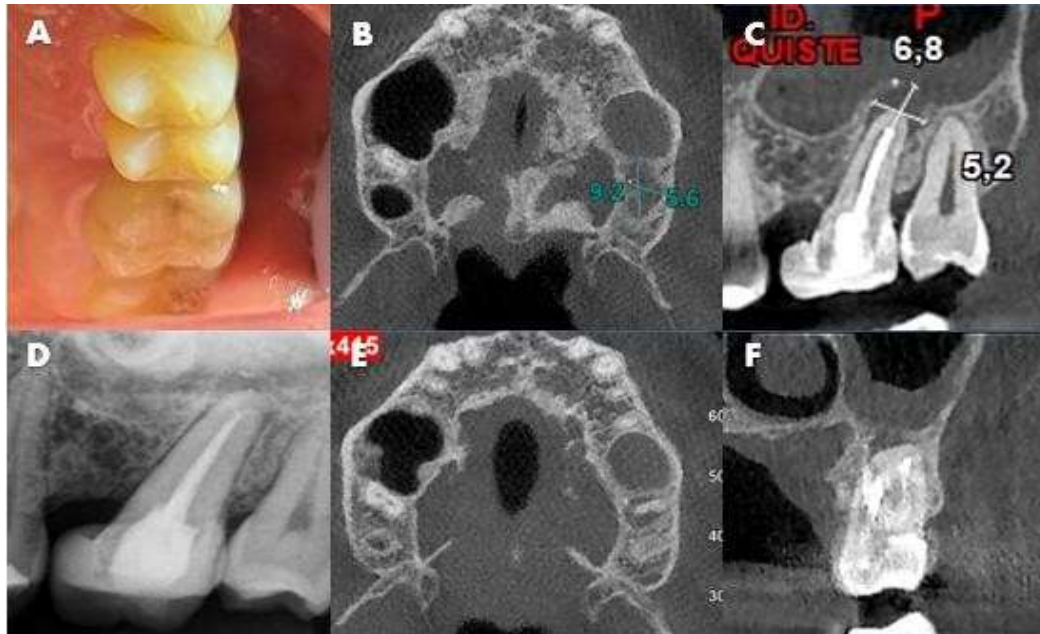


Figura 1. Estado inicial de la PAPT de la pieza 2.7. A) Imagen intraoral inicial; B) Corte axial con dimensiones de la lesión; C) Corte sagital del CBCT se visualiza la proximidad de la lesión al seno maxilar; D) Radiografía inicial; E) Corte axial del CBCT se observa la lesión alrededor de la pieza 2.7; F) Corte coronal del CBCT se muestra la comunicación de la pieza 2.7 con el seno maxilar.

Ante estas consideraciones, se planificó un abordaje mediante reimplante intencional con apicectomía extraoral, preparación retrógrada del conducto, obturación con material biocerámico y aplicación de i-PRF autólogo como coadyuvante biológico para favorecer la regeneración ósea periapical. El paciente aceptó el tratamiento clínico y firmó el consentimiento informado.

3.1. Procedimiento

Se realizó anestesia infiltrativa local en las zonas vestibular y palatina mediante la administración de lidocaína al 1:100,000 con epinefrina 1:80,000, asegurando una anestesia adecuada del área operatoria. Posteriormente, se procedió a la extracción de la pieza dentaria 2.7 con fórceps para molares superiores N.º 88R. Durante la luxación, se produjo una fractura coronaria, por lo que se recurrió al uso de un elevador tipo 301 para completar la remoción atraumática de las raíces. Una vez extraída la pieza, se realizó la resección apical extraoral de 2 mm utilizando una fresa diamantada troncocónica de grano medio (color azul). La preparación retrógrada de 3 mm del conducto se efectuó con una fresa diamantada redonda pequeña, seguida del sellado con material biocerámico Neo

Putty de Zarc4Endo. Simultáneamente se extrajeron 5 ml de sangre en un tubo sin aditivos mediante sistema Vacutainer con campana, la cual fue centrifugada a 700 rpm durante 3 minutos para obtener el concentrado de Fibrina Rica en Plaquetas Inyectable (i-PRF). Aproximadamente 1,5 ml de i-PRF fueron recolectados mediante jeringa estéril de 20 ml y reservados para su aplicación en el lecho quirúrgico.

Durante el tiempo extraoral, también se inspeccionó la superficie radicular y se procedió a la restauración coronal inmediata. No se evidenció presencia de caries ni filtración, por lo que se realizó acondicionamiento ácido, aplicación de sistema adhesivo y restauración con resina compuesta fotopolimerizable, siguiendo el protocolo clínico estándar.

Mientras tanto, otro grupo realizó la enucleación completa del tejido de granulación dentro del alvéolo mediante curetas de Lucas y pinzas mosquito, asegurando la remoción mecánica del foco infeccioso. Se irrigó la cavidad con solución salina estéril hasta obtener un campo quirúrgico limpio, sin signos evidentes de tejido necrótico o patológico remanente.

Finalmente, se procedió al reimplante atraumático de la pieza dentaria en su alvéolo original, seguido de la ferulización rígida temporal utilizando alambre trenzado de ortodoncia calibre 0.014". El alambre fue previamente termoactivado con llama para eliminar su memoria elástica. La ferulización se realizó en las caras vestibular y palatina de los dientes 2.5, 2.7 y 2.8 con resina fluida fotopolimerizable. Se verificó la oclusión para evitar interferencias traumáticas y se tomó una radiografía periapical de control inmediato, confirmando la correcta reposición del diente y adaptación de la ferulización en un tiempo operatorio total de 10 minutos y 20 segundos (**Figura 2**).

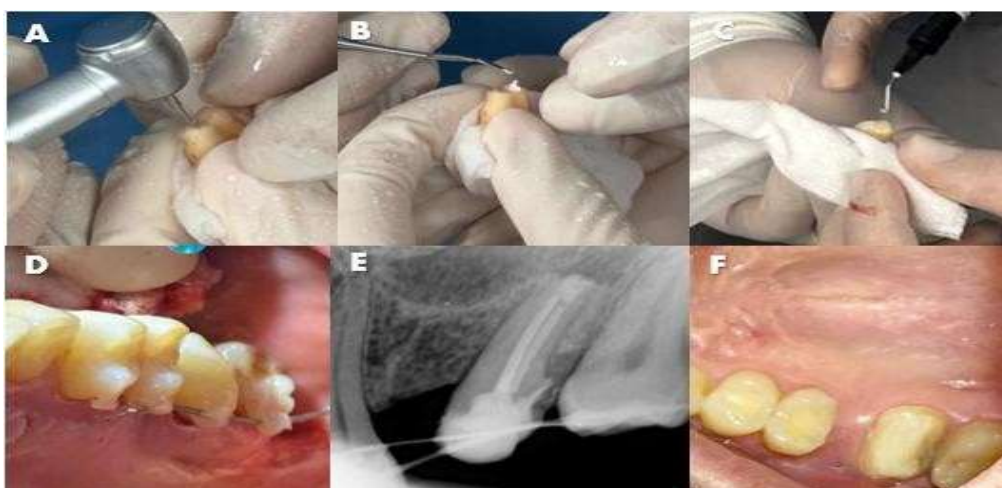


Figura 2. Proceso del reimplante intencional A) Retro preparación apical con fresa redonda; B) Retro obturación con biocerámico Neo Putty de Zarc4Endo; C) Restauración coronal inmediata; D) Reposicionamiento y ferulización de la pieza; E) Radiografía apenas colocada la ferulización; F) imagen clínica después de retirar la ferulización.

Posteriormente se procedió a la fase restauradora definitiva bajo aislamiento absoluto. Inicialmente, se retiró la restauración de resina previa junto con la caries secundaria, seguido de la limpieza y desinfección de la entrada de los conductos, los cuales fueron sellados puntualmente con ionómero de restauración. Para el protocolo adhesivo se empleó un sistema de cuarta generación (Optibond FL), realizando grabado ácido con ácido ortofosfórico durante 30 segundos en esmalte y 15 segundos en dentina, enjuague de 60 segundos, secado sin desecar la dentina, aplicación activa del primer en dentina con volatilización del solvente en dos ocasiones, seguido de la aplicación del adhesivo y fotopolimerización con lámpara LED (Valo Grand con accesorio Point Cure) por 60 segundos. Posteriormente, se colocó una capa de 1 mm de resina fluida (Permaflow A1), una capa de 2 mm de resina EverX, luego se realizó la reconstrucción del muñón con resina Forma (dentina A2) en incrementos de 1 mm hasta alcanzar una altura de 5 mm, conformando finalmente una preparación tipo chámfer. Se efectuó el escaneo intraoral digital mediante Prime Scan (Cerec) para la confección de la restauración indirecta en disilicato de litio.

En la fase de cementación, se realizó nuevamente aislamiento absoluto con grapa B4 y activación de la biobase con Aquacare mediante óxido de aluminio de 29 μm , seguido de grabado ácido con ácido ortofosfórico durante 30 segundos y enjuague por 60 segundos. Posteriormente, se aplicó adhesivo universal (All Bond) con fotopolimerización de 40 segundos, colocación del cemento resinoso dual (Allcem Dual, FGM) en la restauración, adaptación de la corona y fotopolimerización de 40 segundos por cada cara. Finalmente, se eliminaron los excesos de cemento, se realizó el control oclusal y se pulieron las interfases.

La restauración de disilicato de litio se trató previamente con limpieza mediante alcohol, grabado interno con ácido fluorhídrico al 9% durante 15 segundos con lavado por 40 segundos, seguido de grabado con ácido ortofosfórico al 37% (Ultradent) durante 1 minuto. Tras el enjuague y secado, se aplicó silano (Ultradent) y se permitió la volatilización del solvente durante 3 minutos antes de proceder a la cementación definitiva (**Figura 3**).

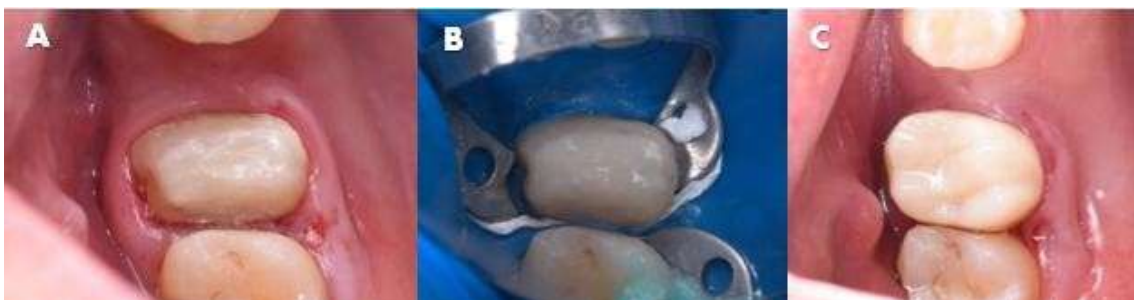


Figura 3. Reconstrucción final de la corona en la pieza 2.7. A) Muñón de la corona provisional; B) Reconstrucción y tallado del muñón; C) Corona de disilicato de litio cementada.

3.2. Control de la lesión

El caso actualmente tiene un control de seguimiento de seis meses, se realizaron varias radiografías de control la primera se realizó a los 15 días antes de retirar la ferulización, en esta pudimos observar una ligera curación ósea inicial y además como se empezaba a recuperar el espacio del ligamento periodontal. El segundo control se realizó a los 2 meses, donde se observó que la curación ósea ya avanzó hasta el punto de la formación de la cortical ósea. Al tercer mes se realizó un control radiográfico y se observó prácticamente la curación ósea casi completa y recuperación del espacio del ligamento periodontal, además se visualizó la correcta adaptación de la restauración coronal. Con el objetivo de evaluar la evolución del tratamiento y de la pieza dental a los seis meses se decidió enviar a realizar una tomografía de control, en la cual se evidenció de manera tridimensional la curación ósea, la formación de la cortical en relación con el seno maxilar y la recuperación del espacio del ligamento periodontal (**Figura 4**).

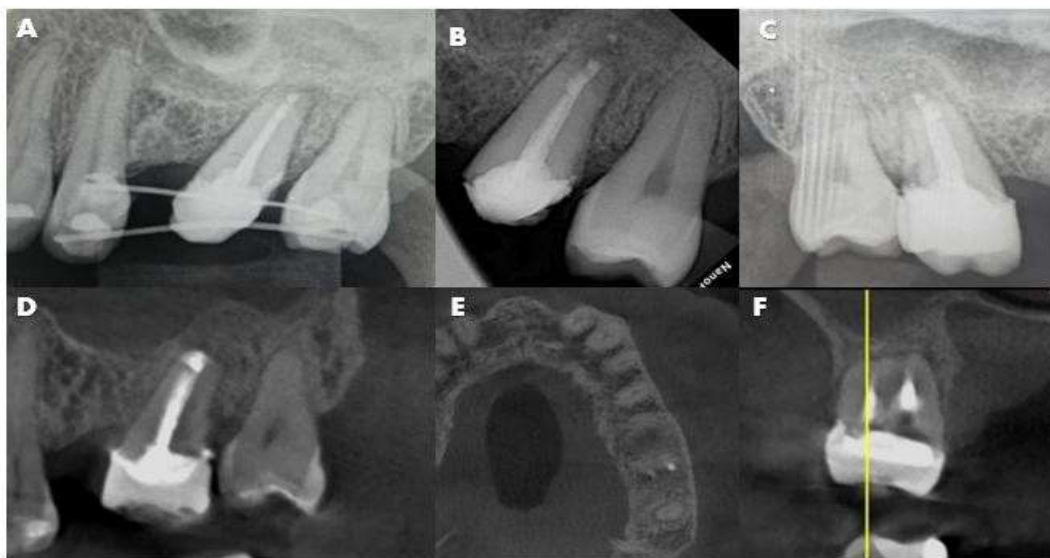


Figura 4. Control de seguimiento del RI de la pieza 2.7 postratamiento. A) Radiografía periapical a los 15 días postratamiento con ligera curación ósea y recuperación inicial del espacio del ligamento periodontal; B) Radiografía periapical a los 2 meses continúa la curación ósea hasta la formación de la cortical ósea; C) Radiografía periapical al tercer mes se observa la curación ósea casi completa y recuperación del espacio del ligamento periodontal; D) Corte sagital del CBCT a los 6 meses se visualiza la curación ósea y la cortical con relación al seno maxilar; E) Corte axial del CBCT y muestra la ausencia de la lesión; F) Corte coronal del CBCT muestra la pieza 2.7 un distanciamiento adecuado del piso del seno maxilar.

