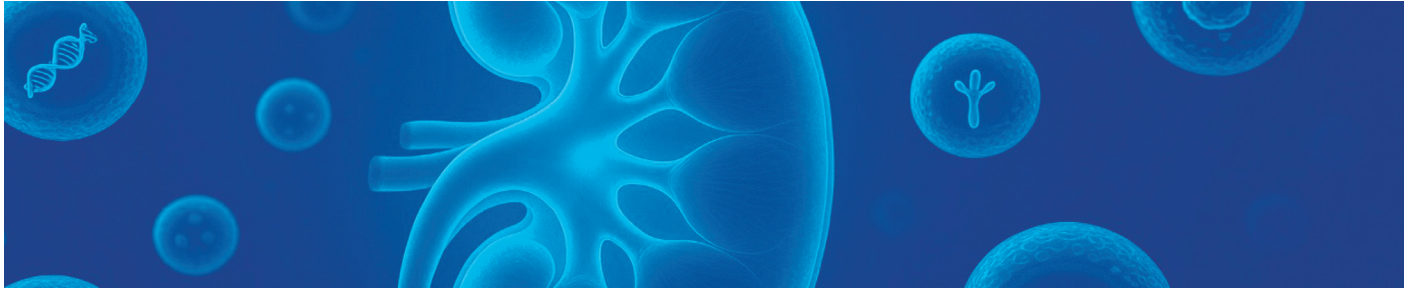


Revisión bibliográfica



Mensajeros silenciosos: exosomas como biomarcadores en la enfermedad renal

Silent Messengers: Exosomes as Biomarkers in Kidney Disease

Carol Denisse Vásquez Ramos ^{1A}; Luz Marcela Cadena Agreda ^{1B}

¹ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

DOI 10.65183/revind.e17.07

Fecha recepción: 15-12-2025

Fecha aceptación: 31-03-2026

Fecha publicación: 02-07-2026

RESUMEN

La enfermedad renal constituye un problema creciente de salud pública debido a su progresión silenciosa y a la limitada sensibilidad de los marcadores diagnósticos convencionales, cuya capacidad para detectar daño temprano resulta insuficiente. Este artículo tuvo como finalidad sintetizar la evidencia científica disponible acerca del uso de exosomas como biomarcadores para la detección precoz y el seguimiento de la enfermedad renal. Se desarrolló una revisión narrativa de la literatura en PubMed, Scopus y la Biblioteca Virtual en Salud, considerando artículos originales publicados en los últimos diez años. Se seleccionaron estudios que evaluaron proteínas, microARN, mRNA y circARN contenidos en exosomas urinarios y plasmáticos asociados con lesión tubular, inflamación, fibrosis y deterioro progresivo de la función renal. Los hallazgos demostraron que diversos microARN exosomales permitieron identificar lesión renal aguda antes del aumento de creatinina sérica, mientras que proteínas como AQP1 y AQP2 presentaron valores diagnósticos elevados para la identificación de daño tubular inicial. En el trasplante renal, varios biomarcadores exosomales ayudaron a predecir rechazo agudo y disfunción del injerto sin recurrir a métodos invasivos. En conjunto, la evidencia mostró que los exosomas representan herramientas de detección no invasivas con rendimiento diagnóstico prometedor, aunque no todos los estudios reportan sensibilidad y especificidad de forma explícita. De igual forma, se identificó la necesidad de estandarizar los métodos de aislamiento y caracterización, así como de validar estos biomarcadores en estudios multicéntricos amplios para garantizar su aplicación clínica.

PALABRAS CLAVE:

Exosomas; biomarcadores; enfermedad renal; microARN; acuaporinas

A. E-mail: cdvasquez@utpl.edu.ec

 ORCID iD: 0009-0009-1556-1226

B. E-mail: lmcadena19@utpl.edu.ec

 ORCID iD: 0000-0002-6189-498X

ABSTRACT

Chronic kidney disease is a growing public health concern due to its silent progression and the limited sensitivity of conventional diagnostic markers, which fail to detect early renal injury. This review aimed to synthesize the scientific evidence on the use of exosomes as biomarkers for the early detection and monitoring of kidney disease. A narrative literature review was conducted in PubMed, Scopus and the Virtual Health Library, including original studies published within the last ten years. Studies evaluating proteins, microRNAs, mRNAs and circRNAs contained in urinary and plasma exosomes associated with tubular injury, inflammation, fibrosis and progressive renal dysfunction were included. Findings showed that several exosomal microRNAs detected acute kidney injury earlier than serum creatinine changes, while proteins such as AQP1 and AQP2 demonstrated strong diagnostic performance for early tubular injury. In kidney transplantation, several exosomal biomarkers predicted acute rejection and graft dysfunction, offering non-invasive alternatives to biopsy. Overall, the evidence suggests that exosome represent non-invasive diagnostic tools with promising diagnostic performance, although not all studies explicitly report sensitivity and specificity. In addition, standardization of isolation and characterization methods, along with validation in large multicenter studies, is still required before their routine clinical implementation.

KEYWORDS:

Exosomes; Biomarkers; Kidney disease; microRNAs; Aquaporins.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal (ER) representa una amenaza creciente para la salud pública debido a su progresión silenciosa y a la limitada sensibilidad de los marcadores diagnósticos convencionales, como la creatinina sérica, la tasa de filtración glomerular estimada y la albuminuria, los cuales reflejan alteraciones tardías y no permiten identificar daño inicial ⁽¹⁾. La necesidad de biomarcadores más sensibles ha impulsado la búsqueda de herramientas capaces de detectar cambios moleculares precoces que anteceden al deterioro funcional del riñón.

Los exosomas son vesículas extracelulares de origen endosomal (30-150 nm), mientras que las microvesículas se originan por gemación directa de la membrana plasmática y suelen presentar mayor tamaño. Ambas participan en la comunicación intercelular.

En este contexto, los exosomas vesículas extracelulares liberadas por diversas células, incluidos podocitos y células tubulares, han adquirido relevancia por su capacidad de transportar proteínas, lípidos, mRNA, circARN y microARN, que reflejan de manera directa el estado fisiológico y patológico de las células renales ⁽²⁾. Estas vesículas, presentes en orina y sangre, permiten acceder a información renal de forma no invasiva, con el potencial de detectar lesión antes de que se produzcan cambios en los marcadores tradicionales ⁽³⁾. En múltiples estudios, los perfiles de microARN, proteínas como AQP1/AQP2 y transcritos como UMOD han mostrado capacidad diagnóstica superior, al momento de identificar inflamación, fibrosis y daño tubular en etapas tempranas ⁽⁴⁾.

El interés en los exosomas radica en que sus biomarcadores no solo posibilitan la detección de lesión renal aguda (LRA) y enfermedad renal crónica (ERC) incipiente, sino que también ayudan a diferenciar etiologías y a predecir complicaciones como rechazo del injerto en trasplante renal, lo que los posiciona como herramientas prometedoras en la medicina de precisión ⁽⁵⁾.

Por lo mencionado, es necesario continuar la investigación y síntesis de la evidencia disponible acerca de uso de exosomas y su potencial clínico en las áreas que requieren mayor investigación.

METODOLOGÍA

Se desarrolló una revisión narrativa de la literatura, por lo cual no se siguió un protocolo sistemático estricto; sin embargo, se empleó una estrategia estructurada de búsqueda basada en conceptos clave para orientar la selección de estudios relevantes. (Tabla 1).

Tabla 1. Estrategia PICO

P (Paciente)	Pacientes con enfermedad renal o con sospecha/diagnóstico temprano
I (Intervención)	Exosomas urinarios o plasmáticos como biomarcadores
C (Control)	Creatinina, TFGe, albuminuria, biopsia renal
O (Resultados)	Sensibilidad, especificidad, AUC, detección temprana, progresión y etiología

La recopilación bibliográfica se realizó entre enero de 2015 y diciembre de 2025. Se emplearon ecuaciones de búsqueda específicas combinando términos MeSH y DeCS

con operadores booleanos, por ejemplo PubMed ("extracellular vesicles"[Title/Abstract] OR exosomes[Title/Abstract]) AND ("kidney"[Title/Abstract] OR "renal"[Title/Abstract]) AND ("biomarker"[Title/Abstract] OR "marker"[Title/Abstract] OR "diagnostic"[Title/Abstract])), Scopus y BVS/LILACS ("Exosomes" OR "Extracellular Vesicles") AND ("