4. Discusión

El presente caso clínico describe el abordaje exitoso de una periodontitis apical postratamiento en una pieza 2.7 mediante reimplante intencional con apicectomía

extraoral y aplicación de i-PRF, obteniéndose una regeneración ósea evidente a los dos meses y recuperación funcional sin signos clínicos de recidiva.

La periodontitis apical persistente constituye una de las complicaciones más frecuentes posteriores al tratamiento endodóntico, con prevalencias que oscilan entre el 35% y el 60% según Blanco-Fuentes et al. (3), y del 41.30% en el meta análisis de Jakovljevic et al. (9). Diversos autores señalaron que esta patología se relaciona principalmente con deficiencias técnicas en la limpieza, conformación, irrigación y obturación, así como con la omisión de conductos accesorios, lo que favorece la persistencia de microorganismos anaerobios facultativos en el sistema radicular (4). Siqueira & Rôças (6) amplía esta visión al identificar la infección intrarradicular como factor etiológico predominante y destacar la influencia de elementos endógenos, como cristales de colesterol y quistes verdaderos, y exógenos, como cuerpos extraños o restos de materiales, que pueden actuar como irritantes crónicos (2).

En este contexto el Reimplante Intencional (RI) se posiciona como una opción terapéutica válida, especialmente cuando otras alternativas quirúrgicas resultan inviables. Yu et al. (10) reportó la resolución completa de una lesión periapical persistente mediante RI, con cicatrización ósea confirmada por CBCT a los tres años postratamiento. Sin embargo las diferencias metodológicas influyen de manera significativa en el pronóstico. Por ejemplo Santos et al. (11) describió un RI con tiempo extraoral de 17 minutos y sin el uso de biomateriales regenerativos, en el que la reparación ósea fue visible a los cuatro meses y el caso fracasó a los 2,5 años. En contraste, en nuestro abordaje, el tiempo extraoral se redujo a 10 minutos con 20 segundos, y se complementó el procedimiento con i-PRF, lo que podría explicar la cicatrización temprana observada a los tres meses y la evolución favorable sin recidiva hasta la fecha.

El papel del i-PRF como coadyuvante en la regeneración tisular está bien documentado. Liang et al. (12) destaca su alto contenido de plaquetas, leucocitos y factores de crecimiento como TGF- β , PDGF, VEGF e IGF-1, que favorecen la angiogénesis, la modulación inflamatoria y la migración celular (12). Miron et al. (13) demostró que el i-PRF mantiene concentraciones elevadas de factores de crecimiento incluso a los 10 días de su aplicación, lo que prolonga su efecto reparador (13). La rápida respuesta observada en nuestro caso podría atribuirse a esta liberación sostenida, que generó un entorno biológico óptimo para la regeneración periapical.

A diferencia de los casos de RI sin uso de i-PRF descritos en la literatura, nuestro reporte sugiere que la combinación de un tiempo extraoral reducido y la aplicación de este concentrado autólogo puede potenciar la cicatrización y mejorar el pronóstico a mediano plazo. Este hallazgo coincide con la tendencia actual de integrar biomateriales bioactivos en procedimientos endodónticos complejos para maximizar los resultados clínicos.

En síntesis, este caso respalda la viabilidad del reimplante intencional complementado con i-PRF como alternativa terapéutica eficaz en la resolución de lesiones periapicales persistentes, especialmente cuando la cirugía periapical convencional está contraindicada. Estudios prospectivos con muestras amplias y seguimiento a largo plazo son necesarios para validar estos hallazgos y establecer protocolos estandarizados que optimicen la preservación dental en casos similares.

5. Conclusiones

- Se demostró que al seguir estrictamente los protocolos clínicos y respetar los tiempos operatorios establecidos, el reimplante intencional complementado con la aplicación de i-PRF (fibrina rica en plaquetas inyectable) constituye una alternativa terapéutica eficaz en aquellos casos en los que una pieza dental presenta periodontitis apical postratamiento. Esta opción cobra especial relevancia cuando la raíz afectada se encuentra en proximidad a estructuras anatómicas críticas o presenta una anatomía compleja que dificulta la realización de una cirugía periapical convencional, como la apicectomía, y cuando además la infección persiste a pesar de haber realizado un tratamiento endodóntico ortógrado adecuado. Bajo estas condiciones, el abordaje combinado permite no solo conservar la pieza dental comprometida, sino también alcanzar resultados clínicos y funcionales satisfactorios, tal como se evidencia en el presente reporte de caso.

6. Conflicto de intereses

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

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

1. Rufasto-Goche KS, Vigo-Ayasta ER, Lizarbe-Castro MV, Salazar-Rodríguez MR. Etiología, fisiopatología y tratamiento de la periodontitis apical. Revisión de la literatura. Avances en Odontoestomatología [Internet]. 2023 [citado 2025 septiembre 13]; 39(1): 9-16. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852023000100003&lng=es

2. Siqueira JF, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes, and management of post-treatment apical periodontitis. *British Dental Journal* [Internet]. 2014 [cited 2025 September 13]; 216(6): 305-312. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24651336/>
3. Blanco-Fuentes BY, Moreno-Monsalve JO, Mesa-Herrera U. Asociación entre calidad del tratamiento endodóntico y periodontitis apical, evaluada mediante Tomografía computarizada de haz cónico en una población colombiana. *Universidad y Salud* [Internet]. 2023 [citado 2025 septiembre 13]; 25(1): 1-5. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072023000100007&lng=en.
4. Siqueira JF, Rôças IN. Present status and future directions: microbiology of endodontic infections. *International Endodontic Journal* [Internet]. 2022 [cited 2025 September 13]; 55(3):512-530. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34958494/>
5. Ragua Antolinez SA. Análisis histopatológico periapical de dientes con Enfermedad Periapical Post Tratamiento (EPP), sometidos a microcirugía endodoncia en pacientes atendidos en el posgrado de endodoncia de la Universidad Nacional de Colombia [Tesis de especialista, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia] [Internet]. 2017 [citado 2025 septiembre 13]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/items/b1842c13-e832-44b6-8ed3-453cd7593535>
6. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics* [Internet]. 2008 [cited 2025 September 13]; 34(11): 1291-1301. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.028>
7. Alharbi MA. The Outcome of Contemporary Intentional Replantation: a retrospective study. *Medical Research Archives* [Internet]. 2023 [cited 2025 September 13]; 11(8). Available in: <https://esmed.org/MRA/mra/article/view/4228>
8. Herrera D, Quintero J, Castellanos M, Velásquez A, López B. Beneficios de la descompresión y enucleación en lesiones quísticas de gran tamaño en la mandíbula. *Revista Vive* [Internet]. 2024 [citado 2025 septiembre 13]; 7(19):194-206. Disponible en: <https://revistavive.org/index.php/revistavive/article/view/429>
9. Jakovljevic A, Nikolic N, Jacimovic J, Pavlovic O, Milicic B, Beljic-Ivanovic K, et al. Prevalence of apical periodontitis and conventional nonsurgical root canal

- treatment in general adult population: an updated systematic review and meta-analysis of cross-sectional studies published between 2012 and 2020. *Journal of Endodontics* [Internet]. 2020 [cited 2025 September 13]; 46(10):1371-1386.e8. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.007>
10. Yu YH, Kim M, Kratchman S, Karabucak B. Surgical management of lateral lesions with intentional replantation in single-rooted mandibular first premolars with radicular groove: 2 case reports. *Journal of the American Dental Association* [Internet]. 2022 [cited 2025 September 13];153(4): 371-381. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35078591/>
 11. Santos JM, Marques JA, Esteves M, Sousa V, Palma PJ, Matos S. Intentional replantation as a starting approach for a multidisciplinary treatment of a mandibular second molar: a case report. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2022 [cited 2025 September 13];11(17):5111. Available in: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm11175111>
 12. Liang Y, Ma R, Chen L, Dai X, Zuo S, Jiang W, et al. Efficacy of i-PRF in regenerative endodontics therapy for mature permanent teeth with pulp necrosis: study protocol for a multicentre randomised controlled trial. *Trials* [Internet]. 2021 [cited 2025 September 13]; 22:436. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s13063-021-05401-7>
 13. Miron RJ, Fujioka-Kobayashi M, Hernandez M, Kandalam U, Zhang Y, Ghanaati S, et al. Injectable platelet rich fibrin (i-PRF): opportunities in regenerative dentistry? *Clinical Oral Investigations* [Internet]. 2017 [cited 2025 September 13]; 21(8):2619-2627. Available in: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-017-2063-9>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.







El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Terapia regenerativa pulpar en diente permanente con ápice cerrado usando I-PRF y A-PRF como andamio biológico

Pulp regenerative therapy in permanent teeth with closed apex using I-PRF and A-PRF as biological scaffolds

- ¹ Nataly del Cisne Alberca Gaona  <https://orcid.org/0009-0005-3151-6696>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
nataly.ag20c@gmail.com
- ² Paola Belén Sarmiento Tigre  <https://orcid.org/0009-0002-2972-6502>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
paolasarmi123@gmail.com
- ³ Angie Nathalia Oviedo Delgado  <https://orcid.org/0000-0002-7533-5994>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
angie.oviedo@ucacue.edu.ec
- ⁴ Felipe Guido Rodríguez Reyes  <https://orcid.org/0000-0001-7253-3162>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
felipe.roduiguez@ucacue.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/01/2026

Revisado: 08/02/2026

Aceptado: 02/03/2026

Publicado: 23/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3624>

Cítese:

Alberca Gaona, N. del C., Sarmiento Tigre, P. B., Oviedo Delgado, A. N., & Rodríguez Reyes, F. G. (2026). Terapia regenerativa pulpar en diente permanente con ápice cerrado usando I-PRF y A-PRF como andamio biológico. *Anatomía Digital*, 9(1), 96-115. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3624>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

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

Palabras claves:

Necrosis pulpar;
fibrina rica en
plaquetas;
regeneración;
ingeniería tisular;
endodoncia.

Resumen

Introducción: La terapia regenerativa pulpar constituye una alternativa innovadora cuyo objetivo principal es devolver la vitalidad pulpar, incluso en dientes con ápice cerrado. Mediante el uso de andamios biológicos como la fibrina rica en plaquetas avanzada (A-PRF) y fibrina rica en plaquetas inyectable (i-PRF), es posible estimular de manera natural los procesos de cicatrización y regeneración, favoreciendo no solo la reparación estructural, sino también la restauración funcional del tejido pulpar dañado. **Presentación del caso:** Se reporta el caso de un paciente masculino de 27 años, con diagnóstico de necrosis pulpar y periodontitis apical asintomática en el diente 25, el cual fue tratado mediante terapia regenerativa. El abordaje terapéutico incluyó la desinfección progresiva del conducto radicular con hidróxido de calcio y pasta triantibiótica. Posteriormente, se indujo sangrado apical, se inyectó i-PRF y se colocó una membrana de A-PRF obtenidos de la sangre autóloga, para favorecer la regeneración tisular, finalmente se selló el conducto con un material biocerámico. **Objetivo General:** Describir un caso clínico del uso combinado de fibrina rico en plaquetas avanzada (APRF) y fibrina rica en plaquetas inyectable (i-PRF) como andamios biológicos en la terapia regenerativa de un diente permanente con necrosis pulpar y ápice cerrado, destacando su potencial como alternativa biológica para la reparación pulpar y periapical. **Objetivos Específicos:** **1.** Analizar la efectividad clínica de una terapia regenerativa pulpar sin el uso de gutapercha, valorando si es una opción viable dentro de los procedimientos biológicos en endodoncia. **2.** Comparar los resultados obtenidos en el presente caso clínico con otros reportes documentados en la literatura donde utilizaron terapia pulpar convencional y terapia regenerativa pulpar. **3.** Determinar los cambios clínicos y radiográficos observados tras la aplicación de A-PRF e i-PRF como andamios biológicos en un diente con desarrollo radicular completo. **Conclusiones:** La terapia regenerativa pulpar mediante el uso combinado de concentrados plaquetarios ha demostrado ser una alternativa biológica viable para el tratamiento de dientes permanentes con necrosis pulpar y ápice cerrado. En el caso clínico presentado, este abordaje permitió

favorecer los procesos de cicatrización y regeneración tisular, evidenciándose una evolución clínica favorable y cambios radiográficos compatibles con reparación periapical. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Endodoncia. **Tipo de artículo:** Caso clínico.

Keywords:

Pulp necrosis;
platelet-rich fibrin;
regeneration; tissue
engineering;
endodontics.

Abstract

Introduction: Pulp regenerative therapy is an innovative alternative whose main objective is to restore pulp vitality, even in teeth with a closed apex. Using biological scaffolds such as advanced platelet-rich fibrin (A-PRF) and injectable platelet-rich fibrin (i-PRF), it is possible to naturally stimulate healing and regeneration processes, favoring not only structural repair, but also the functional restoration of damaged pulp tissue. **Case presentation:** We report the case of a 27-year-old male patient diagnosed with pulp necrosis and asymptomatic apical periodontitis in tooth 25, which was treated with regenerative therapy. The therapeutic approach included progressive disinfection of the root canal with calcium hydroxide and triantibiotic paste. Subsequently, apical bleeding was induced, i-PRF was injected, and an A-PRF membrane obtained from autologous blood was placed to promote tissue regeneration. Finally, the canal was sealed with a bioceramic material. **General Objective:** To describe a clinical case of the combined use of advanced platelet-rich fibrin (APRF) and injectable platelet-rich fibrin (i-PRF) as biological scaffolds in the regenerative therapy of a permanent tooth with pulp necrosis and a closed apex, highlighting its potential as a biological alternative for pulp and periapical repair. **Specific Objectives:** **1.** To analyze the clinical effectiveness of a pulp regenerative therapy without the use of gutta-percha, assessing whether it is a viable option within biological procedures in endodontics. **2.** To compare the results obtained in the present clinical case with other reports documented in the literature where conventional pulp therapy and pulp regenerative therapy were used. **3.** To determine the clinical and radiographic changes observed after the application of A-PRF and i-PRF as biological scaffolds in a tooth with complete root development. **Conclusions:** Pulp regenerative therapy using a combined approach with platelet

concentrates has proven to be a viable biological alternative for the treatment of permanent teeth with pulp necrosis and closed apices. In the clinical case presented, this approach promoted healing and tissue regeneration processes, demonstrating favorable clinical outcomes and radiographic changes compatible with periapical repair. **General area of study:** Dentistry. **Specific area of study:** Endodontics. **Type of article:** Case report.

1. Introducción

La endodoncia constituye una especialidad odontológica enfocada en el estudio y tratamiento de las enfermedades que afectan a la pulpa dental y a los tejidos periapicales. Su principal propósito es preservar los dientes que han sido comprometidos por caries extensas, traumatismos o procesos infecciosos, evitando su extracción y restaurando su función dentro del sistema estomatognático. Con el transcurso del tiempo, esta disciplina ha evolucionado significativamente, incorporando enfoques cada vez más conservadores y biológicos que buscan no solo eliminar el tejido dañado, sino también promover la reparación o incluso la regeneración de las estructuras dentales comprometidas (1) (2).

En este contexto, la endodoncia regenerativa ha surgido como un enfoque innovador que involucra la ingeniería de tejidos constituida por células madre, biomateriales y factores de crecimiento bioactivos (3) (4). Las células madre son responsables de la curación y regeneración del tejido después del daño. Los biomateriales proporcionan un espacio de crecimiento tridimensional y regulan la función celular para las células. Los factores de crecimiento mejoran el efecto regenerativo y la función reguladora de las células madre (5). Sin embargo la regeneración pulpar basada en células madre aún enfrenta importantes desafíos, entre ellos la complejidad de los procedimientos clínicos para la obtención y manejo de estas células, el riesgo de rechazo de injertos, las consideraciones éticas y la posibilidad de complicaciones asociadas a tratamiento (6).

Por esta razón, actualmente, se están desarrollando múltiples investigaciones orientadas a evaluar estrategias basadas en la ingeniería de tejidos para la regeneración pulpar. Entre las alternativas más empleadas se encuentran los derivados sanguíneos autólogos, como la Fibrina Rica en Plaquetas Avanzada (A-PRF) y la Fibrina Rica en Plaquetas Inyectable (i-PRF), los cuales han adquirido un papel relevante (7). Alternativas que fueron utilizadas en el presente caso para favorecer los procesos de reparación y regeneración tisular.

Ambas formulaciones se obtienen mediante la centrifugación de sangre venosa autóloga y se caracterizan por concentrar elevadas cantidades de plaquetas, leucocitos y proteínas bioactivas. Estos biomateriales funcionan como andamios biológicos capaces de liberar de manera sostenida diversos factores de crecimiento que de forma general incitan las células madre mesenquimales indiferenciadas, lo que a su vez estimula la producción de colágeno y agentes antiinflamatorios locales mejorando la regeneración de tejidos blandos y duros. Entre estos factores se encuentra el Factor de Crecimiento Derivado de Plaquetas (PDGF) y el Factor de Crecimiento Transformante (TGF) se encargan de la diferenciación odontoblástica y dentinogénesis; el Factor de Crecimiento Endotelial Vascular (VEGF) por otra parte ayuda en la formación de nuevos vasos sanguíneo dentro de la pulpa; el Factor de Crecimiento Transformante Beta (TGF- β) y el Factor de Crecimiento Similar a la Insulina (IGF) ayudan en la proliferación y diferenciación de celular favoreciendo la regeneración de dentina y finalmente el Factor de Crecimiento Epitelial (EGF) promueve la cicatrización y reparación epitelial (8) (9).

La combinación de A-PRF e i-PRF representa una estrategia integral en endodoncia regenerativa, dado que el A-PRF tiene una consistencia densa, actúa como una matriz tridimensional capaz de sostener y diferenciar celular, mientras que el i-PRF, de naturaleza más fluida, favorece la difusión de componentes bioactivos a zonas de difícil acceso. Esta sinergia potencia la capacidad regenerativa, incluso en dientes con ápice cerrado, escenario en el que tradicionalmente solo se consideraban tratamientos convencionales. La evidencia clínica ha comenzado a respaldar su uso como alternativa en terapias biológicas donde se busca reducir el uso de materiales inertes (10)(11), y potenciar el uso de materiales biológicos autólogos que favorezcan la reparación pulpar y por ende el alargamiento y engrosamiento progresivo de las paredes dentinarias en dientes inmaduros, curación de la lesión periapical y cierre apical (3).

Si bien es cierto el uso de gutapercha y selladores tradicionales como el óxido de zinc-eugenol. Resina epoxi y siliconas han sido ampliamente utilizados durante décadas en la endodoncia convencional (12), sin embargo, presentan limitaciones como la microfiltración y su naturaleza inerte lo que les impide participar en los procesos de cicatrización o estimulación tisular al limitar exclusivamente a sellar el conducto sin generar interacción biológica su aplicación resulta menos adecuada en tratamientos que buscan promover la regeneración del tejido pulpar y periapical (13)(14).

El desarrollo de cementos a base de resinas, como AH Plus, y posteriormente de materiales biocerámicos, como el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine, surgen de la necesidad de contar con materiales que no solo proporcionen estabilidad dimensional y un adecuado sellado hermético del sistema de conductos radiculares, sino que además favorezcan la cicatrización y reparación de los tejidos periapicales (15).

Estos biomateriales fueron diseñados para mejorar la biocompatibilidad, reducir la respuesta inflamatoria y estimular procesos biológicos clave y mejorar las propiedades antimicrobianas, como la formación de cemento, la regeneración ósea y la inducción de la reparación tisular (16). Están diseñados para ser duraderos y estables en el sistema de conductos radiculares, proporcionando un sellado fiable y duradero. Como es el caso del Biodentine, un biocerámico a base de silicato tricálcico que combina propiedades de sellado, biocompatibilidad y capacidad de inducir la formación de dentina reparativa (17). Su uso ha demostrado ser eficaz en procedimientos regenerativos, especialmente como material de sellado cervical en tratamientos sin gutapercha. A diferencia de los materiales tradicionales, el Biodentine no solo cumple su función de barrera física, sino que también ayuda a crear un microambiente favorable que contribuye en la resolución de lesiones periapicales y el restablecimiento funcional del tejido (18).

Por lo tanto, el presente caso clínico tiene como objetivo describir la aplicación de una terapia regenerativa pulpar en un diente con ápice cerrado, utilizando A-PRF e i-PRF como materiales biológicos, con el propósito de evaluar su potencial en la estimulación de la cicatrización tisular, la reparación pulpar y la cicatrización periapical, prescindiendo del uso de gutapercha como material obturador.

2. Metodología

Se realizó un reporte de caso clínico descriptivo, en el que se evidencia la aplicación de terapia endodóntica regenerativa en un diente permanente inmaduro con diagnóstico de necrosis pulpar, tratado mediante la combinación de fibrina rica en plaquetas avanzada (A-PRF) y fibrina rica en plaquetas inyectable (i-PRF), resaltando su potencial como terapia biológica en endodoncia regenerativa

La información fue recopilada a partir de la historia clínica del paciente, así como de evaluaciones clínicas y estudios de imagen, que incluyeron radiografías periapicales. Asimismo, se realizó un seguimiento clínico con controles periódicos al mes, 2 meses, 4 meses, 5 meses y 7 meses, lo que permitió la evaluación de la evolución de la lesión, el cierre apical, los procesos de cicatrización y el comportamiento clínico de la pieza dentaria.

El presente estudio se desarrolló en concordancia con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito del paciente y de su representante legal tanto para la realización del tratamiento como para la publicación de la información clínica e imágenes con fines académicos y científicos. En todo momento se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los datos personales.

3. Resultados - Presentación del caso

Paciente masculino de 27 años acudió a la clínica de posgrado de Endodoncia de la Universidad Católica de Cuenca para evaluación. El paciente no presentó antecedentes sistémicos relevantes y se encontraba asintomático al momento de la consulta. La evaluación radiográfica digital realizada con sensor NanoPix 1.5 (Changzhou, Jiangsu, China), evidenció una lesión radiolúcida periapical asociada al órgano dental 2.5, compatible con un proceso inflamatorio crónico. En el examen clínico, las pruebas de sensibilidad térmica (frío) realizadas con resultaron negativas, al igual que la prueba de percusión vertical y horizontal, descartando sintomatología dolorosa aguda. Con base en los hallazgos clínicos y radiográficos, se estableció el diagnóstico de necrosis pulpar con periodontitis apical asintomática en el diente 2.5.

Al paciente se le presentaron dos alternativas de tratamiento: la terapia endodóntica convencional y la terapia regenerativa. Luego de una explicación detallada sobre los beneficios, limitaciones, riesgos y posibles complicaciones asociada a cada opción terapéutica, el paciente optó por la realización de una terapia regenerativa con el propósito de favorecer la reparación y revitalización del tejido pulpar. El procedimiento clínico fue realizado conforme a los principios éticos de la declaración de Helsinki y de la normativa vigente para investigación en seres humanos. Se obtuvo el consentimiento informado del paciente por escrito, garantizando que el paciente comprendiera de manera clara la naturaleza del tratamiento, así como las alternativas terapéuticas disponibles. Así mismo se contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación en Seres Humanos (CEISH-1212), lo que asegura la protección de los derechos y el bienestar del paciente.

Dado que el diente presentaba un ápice radicular cerrado, se propuso un abordaje terapéutico biológico. Para ello, se seleccionó el empleo de derivados sanguíneos autólogos, específicamente Fibrina Rica en Plaquetas Avanzada (A-PRF) y Plasma Rico en Fibrina Inyectable (i-PRF). La elección de esta estrategia tuvo como finalidad estimular los procesos de cicatrización, promover la reparación pulpar y favorecer la reparación de los tejidos periapicales, ofreciendo así un enfoque biológico y conservador frente a los tratamientos tradicionales

3.1. Fase preoperatoria

En la primera sesión, bajo anestesia local con lidocaína al 2%, (New Stetic , Antioquia, Colombia) se realizó la apertura cameral y la localización del conducto único. Este fue explorado con una lima inicial #55, estableciendo una longitud de trabajo de 19 mm (**Figura 1**), determinada a partir de la cúspide vestibular como referencia anatómica. Posteriormente, se llevó a cabo el protocolo de instrumentación hasta una lima final #80, a la misma longitud de trabajo. Durante la preparación biomecánica, se empleó irrigación abundante con hipoclorito de sodio al 5%, seguido de solución salina estéril, EDTA al

17% para la remoción del barrillo dentinario y, finalmente, un enjuague con suero fisiológico para neutralizar los residuos. Como medicación intracanal se colocó hidróxido de calcio ultracal (Ultradent, South Jordan, EE. UU) el cual fue renovado durante la segunda y tercera cita

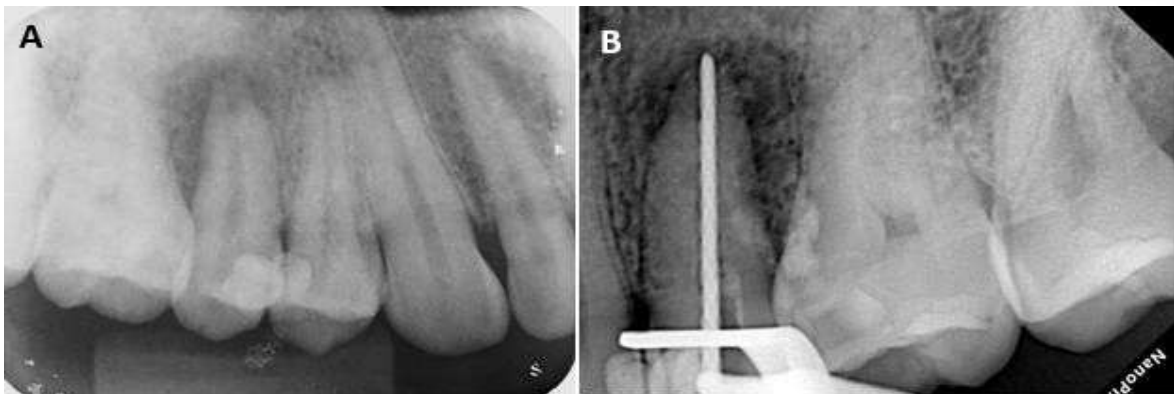


Figura 1. Primera cita. **A:** Radiografía periapical inicial que muestra la presencia de lesión periapical asociada al órgano dentario 2.5, compatible con necrosis pulpar. **B:** Radiografía de conductometría, en la que se determinó la longitud de trabajo con lima manual.

En la cuarta cita el paciente presentó una reagudización clínica, acudiendo al control con la presencia de una fístula vestibular, debido a esta situación, se decidió modificar la estrategia de desinfección intracanal desde la cuarta hasta la sexta sesión se reemplazó el hidróxido de calcio por una pasta triantibiótica compuesta por ciprofloxacino en concentración de 500mg, metronidazol en concentración de 500mg y minociclina en concentración de 100mg, con el objetivo de garantizar una desinfección más profunda del sistema de conductos y reducir de manera eficaz la carga bacteriana residual.

En el control correspondiente a la sexta cita se evidenciaron signos clínicos favorables de evolución. Se observó una disminución significativa de la fístula, acompañado de una mucosa con coloración y aspecto normales, sin presencia de eritema, edema o cambios inflamatorios locales. El paciente no refirió dolor a la palpación en la zona afectada, lo que corroboró la resolución progresiva del proceso inflamatorio. Asimismo, durante la retirada de la medicación intracanal, se constató la ausencia de exudado purulento; esta condición fue verificada mediante el secado del conducto radicular con conos de papel número 80, los cuales permanecieron secos, confirmando un adecuado control de la infección intracanal.

3.2. Fase intraoperatoria

En la séptima cita se llevó a cabo el procedimiento regenerativo, el cual incluyó la obtención de los andamios biológicos necesarios para la terapia. Para la preparación del A-PRF, se realizó la extracción de 10 ml de sangre periférica en tubos de vidrio estériles sin anticoagulante, los cuales fueron centrifugados inmediatamente a 1300 rpm durante

14 minutos. Este protocolo permitió la formación de una matriz de fibrina tridimensional densa, rica en plaquetas y leucocitos, que posteriormente fue separada cuidadosamente de la fracción eritrocitaria y moldeada en forma de membrana para su colocación intracanal. De manera paralela, se obtuvieron 5 ml adicionales de sangre en tubos de plástico sin anticoagulante con el fin de preparar i-PRF. En este caso, los tubos fueron sometidos a centrifugación a 700 rpm durante 3 minutos (**Figura 2**), generando un concentrado líquido de color amarillento, rico en factores de crecimiento y células inmunocompetentes. Este producto fue recolectado con una jeringa de insulina estéril y reservado para su aplicación intracanal.

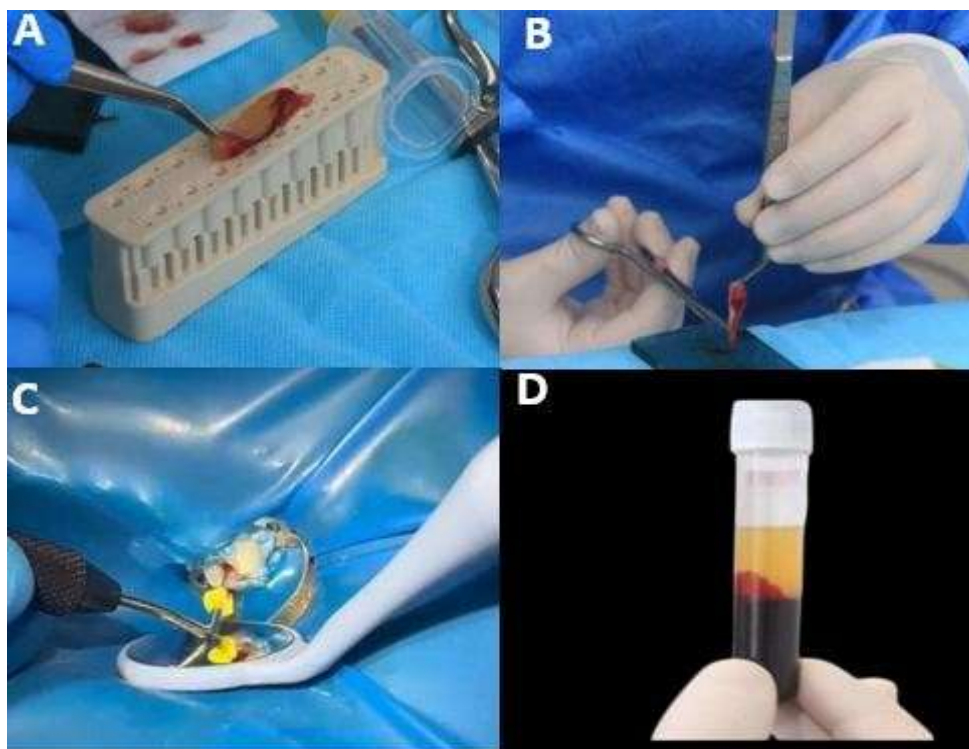


Figura 2. Obtención de los concentrados plaquetarios autólogos. **A).** Membrana de fibrina rica en plaquetas avanzada (A-PRF) **B)** Separación de la zona de células rojas. **C)** Colocación del A-PRF intraconducto **D)** obtención de A-PRF en tubo de recolección sin aditivo.

Previo a la preparación y colocación de los concentrados plaquetarios, se procedió a la eliminación completa de la medicación intracanal. Para ello, se irrigó abundantemente con hipoclorito de sodio al 5,25%, seguido de suero fisiológico, asegurando la remoción de restos orgánicos e inorgánicos y garantizando un ambiente libre de residuos. Posteriormente, se verificó que el conducto radicular se encontrara completamente seco y limpio antes de continuar con la fase regenerativa.

A continuación, se indujo el sangrado apical controlado mediante sobre instrumentación con una lima manual número #80, con el objetivo de favorecer la extravasación sanguínea

desde el tejido periapical hacia el interior del conducto. Este procedimiento permitió la formación de un coágulo sanguíneo estable en el tercio apical, el cual se dejó en reposo durante aproximadamente 15 minutos para garantizar su adecuada consolidación y fijación como matriz inicial. Una vez estabilizado el coágulo, se procedió a la Infiltración de Plasma Rico en Fibrina Inyectable (i-PRF) sobre la zona coagulada, con la finalidad de potenciar el aporte de factores de crecimiento y optimizar el microambiente biológico para la regeneración tisular. Acto seguido, se colocó una membrana de Plasma Rico en Fibrina Avanzada (A-PRF) cuidadosamente adaptada en la entrada del conducto, proporcionando un andamio físico tridimensional que favoreciera la migración celular y la integración de los tejidos neoformados.

Adicionalmente se incorporó una membrana de colágeno reabsorbible dental cube (SMI Group, Italia) sobre el A-PRF, actuando como barrera mecánica y contribuyendo a la estabilidad del sistema regenerativo. Finalmente, se realizó el sellado coronario inmediato con Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Francia) respetando un tiempo de fraguado de 12 minutos. Finalmente se colocó una restauración provisional con Temp IT® (Spident, Incheon, Corea del Sur), asegurando un cierre hermético y la protección del área tratada durante el periodo de cicatrización

3.3. Fase postoperatoria

Al mes posterior al procedimiento regenerativo con A-PRF e i-PRF, se llevó a cabo la primera evaluación clínica de control. El paciente se encontraba asintomático, sin reporte de dolor espontáneo ni a la palpación en la zona vestibular del órgano dentario 2.5. Durante la exploración clínica, los tejidos blandos circundantes presentaban una mucosa de aspecto normal, sin inflamación, lo que sugiere una adecuada evolución postoperatoria y un proceso de cicatrización favorable.

Al momento del control, el paciente refiere ausencia de dolor, inflamación o sensibilidad a la palpación, lo que constituye un indicador temprano del éxito de la terapia regenerativa, reflejando una respuesta tisular positiva al uso combinado de A-PRF e i-PRF como andamios biológicos. Este hallazgo refuerza el potencial de los concentrados plaquetarios como estrategia terapéutica predecible en dientes permanentes maduros sometidos a endodoncia regenerativa. Considerando la ausencia de signos y síntomas clínicos, así como la estabilidad del sellado temporal colocado previamente, se procedió a la restauración definitiva de la pieza dentaria. Para ello, se seleccionó una resina compuesta nanohíbrida Opallis, tono DA2 (FGM Dental Products, Joinville, Brasil), que permitió una restauración estética y funcional, asegurando la integridad coronaria y previniendo la microfiltración.



Figura 3. Seguimiento posoperatorio de tratamiento regenerativo. **A)** Radiografía periapical inicial. **B)** radiografía periapical a las 4 semanas del procedimiento **C)** seguimiento de 2 meses después del procedimiento.

A las 4 semanas posterior al procedimiento se realizó un control clínico y radiográfico del diente tratado (**Figura 3**). En la evaluación radiográfica realizada a las cuatro semanas posteriores al procedimiento se evidenció la persistencia de hidróxido de calcio en los tejidos periapicales. Ante este hallazgo, se optó por un enfoque de seguimiento con el objetivo de evaluar la posible reabsorción espontánea del material en controles posteriores. A los dos meses posteriores al tratamiento se observó un ligero pero evidente proceso de reparación del tejido periapical, mostrando una disminución progresiva de la lesión ósea, aunque con persistencia de hidróxido de calcio. En el examen clínico se realizaron las pruebas de sensibilidad pulpar mediante estímulo térmico frío, utilizando (Endo-Ice®), previamente el diente fue aislado de forma relativa con algodones y secado suavemente con aire, Posteriormente se colocó una torunda de algodón impregnada con Endo-Ice® sobre la cara vestibular del diente durante un periodo aproximado de 5 segundos, en este control no se obtuvo respuesta clínica al estímulo. No obstante, estos hallazgos sugieren una evaluación favorable del tejido periapical compatible con una respuesta positiva inicial a la terapia regenerativa pulpar

Asimismo, la restauración definitiva con resina compuesta se mantiene íntegra, con buen sellado y sin signos de filtración marginal, lo que garantiza la estabilidad del diente en este periodo de seguimiento. Los resultados obtenidos hasta el momento refuerzan la importancia de los concentrados plaquetarios autólogos como andamios biológicos, capaces de generar un microambiente favorable para la reparación tisular temprana y la evolución clínica positiva en dientes con necrosis pulpar y periodontitis apical.

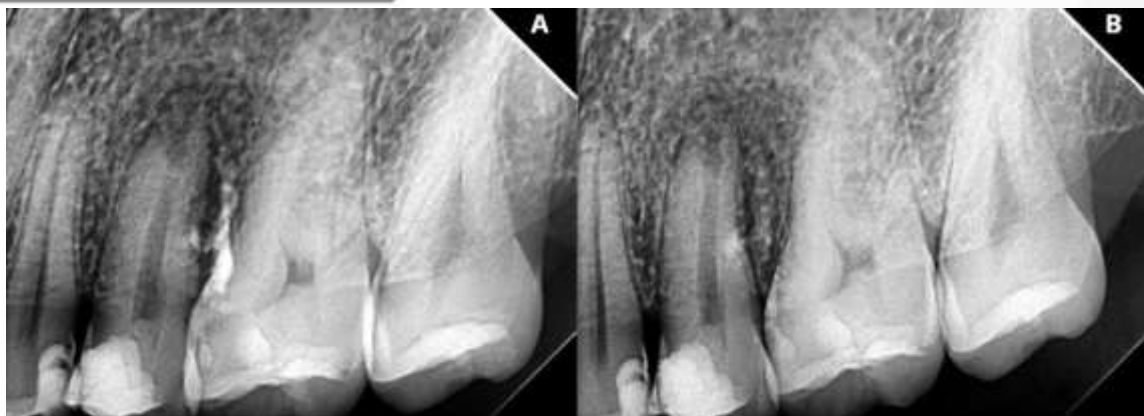


Figura 4. Seguimiento posoperatorio de tratamiento regenerativo. **A)** Radiografía periapical a los 4 meses del procedimiento **B)** Rx periapical a los 5 meses de tratamiento.

Cuatro meses después del tratamiento regenerativo, se realizó un control clínico y radiográfico para evaluar la evolución del caso. En el examen radiográfico se evidenció la persistencia de hidróxido de calcio en los tejidos periapicales. Ante este hallazgo, se decidió realizar un abordaje quirúrgico, mediante la elevación de un colgajo mucoperiostico por vestibular, con el objetivo de acceder directamente a la zona afectada. Posteriormente, se procedió a la remoción del material residual utilizando una cureta y una cucharilla quirúrgica, seguida de irrigación con suero fisiológico. La ausencia de restos de hidróxido de calcio fue confirmada mediante una radiografía de control intraoperatoria. A pesar de la persistencia previa del material, el control radiográfico permitió evidenciar signos de mejoría en la cicatrización de los tejidos periapicales. Desde el punto de vista clínico, siguiendo el mismo protocolo empleado en el control previo para las pruebas de sensibilidad pulpar el paciente manifestó una respuesta leve al estímulo, lo que sugiere el inicio de recuperación sensorial (**Figura 4**).



Figura 5. Seguimiento de 7 meses del tratamiento regenerativo.

A los cinco meses posteriores a la terapia regenerativa pulpar, se realizó un control clínico y radiográfico. Durante la evaluación clínica, se repitieron las pruebas de sensibilidad pulpar mediante estímulo térmico frío utilizando (Endo-Ice®), siguiendo el mismo protocolo empleado en el control previo. Estas pruebas evidenciaron una respuesta positiva al estímulo térmico, lo que sugiere la recuperación de la sensibilidad pulpar. Este hallazgo clínico resulta relevante, ya que indica la recuperación funcional del órgano dentario, compatible con una respuesta favorable del tejido pulpar. Desde el punto de vista radiográfico, se observó la ausencia de material radiopaco residual, así como signos claros de reparación de los tejidos periodontales, caracterizados por una disminución progresiva de la lesión ósea periapical. Estos hallazgos clínicos y radiográficos son compatibles con una evolución favorable posterior a la terapia regenerativa (**Figura 5**).

4. Discusión

En el estudio de Riaz et al. (8) se menciona que la endodoncia regenerativa ha surgido con el propósito de restaurar la funcionalidad del complejo pulpo-dentina, siendo el coagulo sanguíneo el método más empleado como andamio natural dado su contenido de células madre, factores de crecimiento y matriz extracelular que favorecen la cicatrización y reparación tisular. Sin embargo, en los últimos años se ha impulsado la incorporación de concentrados plaquetarios autólogos cuya principal ventaja teórica radica en la liberación controlada y sostenida de factores de crecimiento como VEGF y TGF- β . A. No obstante, la evidencia disponible presenta resultados contradictorios. Pues en este artículo se sugiere que ni el PRP ni el PRF ofrecen ventajas significativas frente al coagulo sanguíneo en cuanto al engrosamiento de las paredes dentinarias, crecimiento radicular y cierre apical. Aunque si se ha documentado la formación de tejidos vitales neoformados incluyendo tejidos similares al hueso, cemento y tejido conectivo vascularizado. Si bien es cierto algunos hallazgos indican que estos tejidos pueden otorgar un refuerzo estructural aumentando la resistencia a la fractura, no se ha demostrado que logren reproducir por completo la organización celular y la función del tejido pulpar original. En este sentido, la falta de evidencias sobre procesos críticos como la inervación y la respuesta adaptativa frente a nuevas agresiones representa una limitación sustancial para considerar a los concentrados plaquetarios como sustitutos del tejido pulpar. A pesar de esta información en el presente caso clínico se puede evidenciar que la combinación de A-PRF e i-PRF está favoreciendo la resolución de síntomas clínicos y favoreciendo a la reparación apical, lo que sugiere que la integración de ambos concentrados plaquetarios podría potenciar los resultados regenerativos y superar, al menos en parte, algunas de las limitaciones previamente descritas

Por su parte Darwish et al. (19) reportaron en un ensayo clínico aleatorizado en dientes permanentes maduros con necrosis pulpar y periodontitis periapical realizando una comparativa de la eficacia de tres diferentes andamios biológicos en procedimientos

endodónticos regenerativos, Los resultados en este estudio mostraron que tras la desinfección con pasta antibiótica doble, protocolos de irrigación y el seguimiento de 18 meses se obtuvo un éxito en la curación periapical radiográfica de 58.8% para el coágulo sanguíneo, 94.1% para la Fibrina Rica en Plaquetas Estándar (S-PRF) y 76.5% para la fibrina rica en plaquetas avanzada. Evidenciando una mayor tendencia a la resolución de la lesión en los grupos con concentrados plaquetarios, especialmente con S-PRF. Asimismo, la recuperación de la sensibilidad pulpar y el éxito clínico (ausencia de dolor e inflamación) fueron más frecuentes en los grupos con PRF, lo que sugiere que estos andamios biológicos, al liberar factores de crecimiento de manera sostenida y favorecer la proliferación celular, podrían ofrecer ventajas frente al coágulo sanguíneo. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de los REP en dientes maduros con periodontitis apical crónica y destacan el potencial del uso de PRF como estrategia biológica en comparación con los métodos convencionales. Con base en esta evidencia, en el presente caso clínico se implementó un protocolo de irrigación semejante empleando hipoclorito y EDTA y medicación antibiótica a través del conducto, no obstante, se introdujeron ligeras modificaciones, ya que se optó por una pasta triantibiótica y se sustituyó el uso de S-PRF con I-PRF. A pesar de estas variaciones los resultados obtenidos hasta el momento han mostrado una evolución clínica favorable, reflejada en la resolución de síntomas. Sin embargo, aún no ha sido posible constatar radiográficamente una cicatrización completa de la lesión periapical ni la recuperación de la sensibilidad en el órgano dental tratado.

Además Liang et al. (1) menciona que si bien es cierto la terapia convencional de conducto radicular es el tratamiento más aceptado, no logra restaurar la vitalidad ni la función neurovascular del diente, por lo que la Terapia Endodóntica Regenerativa (RET) surge como una alternativa prometedora al aplicar principios de ingeniería de tejidos mediante células madre, andamios y factores bioactivos; entre los andamios, el coágulo sanguíneo ha sido el más utilizado, aunque limitado por su escasa concentración de factores de crecimiento y dificultades técnicas, lo que ha impulsado la investigación de concentrados plaquetarios como la Fibrina Rica en Plaquetas (PRF). La fibrina rica en plaquetas inyectable (i-PRF), es un derivado líquido obtenido mediante centrifugación de baja velocidad que ofrece una matriz tridimensional con alta concentración de plaquetas, leucocitos y factores de crecimiento, capaz de modular la inflamación, ejercer efectos antibacterianos y potenciar la regeneración ósea y pulpar; En base a esta información en el 2021 diseñaron un ensayo clínico multicéntrico aleatorizado para evaluar y comparar la eficacia del i-PRF en comparación con el coágulo sanguíneo en dientes maduros necróticos, haciendo un seguimiento de 24 meses para evaluar el éxito clínico y radiográfico y la sensibilidad pulpar, destacando así su potencial como un nuevo andamio biológico en terapia regenerativa. Por esta razón la aplicación del I-PRF y A-PRF se ven respaldado para el presente caso clínico, esperando recuperación de la sensibilidad y curación de la lesión.

En contraste el estudio de Rastogi et al. (20) incorporó Plasma Rico en Factores de Crecimiento Autólogo (PRF) como andamio biológico y evaluó un total de 20 dientes unirradiculares con lesiones periapicales. Para medir la revascularización, utilizaron oxímetro de pulso junto con pruebas de sensibilidad eléctrica (21)(22). Los resultados mostraron un aumento significativo en la saturación de oxígeno pulpar y una mejora progresiva en la recuperación de la sensibilidad dental durante los seguimientos a los 6 y 12 meses, lo que evidencia que la combinación de matrices biológicas con métodos diagnósticos objetivos ofrece una manera confiable de confirmar el éxito biológico del tratamiento.

Aunque la regeneración pulpar representa un avance prometedor en endodoncia, aún enfrenta importantes limitaciones. La naturaleza del tejido regenerado no siempre corresponde a la pulpa verdadera y factores como la edad del paciente, el estado del ápice y la ausencia de protocolos clínicos estandarizados afectan los resultados. Además, la dependencia de una revascularización efectiva y el riesgo de reinfección durante el procedimiento siguen siendo desafíos clave que limitan su aplicabilidad clínica predecible.

5. Conclusiones

- En este caso clínico, la aplicación combinada de A-PRF e I-PRF como andamios biológicos en la terapia regenerativa pulpar de un diente con ápice cerrado permitió un manejo conservador y evidenció el potencial de los concentrados plaquetarios para favorecer la reparación y regeneración de los tejidos pulpares y periapicales, ofreciendo una alternativa biológica a los tratamientos convencionales. Estos biomateriales proporcionan un entorno favorable para la reparación tisular tanto apical como pulpar.
- Por lo tanto, si bien los concentrados plaquetarios autólogos representan un avance prometedor en la búsqueda de estrategias regenerativas más predecibles, su verdadera eficacia como alternativa a los métodos convencionales permanece en debate. Futuras investigaciones deben centrarse en caracterizar la composición y organización de los tejidos neoformados, estandarizar los protocolos de aplicación y explorar materiales de sellado alternativos al MTA, con el fin de dilucidar si estos biomateriales pueden cumplir realmente con el objetivo de restaurar un tejido pulpar funcional y no solo reparativo.

6. Conflicto de intereses

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

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

1. Liang Y, Ma R, Chen L, Dai X, Zuo S, Jiang W, et al. Efficacy of i-PRF in regenerative endodontics therapy for mature permanent teeth with pulp necrosis: study protocol for a multicentre randomised controlled trial. *Trials* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep.7]; 22(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34229752/>
2. Kritika S, Sujatha V, Srinivasan N, Renganathan SK, Mahalaxmi S. Prospective cohort study of regenerative potential of non-vital immature permanent maxillary central incisors using platelet rich fibrin scaffold. *Scientific Reports* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep.7];11(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34211068/>
3. Arshad S, Tehreem F, Rehab Khan M, Ahmed F, Marya A, Karobari MI. Platelet-rich fibrin used in regenerative endodontics and dentistry: current uses, limitations, and future recommendations for application. *International Journal of Dentistry* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep.7]; 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34956367/>
4. Jayadevan V, Gehlot PM, Manjunath V, Madhunapantula S V., Lakshmikanth JSD. A comparative evaluation of Advanced Platelet-Rich Fibrin (A-PRF) and Platelet-Rich Fibrin (PRF) as a scaffold in regenerative endodontic treatment of traumatized immature non-vital permanent anterior teeth: a prospective clinical study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep.7];13(5): e463–e472. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33981393/>
5. Xie Z, Shen Z, Zhan P, Yang J, Huang Q, Huang S, et al. Functional dental pulp regeneration: basic research and clinical translation. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2021 Aug [cited 2025 Sep.7];22(16):8991. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8396610/>

6. Li XL, Fan W, Fan B. Dental pulp regeneration strategies: A review of status quo and recent advances. *Bioactive Materials* [Internet]. 2024 Aug [cited 2025 Sep.7]; 38:258–75. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11090883/>
7. Hirani P, Chandak M, Agrawal P, Sarangi S, Suryawanshi T, Jidewar N, et al. Platelet power: revitalizing endodontics with scaffolds. *Cureus* [Internet]. 2024 May [cited 2025 Sep.7];16(5): e60691. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38899240/>
8. Riaz A, Shah FA. Regenerating the pulp–dentine complex using autologous platelet concentrates: a critical appraisal of the current histological evidence. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine* [Internet]. 2021 Feb [cited 2025 Sep.7];18(1):37–48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33150561/>
9. Rebimbas Guerreiro S, Marto CM, Paula A, Pereira JR de A, Carrilho E, Marques-Ferreira M, et al. Platelet-rich plasma and platelet-rich fibrin in endodontics: a scoping review. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2025 Jun 1 [cited 2025 Sep.7];26(12), 5479. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40564941/>
10. Kiaipour Z, Shafiee M, Ansari G. Role of platelet concentrates in dental-pulp regeneration: a systematic review of randomized clinical trials. *Journal of Dentistry (Iran)* [Internet]. 2024 Jun 1 [cited 2025 Sep.7];25(2):97–107. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38962085/>
11. Vishwanath V, Rao HM. Gutta-percha in endodontics - a comprehensive review of material science. *Journal of Conservative Dentistry* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2025 Sep.7];22(3):216–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31367101/>
12. Ortega MA, Rios L, Fraile-Martinez O, Boaru DL, Leon-Oliva D De, Barrena-Blázquez S, et al. Bioceramic versus traditional biomaterials for endodontic sealers according to the ideal properties. *Histology and Histopathology* [Internet]; 2024 [cited 2025 Sep.7];39:279–292. Available from: https://www.hh.um.es/Abstracts/Vol_39/39_3/39_3_279.htm
13. Wu Z, Lin Y, Xu X, Chen Z, Xiang Y, Yang L, et al. Clinical observation of autologous platelet rich fibrin assisted revascularization of mature permanent teeth. *Head & Face Medicine* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2025 Sep.7];19(1), 9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36922821/>

14. Pontoriero DIK, Ferrari Cagidiaco E, Maccagnola V, Manfredini D, Ferrari M. Outcomes of endodontic-treated teeth obturated with bioceramic sealers in combination with warm gutta-percha obturation techniques: a prospective clinical study. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2023 Apr 14 [cited 2025 Sep.7];12(8):2867. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/8/2867/htm>
15. Paz JER, Costa PO, Souza AAC, Oliveira IM de, Falcão LF, Falcão CAM, et al. Bone repair in defects filled with AH Plus sealer and different concentrations of MTA: a study in rat tibiae. *Restorative Dentistry & Endodontics* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep.7];46(4), e48. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8636085/>
16. Dong X, Xu X. Bioceramics in endodontics: updates and future perspectives. *Bioengineering* [Internet]. 2023 Mar 1 [cited 2025 Sep.7];10(3), 354. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36978746/>
17. Al-Rawhani AH, Mohamed Ibrahim S, Mohamed Abu Naeem F. Regenerative treatment of mature teeth with pulp necrosis and apical periodontitis using biodentine compared with mta: randomized controlled clinical trial. *European Endodontic Journal* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep.7];9(4):365-373. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39475095/>
18. Shah A, Peacock R, Eliyas S. Pulp therapy and root canal treatment techniques in immature permanent teeth: an update. *British Dental Journal* [Internet]. 2022 Apr 22 [cited 2025 Sep.7];232(8):524-530. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35459824/>
19. Darwish OB, Aziz SMA, Sadek HS. Healing potentiality of blood clot, S-PRF and A-PRF as scaffold in treatment of non-vital mature single rooted teeth with chronic peri-apical periodontitis following regenerative endodontic therapy: randomized clinical trial. *BMC Oral Health* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Sep.7];25(1), 50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39789544/>
20. Rastogi P, Chandra R, Misra P, Jain J. Regenerative approach to regain pulp vitality in devitalized mature tooth: an original research. *Endodontology* [Internet]. 2025 Jul 18 [cited 2025 Sep.21]; 37(3): 257-262. Available from: https://journals.lww.com/eddt/fulltext/2025/07000/regenerative_approach_to_regain_pulp_vitality_in.5.aspx
21. Grabliauskienė Ž, Zamaliauskienė R, Lodienė G. Pulp vitality testing with a developed universal pulse oximeter probe holder. *Medicina* [Internet]. 2021 Jan

23 [cited 2025 Sep.21];57(2):101. Available from: <https://www.mdpi.com/1648-9144/57/2/101/htm>

22. González Guachizaca GV, Morocho Morocho NP, Lugo Pinto MA, Rodriguez Reyes FG. Endodontic regeneration with A-PRF and I-PRF in a permanent tooth with immature apex: a clinical case report. Anatomía Digital [Internet]. 2025 Nov.13 [cited 2025 Dec.2];8(4):57-53. Available from: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/articloe/view/3558>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Beneficios del protocolo Williams en el tratamiento del dolor lumbar en el adulto mayor

Benefits of the Williams protocol in the treatment of lower back pain in older adults

- ¹ Edison Gustavo Herrera Hernández  <https://orcid.org/0009-0006-3416-6764>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
Maestría en Fisioterapia y Rehabilitación con mención en Terapia Inclusiva e Integral
- ² María Gabriela Romero Rodríguez  <https://orcid.org/0000-0002-9072-6504>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
maria.romero@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/01/2026

Revisado: 10/02/2026

Aceptado: 10/03/2026

Publicado: 26/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3628>

Cítese: Herrera Hernández, E. G., & Romero Rodríguez, M. G. (2026). Beneficios del protocolo Williams en el tratamiento del dolor lumbar en el adulto mayor. *Anatomía Digital*, 9(1), 116-134. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3628>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

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



Palabras claves:

Dolor lumbar, ejercicios de Williams, fisioterapia, ejercicio terapéutico, adultos mayores, funcionalidad lumbar.

Keywords:

Lower back pain, Williams exercises,

Resumen

Introducción: el dolor lumbar es una de las principales causas de discapacidad y un motivo frecuente de consulta en fisioterapia. Entre las opciones de tratamiento activo, los ejercicios de flexión de Williams se han planteado como una estrategia sencilla y accesible para reducir el dolor y mejorar la funcionalidad en personas adultas y adultas mayores, aunque la evidencia sobre su uso está dispersa. **Objetivo.** Analizar la evidencia científica sobre la efectividad del método de flexión de Williams en la disminución del dolor y la mejora de la funcionalidad en personas con dolor lumbar. **Metodología.** Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos y repositorios académicos de libre acceso, incluyendo artículos publicados entre 2015 y 2025 en español e inglés. Se seleccionaron estudios en adultos con dolor lumbar donde los ejercicios de Williams se utilizarían como intervención principal o combinada. Se incluyeron ensayos clínicos, estudios cuasi experimentales y revisiones, de los cuales 11 cumplieron los criterios de inclusión. **Resultados.** La mayoría de los estudios reporta una reducción significativa del dolor, medida con escalas como EVA o NRS, junto con mejoras en la funcionalidad y en actividades de la vida diaria. En adultos mayores se describe disminución del dolor y mayor autonomía, y en contextos laborales se observa menor interferencia del dolor en el desempeño ocupacional. Los ejercicios de Williams resultan efectivos, aunque no siempre superiores a otros programas activos, y muestran mejor impacto cuando se combinan con otras modalidades fisioterapéuticas. **Conclusión.** Los ejercicios de flexión de Williams constituyen una alternativa terapéutica eficaz, de bajo costo y fácil aplicación para el manejo del dolor lumbar. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos aleatorizados con protocolos estandarizados y seguimientos prolongados para definir la dosis óptima y los perfiles de pacientes que más se benefician. **Área de estudio general:** Ciencias de la Salud. **Área de estudio específica:** Fisioterapia / Rehabilitación musculoesquelética. **Tipo de estudio:** Revisión bibliográfica.

Abstract

Introduction. Low back pain is one of the leading causes of disability and a frequent reason for seeking physical therapy.

physical therapy,
therapeutic exercise,
older adults,
lumbar function.

Among active treatment options, William's flexion exercises have been proposed as a simple and accessible strategy for reducing pain and improving functionality in adults and older adults, although evidence on their use is scattered. **Objective.** To analyze the scientific evidence on the effectiveness of the Williams flexion method in reducing pain and improving functionality in people with low back pain. **Methodology.** A literature review was conducted in open-access databases and academic repositories, including articles published between 2015 and 2025 in Spanish and English. Studies in adults with low back pain were selected where Williams exercises would be used as the main or combined intervention. Clinical trials, quasi-experimental studies, and reviews were included, of which 11 met the inclusion criteria. **Results.** Most studies report a significant reduction in pain, measured using scales such as VAS or NRS, along with improvements in functionality and activities of daily living. In older adults, a decrease in pain and greater autonomy are described, and in work contexts, less interference of pain in occupational performance is observed. Williams exercises are effective, although not always superior to other active programs, and show better impact when combined with other physiotherapy modalities. **Conclusion.** Williams' flexion exercises are an effective, low-cost, and easy-to-apply therapeutic alternative for the management of low back pain. However, randomized clinical trials with standardized protocols and prolonged follow-ups are required to define the optimal dose and the profiles of patients who benefit most. **General study area:** Health Sciences. **Specific area of study:** Physiotherapy / Musculoskeletal Rehabilitation. **Type of study:** Literature review.

1. Introducción

El dolor lumbar es una de las principales causas de discapacidad en el mundo y se reconoce cada vez más como un problema de salud pública. Se calcula que en 2020 afectó a más de 619 millones de personas y que esta cifra seguirá aumentando hacia 2050, manteniéndose entre las primeras causas de años vividos con discapacidad en la población

adulto (1)(2). En las personas adultas mayores, el impacto es todavía más evidente, porque el dolor lumbar se relaciona con un mayor uso de servicios de salud, con limitaciones para moverse y con una pérdida progresiva de independencia (3).

En este grupo etario, la lumbalgia no se vive solo como una molestia localizada en la zona lumbar, sino como una experiencia que atraviesa la vida diaria. Actividades tan básicas como caminar, asearse, preparar la comida o hacer tareas domésticas pueden volverse difíciles o dolorosas. Esto favorece que la persona se vuelva más sedentaria, tenga miedo a moverse y reduzca su participación en la vida social, entrando en un círculo de dolor, pérdida de fuerza y dependencia que termina afectando de forma importante su calidad de vida (3). En esta perspectiva, la fisioterapia se enfrenta al desafío de ofrecer intervenciones que no solo reduzcan el dolor sino que también ayuden a mantener la funcionalidad, la autonomía y la sensación de seguridad del paciente en su entorno cotidiano.

Las guías clínicas internacionales que abordan el dolor lumbar crónico coinciden en señalar el ejercicio terapéutico como una de las estrategias de primera elección en adultos y adultos mayores, dentro de un enfoque integral que se centre en la persona (4)(5). Se han estudiado distintas formas de ejercicio, como el entrenamiento de fuerza, el trabajo de resistencia, el control motor y programas combinados en donde generalmente se ha observado que pueden mejorar el dolor, la capacidad funcional y la calidad de vida en personas con lumbalgia (3)(5)(6). En el caso particular sobre los adultos mayores con dolor lumbar crónico, el entrenamiento de resistencia progresiva se ha asociado de manera consistente con mejoras en la función física, aunque los resultados sobre la reducción del dolor son menos uniformes (3). Esto refuerza la idea de que el ejercicio es una herramienta clave, pero que su diseño y su dosificación deben adaptarse cuidadosamente a las características y necesidades de cada paciente.

Entre las propuestas concretas de ejercicio para el dolor lumbar, el protocolo de Williams se ha convertido en uno de los métodos clásicos. Este programa se basa en ejercicios de flexión lumbar y en el fortalecimiento de la musculatura abdominal y glútea, con la intención de disminuir la lordosis lumbar, reducir la carga sobre las articulaciones posteriores y favorecer la estabilidad de la columna (6). Es un conjunto de ejercicios de bajo costo, que puede enseñarse con explicaciones sencillas, no requiere equipamiento complejo y resulta aplicable en contextos comunitarios o rurales donde el acceso a servicios especializados de rehabilitación es limitado (6). Estas características lo vuelven especialmente interesante para el trabajo con personas mayores, que con frecuencia se enfrentan a barreras económicas, geográficas o funcionales para asistir de manera regular a terapia presencial.

La evidencia encontrada sugiere que los ejercicios de Williams sí pueden marcar una diferencia real en el manejo del dolor lumbar, especialmente cuando se aplican de forma

constante y guiada. En un estudio cuasi experimental con personas adultas mayores con lumbalgia, la puesta en práctica del protocolo de flexión de Williams, sesión tras sesión, se tradujo en una disminución clara y significativa del dolor percibido, medida a través de una escala numérica, en comparación con quienes no recibieron este tipo de intervención (7).

En coherencia con lo mencionado anteriormente, en un servicio de atención primaria, la incorporación de estos ejercicios en el plan de tratamiento de pacientes con dolor lumbar se asoció con una mejoría clínicamente relevante en la discapacidad funcional, valorada mediante el Índice de Oswestry. Lo importante es que estos cambios no solo se observaron en un grupo muy específico, sino en personas de distintas edades, lo que refuerza la idea de que el método de Williams puede adaptarse a diferentes perfiles de pacientes dentro de la práctica fisioterapéutica (6).

Por otra parte, revisiones que comparan el método de Williams con otros enfoques consolidados, como el programa de McKenzie, señalan que ambos pueden lograr reducciones importantes del dolor y mejoras en la flexibilidad y en el estado funcional, siempre que la elección y adaptación del programa se realicen según el tipo de dolor lumbar y las características de cada paciente (8).

Sin embargo, la evidencia específica sobre la efectividad del protocolo de Williams en personas adultas mayores sigue siendo limitada y presenta cierta heterogeneidad. Muchos estudios incluyen muestras amplias de adultos con rangos de edad diversos, por lo que se dificulta extrapolar los resultados a quienes superan los 60 años, un grupo que suele presentar cambios degenerativos, sarcopenia, alteraciones del equilibrio y otras condiciones que condicionan la respuesta al ejercicio (3)(6)(7). Además, no siempre se detalla con claridad cómo se dosifican, progresan o adaptan los ejercicios de Williams para este grupo etario, ni se profundiza en su repercusión sobre las actividades de la vida diaria más allá de las escalas de dolor o discapacidad. Por tanto, se vuelve necesario detenerse a revisar de forma crítica y ordenada la literatura científica sobre el protocolo de Williams en el adulto mayor, apoyándose también en la evidencia disponible en población adulta general cuando aporta información útil, y teniendo en cuenta no solo los cambios en el dolor, sino también en la funcionalidad de los pacientes.

Desde la mirada de la fisioterapia, esta revisión surge directamente de la experiencia en el trabajo clínico y del interés por ofrecer opciones de tratamiento que realmente se puedan aplicar en el día a día de las personas mayores con dolor lumbar: que sean viables, seguras y comprensibles para ellas. Conocer hasta qué punto el protocolo de Williams ayuda a disminuir el dolor y a mejorar la funcionalidad en este grupo no es solo un ejercicio académico, sino una herramienta para tomar mejores decisiones terapéuticas, ajustar los programas de ejercicio a las capacidades de cada paciente y abrir nuevas líneas de investigación centradas en la seguridad y la eficacia de su uso en el adulto mayor.

Por ello, el objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar la evidencia científica disponible sobre los efectos del protocolo de Williams en la intensidad del dolor lumbar y en la funcionalidad de las personas adultas mayores, a partir de estudios realizados en contextos clínicos y comunitarios.

2. Metodología

Este estudio corresponde a una revisión bibliográfica de nivel descriptivo y analítico, orientada a sintetizar la evidencia disponible sobre los beneficios del protocolo de Williams en el tratamiento del dolor lumbar en el adulto mayor. No se intervinieron pacientes ni se manipularon variables clínicas, por lo que no fue necesario el aval de un comité de ética en investigación.

La presente investigación corresponde a una revisión bibliográfica realizada siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA para revisiones de la literatura, organizando el proceso en las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios.

Se realizó una búsqueda estructurada en las bases de datos PubMed, SciELO, Science Direct, Medline, Google Scholar, Redalyc y en repositorios institucionales de universidades, priorizando artículos publicados en revistas arbitradas.

Para la búsqueda se utilizaron descriptores controlados de salud (DeCS) y encabezamientos médicos de materia (MeSH), siempre relacionados con el problema de estudio, y se combinaron con los operadores booleanos AND y OR para afinar los resultados. Entre las principales combinaciones empleadas estuvieron: “*low back pain*”, “*chronic low back pain*”, “*older adults*”, “*elderly*”, “*Williams flexion exercises*”, “*Williams exercises*”, “*lumbar pain*” y “*exercise therapy*”, junto con sus equivalentes en español como “dolor lumbar”, “lumbalgia”, “ejercicios de Williams” y “adulto mayor”.

Además, en los distintos buscadores se usaron frases específicas como: “*Williams flexion exercise*” AND “*low back pain*”, “*Williams exercises*” AND “*low back pain*”, “ejercicios de Williams” AND lumbalgia, “ejercicios de Williams” AND “dolor lumbar” y combinaciones más amplias relacionadas con ejercicio terapéutico y dolor lumbar en el adulto mayor. Finalmente, se aplicaron filtros por año de publicación (aproximadamente desde 2015 en adelante) para priorizar la evidencia más reciente.

Criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron como criterios de inclusión:

- Artículos originales, ensayos clínicos, estudios cuasi experimentales, revisiones sistemáticas o integrativas y trabajos de titulación que abordaran el uso del protocolo de Williams o ejercicios de flexión de Williams en el manejo del dolor lumbar.
- Se incluyeron estudios realizados en personas adultas y adultas mayores. También se aceptaron investigaciones en población adulta general siempre que incorporaran participantes de 60 años o más, o que ofrecieran resultados que pudieran aplicarse de forma razonable al contexto geriátrico.
- Solo se consideraron trabajos disponibles en texto completo, en español o en inglés, ya sea en acceso abierto o a través de repositorios institucionales.
- Además, los estudios debían informar al menos uno de los siguientes resultados: intensidad del dolor, nivel de funcionalidad, rango de movimiento, fuerza muscular o calidad de vida.

Se excluyeron:

- Editoriales, cartas al editor, opiniones sin respaldo empírico y documentos sin revisión por pares.
- Estudios centrados exclusivamente en población pediátrica, adolescentes o deportistas de alto rendimiento.
- Investigaciones en las que el protocolo de Williams no estuviera claramente descrito o formara parte de un programa en el que no era posible diferenciar sus efectos.
- Documentos con información metodológica insuficiente (muestras no definidas, ausencia de criterios diagnósticos de dolor lumbar, falta de descripción de la intervención).

En la fase de identificación se localizaron 102 artículos a través de las bases de datos electrónicas consultadas y, además, se encontraron 9 registros adicionales al revisar las referencias bibliográficas y algunos repositorios institucionales. En total, el primer recuento reunió 111 registros.

Después se eliminaron 17 documentos duplicados y quedaron 94 registros, que pasaron a la etapa de revisión de títulos y resúmenes. En este cribado inicial se excluyeron 63 estudios porque no trabajaban con el protocolo de Williams, no se centraban específicamente en el dolor lumbar o no aportaban información relevante para población adulta o adulta mayor. Con estos filtros, 31 artículos fueron seleccionados para la lectura a texto completo.

En la fase de elegibilidad, se descartaron 20 estudios por distintos motivos: en algunos casos el protocolo de Williams o los ejercicios de flexión lumbar no se describían con claridad (n = 8); en otros, la población de estudio no era comparable con el objetivo de esta revisión, como investigaciones en niños o deportistas (n = 5); también se excluyeron

trabajos que no informaban desenlaces sobre dolor o funcionalidad (n = 4), así como aquellos con información metodológica insuficiente o sin revisión por pares (n = 3).

Finalmente, 11 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión y se incorporaron en la síntesis cualitativa de la revisión.

El proceso completo se resume en el diagrama PRISMA (**Figura 1**).

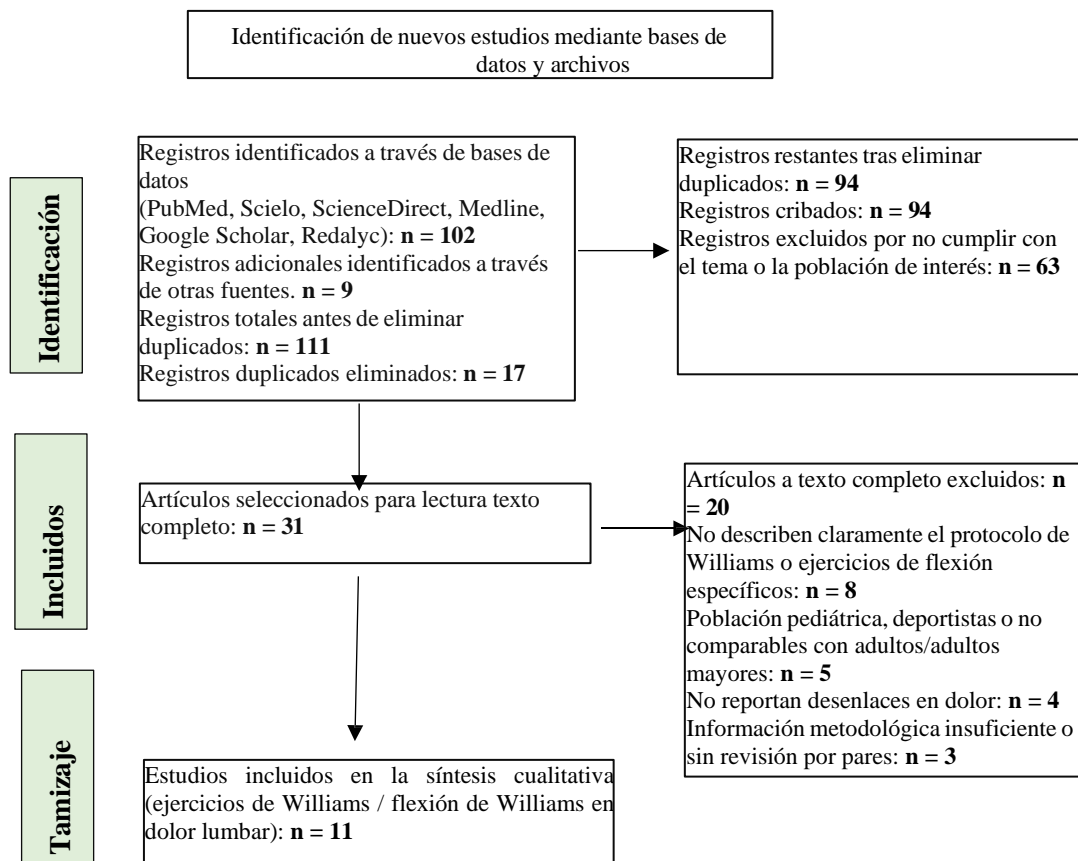


Figura 1. Diagrama PRISMA

Para la extracción de datos se elaboró una matriz de análisis documental en la que se registraron, para cada estudio: autor y año de publicación, país, diseño metodológico, características de la muestra (edad, diagnóstico de dolor lumbar), descripción del protocolo de Williams (frecuencia, duración, tipo de ejercicios), variables evaluadas (dolor, funcionalidad, fuerza, rango de movimiento, calidad de vida) y principales resultados clínicos.

Los hallazgos se organizaron de forma temática, comparando los efectos del protocolo de Williams en la reducción del dolor y en la mejora de la función, así como sus principales ventajas, limitaciones y consideraciones específicas para la población adulta mayor. Este

enfoque hizo posible integrar la evidencia disponible desde una mirada fisioterapéutica, relacionando los resultados de la literatura con la experiencia en la práctica clínica y ofreciendo una síntesis crítica sobre la utilidad real del protocolo de Williams en adultos mayores con dolor lumbar.

3. Resultados

En esta revisión se incluyeron 11 estudios centrados específicamente en los ejercicios de flexión de Williams para el manejo del dolor lumbar, que abarcan artículos originales en revistas arbitradas, una revisión de la literatura y trabajos de titulación. La mayoría se realizó en contextos de atención primaria, hospitales generales, servicios de rehabilitación o entornos laborales con sobrecarga mecánica (6)(7)(8)(9)(10)(11)(12)(13)(14)(15)(16).

Como se muestra en la **Tabla 1** los diseños predominantes fueron cuasi experimentales con grupos intervención y control, o diseños pretest y post test en un solo grupo; se identificó además un protocolo de ensayo clínico aleatorizado aún en fase de ejecución (16). Las poblaciones estudiadas incluyeron adultos mayores institucionalizados o en rehabilitación, trabajadores artesanales, enfermeras de sala con lumbalgia inespecífica, pacientes con dolor lumbar miogénico y mujeres con dolor lumbar por sobrecarga mecánica (6)(7)(10)(11)(13)(15)(17). En todos los estudios se trató de dolor lumbar subagudo o crónico, sin compromiso neurológico grave.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos sobre ejercicios de Williams en dolor lumbar

Autor principal (año)	País / contexto	Diseño del estudio	Población y muestra	Intervención basada en Williams	Comparador / control	Duración y frecuencia	Desenlaces principales
Sukmajaya et al. (2020) (6)	Indonesia, atención primaria (PROLANIS)	Cuasi experimental pre-post	42 adultos con lumbalgia	Programa de ejercicios de flexión de Williams enseñado con presentación, video y demostración	Sin grupo control clásico; comparación pre-post y por frecuencia de práctica	1 mes; frecuencia diaria o >1 vez/día, según grupo	Dolor y discapacidad: Índice de Discapacidad de Oswestry (ODI)
Amila et al. (2021) (7)	Indonesia, residencia geriátrica	Cuasi experimental pre-post con grupo control	56 adultos mayores con lumbalgia (28 intervención, 28 control)	Ejercicios de flexión de Williams	Grupo control sin programa de Williams (cuidados habituales)	Número de sesiones no detallado en el resumen; aplicados durante el periodo de estudio (2017)	Intensidad del dolor: Escala Numérica de Dolor (NRS)
Piele et al. (2024) (8)	Rumanía, revisión de literatura	Revisión narrativa de 137 artículos	Pacientes con lumbalgia en distintos entornos	Programas de rehabilitación basados en ejercicios de Williams	Programas basados en método McKenzie u otros ejercicios	Protocolos variables; análisis de estudios 2010–2022	Dolor (VAS), discapacidad (ODI), calidad de vida (SF-36), flexibilidad

Tabla 1. Características de los estudios incluidos sobre ejercicios de Williams en dolor lumbar (continuación)

Autor principal (año)	País / contexto	Diseño del estudio	Población y muestra	Intervención basada en Williams	Comparador / control	Duración y frecuencia	Desenlaces principales
Ube & Villamar (2024) (10)	Ecuador, Hospital General Martín Icaza	Estudio descriptivo, observacional y correlacional	Adultos mayores con lumbalgia atendidos en rehabilitación	Rutina de ejercicios de Williams aplicada en el servicio	No se menciona grupo control formal; comparación antes o después y percepción de los pacientes	Aplicación periódica en el periodo junio–septiembre 2024; frecuencia reportada por los pacientes	Dolor (EVA), flexibilidad (goniometría), discapacidad (Oswestry), percepción de dificultad y alivio
Solórzano et al. (2023) (11)	Guatemala, contexto laboral	Estudio comparativo no experimental	Mujeres de 30–45 años con dolor lumbar por sobrecarga mecánica	Método de Williams (ejercicio terapéutico)	Ejercicios hipopresivos	Dosificación ajustada a características de las pacientes; duración de la intervención según protocolo del estudio	Dolor lumbar, factores laborales asociados, condición física y efectos terapéuticos de ambos métodos
Halimah & Pradita (2023) (12)	Indonesia, clínica Physiomar	Cuasi experimental pre–post con grupo control	44 pacientes con lumbalgia (40 analizados: grupo Williams vs grupo Williams + infrarrojos)	Ejercicios de flexión de Williams	Combinación de infrarrojos + ejercicios de Williams	2 sesiones/semana durante 1 mes	Dolor (EVA) y flexibilidad lumbar (Test de Schober Modificado)
Anung et al. (2023) (13)	Indonesia, Hospital General de Banyumas	Ensayo con grupo tratamiento y control (pre–post)	31 pacientes con dolor lumbar miogénico	Fisioterapia convencional + ejercicios de flexión de Williams	Fisioterapia convencional sin ejercicios de Williams	Protocolo de tratamiento durante el periodo de estudio (nº de sesiones no detallado en resumen)	Capacidad funcional (escala funcional especificada en el artículo)
Rahmawati et al. (2022) (14)	Indonesia, ámbito académico	Revisión de literatura	Siete estudios sobre lumbalgia y ejercicios de Williams	Compendio de métodos de flexión de Williams (tilt pélvico, rodilla al pecho simple/doble, partial sit-up, estiramiento isquiotibiales, bicicleta, sentadilla asistida, etc.)	No aplica (revisión)	Estudios publicados 2015–2020; protocolos variables	Dolor lumbar y rango de movimiento articular reportados en los estudios revisados
Taufandas et al. (2025) (15)	Indonesia, artesanos ceramistas	Pre-experimento, un solo grupo pre–post	43 artesanos alfareros con lumbalgia	Ejercicios de flexión de Williams aplicados por el investigador	Sin grupo control; comparación pre–post	4 semanas; 2 sesiones/semana de 45 minutos	Dolor lumbar medido con NRS antes y después de la intervención

Tabla 1. Características de los estudios incluidos sobre ejercicios de Williams en dolor lumbar (continuación)

Autor principal (año)	País / contexto	Diseño del estudio	Población y muestra	Intervención basada en Williams	Comparador / control	Duración y frecuencia	Desenlaces principales
Kaple & Phansopkar (2023) (16)	India, servicio de fisioterapia	Protocolo de ensayo clínico aleatorizado, dos brazos paralelos	74 adultos (18–40 años) con lumbalgia inespecífica (NSLBP)	Ejercicios de flexión de Williams + fisioterapia convencional	Ejercicios de control motor + fisioterapia convencional	6 sesiones/semana durante 4 semanas	Dolor, rango de movimiento, fuerza muscular y funcionalidad (instrumentos propuestos: VAS/NPRS, goniometría, escalas funcionales)
Mohite & Pathan (2025) (17)	Población de enfermeras de sala	Estudio comparativo de intervención	52 enfermeras con lumbalgia inespecífica (26 por grupo)	Ejercicios de Williams (“Williams back exercises”) + TENS	Ejercicios de estabilidad central + TENS	2 semanas de tratamiento; 10 min de TENS por sesión + rutina de ejercicios	Dolor (NPRS), discapacidad (MODI), rango de movimiento lumbar (modified-modified Schober)

3.1. Efecto de los ejercicios de Williams sobre la intensidad del dolor

En términos de dolor, prácticamente todos los estudios reportan una disminución clínicamente relevante tras aplicar programas basados en los ejercicios de flexión de Williams.

En adultos mayores con lumbalgia residentes en un hogar geriátrico, Amila et al. (7) observaron que el grupo que realizó ejercicios de Williams mostró una reducción significativa de la intensidad del dolor según la escala numérica, con diferencias pre–post muy marcadas ($p=0,000$), mientras que el grupo control no presentó cambios significativos ($p=0,081$). De manera similar, Sukmajaya et al. (6) hallaron una disminución importante en el Índice de Discapacidad de Oswestry, pasando de $31,05 \pm 17,40$ a $14,10 \pm 11,78$ tras un mes de intervención con ejercicios de Williams, con mayor mejoría en quienes practicaban la rutina más de una vez al día (6).

En el contexto de rehabilitación hospitalaria, el proyecto de Ube & Villamar (10) mostró que, en adultos mayores con lumbalgia atendidos en el Hospital General Martín Icaza, alrededor del 60 % de los participantes referían una disminución considerable del dolor y el 50 % señalaba alivio general tras la implementación sistemática de los ejercicios de Williams; este alivio se mantenía entre 3 y 6 horas después de cada sesión.

En un entorno laboral Taufandas et al. (15) evaluaron a 43 artesanos ceramistas con dolor lumbar, los cuales participaron en un programa de ejercicios de flexión de Williams

durante un periodo de cuatro semanas, con dos sesiones semanales de 45 minutos. La intensidad del dolor se midió con la escala NRS antes y después de la intervención y se analizó mediante la prueba de Wilcoxon, observándose una reducción significativa del dolor ($p < 0,05$). Estos resultados sugieren que el protocolo de Williams puede ser efectivo incluso en personas que desempeñan trabajos físicamente exigentes.

Otros estudios exploraron combinaciones terapéuticas. Halimah & Pradita (12) compararon ejercicios de Williams solos frente a la combinación de ejercicios de Williams con infrarrojos en 44 pacientes con lumbalgia: en ambos grupos disminuyó el dolor, pero la reducción fue mayor en el grupo que recibió infrarrojos más flexión de Williams (mediana EVA de 6,00 a 2,00 frente a 6,00 a 5,00). Por su parte, Anung et al. (13) encontraron que añadir ejercicios de Williams a la fisioterapia convencional en pacientes con dolor lumbar miogénico produjo una reducción del dolor y una mejoría funcional significativamente superiores al grupo control, con $p=0,000$ en las comparaciones pre - post.

En los estudios comparativos se confirma que los ejercicios de Williams son una opción eficaz, aunque en algunos casos no constituyen la modalidad con mayor impacto. Solórzano et al. (11) mostraron que tanto el método de Williams como los ejercicios hipopresivos reducen el dolor lumbar por sobrecarga mecánica en mujeres de 30 a 45 años, lo que respalda la efectividad de ambos enfoques. No obstante, los hipopresivos ofrecieron ventajas adicionales en el abordaje de patologías de suelo pélvico y en la consecución de objetivos estéticos (11).

En enfermeras con lumbalgia inespecífica, Mohite & Pathan (17) compararon estabilidad central más TENS frente a ejercicios de Williams más TENS: los dos protocolos redujeron el dolor (NPRS) de manera significativa, pero el grupo de estabilidad central alcanzó valores finales de dolor y discapacidad (MODI) más bajos ($p<0,001$), indicando un efecto algo mayor, aunque manteniendo al método de Williams como una opción útil.

3.2. Efecto sobre funcionalidad, movilidad y otros desenlaces

Más allá del dolor, varios trabajos evaluaron la funcionalidad y el rango de movimiento. En el estudio de Sukmajaya et al. (6) la disminución del puntaje de Oswestry reflejó mejoras tanto en el dolor como en la capacidad para realizar actividades de la vida diaria, sin diferencias significativas entre participantes geriátricos y no geriátricos, lo que sugiere que los ejercicios de Williams pueden aplicarse en un amplio rango de edades adultas.

En pacientes con dolor lumbar miogénico, Anung et al. (13) mostraron que la adición de ejercicios de Williams produjo un incremento de la capacidad funcional claramente mayor respecto al grupo control, con una diferencia media pre-post de 7,5 puntos frente a 2,4 puntos. En la población adulta mayor atendida en el Hospital Martín Icaza, el

proyecto de Ube & Villamar (10) reportó que, aunque el 70 % de los pacientes presentaba dificultades para las actividades cotidianas al inicio, tras el programa de ejercicios de Williams un 43 % manifestó mejoras en estas actividades, lo que respalda su impacto funcional.

La movilidad y la flexibilidad lumbar también mostraron cambios favorables. Halimah & Pradita (12) utilizando el Test de Schober modificado, observaron que la combinación de infrarrojos con los ejercicios de flexión de Williams produjo un aumento más marcado de la flexibilidad lumbar en comparación con la realización de los ejercicios de Williams de forma aislada, con un cambio de la mediana de 2,50 a 10,00 en el grupo combinado, frente a 3,00 en el grupo que solo realizó ejercicios. Por su parte, Mohite & Pathan (17) hallaron un incremento significativo del rango de movimiento lumbar en ambos grupos estudiados (estabilidad central y protocolo de Williams) aunque de nuevo la estabilidad central mostró una ligera ventaja.

Las revisiones incluidas aportan una visión de conjunto Piele et al. (8) tras analizar 137 artículos, concluyeron que tanto los programas basados en Williams como los basados en McKenzie logran reducciones del dolor del 50–65 % y aumentos de la flexibilidad del 10–40 %, además de mejoras en el estado mental, siempre que el protocolo se adapte al tipo de dolor lumbar y a las características del paciente (8). A su vez, Rahmawati et al. (14) revisaron siete estudios y confirmaron que el ejercicio de flexión de Williams, incluyendo inclinación pélvica, rodilla al pecho simple y doble, partial sit up, estiramiento de isquiotibiales, bicicleta y sentadilla asistida, reduce la intensidad del dolor y mejora el rango articular en distintas poblaciones con lumbalgia.

Finalmente, el protocolo descrito por Kaple & Phansopkar (16) propone un ensayo clínico aleatorizado que comparará de forma directa los ejercicios de Williams con los ejercicios de control motor en sujetos de 18 a 40 años con lumbalgia inespecífica, evaluando dolor, rango de movimiento, fuerza y funcionalidad tras cuatro semanas de intervención; aunque aún no ofrece resultados, pone de manifiesto el interés actual por generar evidencia de mayor calidad sobre este método.

4. Discusión

El objetivo de esta revisión fue sintetizar la evidencia sobre la efectividad de los ejercicios de flexión de Williams en el manejo del dolor lumbar en personas adultas y adultas mayores. En conjunto, los estudios incluidos muestran que este protocolo se asocia de forma consistente con una reducción clínicamente relevante del dolor y, en varios casos, con mejoras en la funcionalidad lumbar y la realización de actividades de la vida diaria, tanto en contextos comunitarios como clínicos y laborales (6)(7)(10)(13)(15).

Estos hallazgos encajan con la evidencia general, donde los estudios sobre ejercicio terapéutico y entrenamiento de fuerza funcionan pilares en el manejo del dolor lumbar, sobre todo en personas mayores (3). Además, las guías de práctica clínica y los organismos internacionales insisten en que cuando sea posible, se debe dar prioridad a las intervenciones activas como el ejercicio, la educación y el abordaje biopsicosocial por encima de los tratamientos pasivos o del reposo prolongado. En este sentido, los ejercicios de Williams se ubican como una alternativa coherente con las recomendaciones actuales para el manejo no farmacológico del dolor lumbar (4)(5)(9)(18)(19).

Al comparar el método de Williams con otras estrategias, la literatura indica que es efectivo, aunque no siempre superior a otros programas activos. La revisión de Piele et al. (8) encontró reducciones importantes del dolor y mejora de la flexibilidad tanto con ejercicios de Williams como con el método McKenzie, resaltando la necesidad de adaptar el enfoque al tipo de dolor y al perfil del paciente. De forma similar, en enfermeras con lumbalgia inespecífica, tanto los ejercicios de Williams como el trabajo de estabilidad central resultaron beneficiosos, aunque estos últimos mostraron una mayor mejoría en dolor, discapacidad y rango de movimiento, lo que sugiere que el método de Williams debe entenderse como una herramienta más dentro de un abanico de intervenciones activas (17).

Varios estudios respaldan la utilidad de combinar los ejercicios de Williams con otros recursos fisioterapéuticos por ejemplo, la asociación con infrarrojos ha mostrado una reducción más marcada del dolor y una mayor ganancia en flexibilidad lumbar que la realización de los ejercicios de forma aislada, mientras que su incorporación a programas convencionales se ha relacionado con mejoras significativas en la capacidad funcional frente al tratamiento estándar (12)(13). Desde la perspectiva de quien se está formando como fisioterapeuta, estos hallazgos sugieren que el método de Williams no debe entenderse como un protocolo rígido, sino como un componente flexible que puede integrarse en programas multimodales junto con entrenamiento de fuerza, trabajo de estabilidad central y educación postural (3)(4)(5).

Sin embargo, la evidencia disponible presenta varias limitaciones. Una parte importante de los estudios utiliza diseños cuasi experimentales o pre-post, con muestras pequeñas y periodos de seguimiento cortos, lo que reduce la posibilidad de establecer relaciones de causalidad sólidas (6)(7)(10)(12)(13)(15). Además, existe una notoria variabilidad en la dosificación, la frecuencia y la progresión de los ejercicios de Williams, lo que dificulta proponer un único protocolo “óptimo”. Aun así, la coincidencia de resultados en distintos contextos ya sea en adultos mayores institucionalizados, pacientes con dolor lumbar miogénico y trabajadores expuestos a sobrecarga mecánica, sugiere que el uso del método de Williams es razonable y clínicamente útil, siempre que se adapte a la condición, las características y los objetivos de cada paciente (6)(8)(10)(11)(12)(13)(15)(17).

5. Conclusiones

- En relación con el objetivo planteado, los resultados de esta revisión sugieren que el protocolo de Williams puede incorporarse de forma segura a la práctica cotidiana tanto en servicios de rehabilitación como en atención primaria y en programas comunitarios. Su bajo coste, la facilidad para enseñarlo y la posibilidad de adaptarlo a distintos niveles de capacidad funcional lo convierten en una opción especialmente interesante para fisioterapeutas que trabajan con adultos mayores, sobre todo en contextos donde los recursos son limitados.
- El principal aporte de este trabajo fue reunir y poner en contexto hallazgos procedentes de escenarios clínicos y ocupacionales diversos, mostrando que el método de Williams no debe entenderse como una rutina fija e inmodificable, sino como un marco de ejercicios flexible, que puede combinarse con otras intervenciones activas, como el entrenamiento de fuerza, los ejercicios de estabilidad central o determinados agentes físicos. De esta manera, se refuerza su impacto terapéutico y se ajusta con la visión actual de la fisioterapia, centrada en el movimiento, la educación y el papel activo del paciente en su proceso de recuperación.
- Aun así, la heterogeneidad de los estudios revisados y las limitaciones metodológicas encontradas ponen de manifiesto la necesidad de contar con ensayos clínicos aleatorizados de mayor calidad, con protocolos bien definidos y seguimientos más largos. Será importante que futuras investigaciones ayuden a precisar qué perfiles de pacientes se benefician más del método de Williams y cuál es la dosificación más adecuada para conseguir mejoras mantenidas en el dolor, la funcionalidad y la calidad de vida. Mientras tanto, los resultados de esta revisión respaldan el uso clínico razonado de los ejercicios de Williams como parte de un programa integral de rehabilitación para el dolor lumbar.

6. Conflicto de intereses

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

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

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

9. Referencias Bibliográficas

1. Ferreira ML, de Luca K, Haile LM, Steinmetz JD, Culbreth GT, Cross M, et al. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology* [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan.08];5(6):e316–e329. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00098-X)
2. International Association for the Study of Pain (IASP) [Internet]. The global burden of low back pain. 2021 [cited 2026 Jan.08]. Available from: <https://www.iasp-pain.org/resources/fact-sheets/the-global-burden-of-low-back-pain/>
3. Syroyid IS, Cavero-Redondo I, Syroyid BS. Effects of resistance training on pain control and physical function in older adults with low back pain: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy* [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan.08];46(3):E113–E126. Available from: <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000374>
4. George SZ, Fritz JM, Silfies SP, Schneider MJ, Beneciuk JM, Lentz TA, et al. Interventions for the management of acute and chronic low back pain: revision 2021. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [Internet]. 2021 [cited 2026 Jan 08] ;51(11):CPG1–CPG60. Available from: <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2021.0304>
5. World Health Organization. WHO guideline for non-surgical management of chronic primary low back pain in adults in primary and community care settings. [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan 08]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240081789>
6. Sukmajaya W, Alkaff FF, Oen A, Sukmajaya AC. Williams flexion exercise for low back pain: a possible implementation in rural areas. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* [Internet]. 2020 [cited 2026 Jan.08];8(B):1–5. Available from: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/3988>
7. Amila A, Syapitri H, Sembiring E. The effect of William flexion exercise on reducing pain intensity for elderly with low back pain. *International Journal of Nursing and Health Services (IJNHS)* [Internet]. 2021 [cited 2026 Jan 08];4(1):28–36. Available from: <https://ijnhs.net/index.php/ijnhs/article/view/374>
8. Piele D, Rusu L, Calina ML, Marin M. Efficiency of William’s versus McKenzie’s therapy for patients diagnosed with low back pain. *Discobolul – Physical*

- Education, Sport and Kinetotherapy Journal [Internet]. 2024 [cited 2026 Jan.08];63(1):15–26. Available from: <https://doi.org/10.35189/dpeskj.2024.63.1.2>
9. Viderman D, Kalikanov S, Myrkhivaya Z, Alisherov S, Dossov M, Seitenov S, et al. Impact of exercise therapy on outcomes in patients with low back pain: a narrative review. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2025 [cited 2026 Jan 08]; 14(17):5942. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm14175942>
 10. Ube Coronel DE, Villamar Vizueta AD. Ejercicios de Williams y su influencia en adultos mayores con lumbalgia que acuden al área de rehabilitación Hospital General Martín Icaza en el periodo junio–septiembre 2024 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador]; 2024 [citado 2026 enero 8]. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sd
 11. Solórzano Pérez CA, De León Hernández EA, Saravia Aguirre VM de los Á. Efectos terapéuticos del método Williams vs los efectos de los ejercicios hipopresivos en pacientes femeninos de 30 a 45 años de edad para disminuir dolor lumbar a causa de sobrecarga mecánica [Tesis de pregrado, Universidad Galileo, Guatemala]; 2023 [citado 2026 Ene 8]. Disponible en: <http://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/1457>
 12. Halimah N, Pradita A. Effectiveness of infrared and William flexion exercise on reducing pain and increasing flexibility in patients with low back pain. *Babali Nursing Research* [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan 08] ;4(3):401–411. Available from: <https://doi.org/10.37363/bnr.2023.43260>
 13. Anung ZL, Kusumaningtyas M, Windiastoni YH. Effect of additional William flexion exercise on functional ability in myogenic low back pain patients. *Jurnal Bahana Kesehatan Masyarakat (Bahana of Journal Public Health)* [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan.08] ;7(2):82–88. Available from: <https://doi.org/10.35910/jbkm.v7i2.609>
 14. Rahmawati I, Nurmalia D, Ulliya S, Warsito BE. Metode William fleksi pada low back pain: studi literatur. *Jurnal Keperawatan Klinis dan Komunitas* [Internet]. 2022 [cited 2026 Jan.08] ;5(2). Available from: <https://jurnal.ugm.ac.id/jkkk/article/view/63222>
 15. Taufandas M, Aupia A, Sapwal MJ, Ikhwan DA, Khairari NDD. The effect of William flexion exercise on low back pain in pottery artisans. *Prisma Sains* [Internet]. 2025 [cited 2026 Jan.08] ;13(3):886–894. Available from: <https://doi.org/10.33394/j-ps.v13i3.15797>

16. Kaple N, Phansopkar P. Effect of William flexion exercise and movement control exercise on pain, range of motion, muscle strength and functionality in non-specific low back pain: randomized controlled trial. F1000 Research [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan.08];12:770. Available from: <https://doi.org/10.12688/f1000research.137087.1>
17. Mohite PP, Pathan UI. Comparative study of core stability exercises and Williams back exercises on non specific low back pain among ward nurses. Chinese Journal of Evidence-Based Medicine [Internet]. 2025 [cited 2026 Jan.08] ;21(1):157–161. Available from: <https://doie.org/10.10399/CJEEM.2025789607>
18. Coca OR, Flores MC, Gómez Nicolalde RV, Zamora Parra XA. Estudio comparativo sobre las capacidades físicas del adulto mayor. Alfa Publicaciones [Internet]. 2020 [citado 2026 enero 08];2(4):38-50. Disponible en: <https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/13>
19. Cabezas Flores MC, Ochoa Sangurima VL, Carrasco Coca OR, Jara Martínez RM. Como influyen los ejercicios de flexibilidad y elasticidad para aliviar el estrés en el adulto mayor. Alfa Publicaciones [Internet]. 2020 [citado 2026 enero 08];2(3):6-12. Disponible en: <https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/31>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.

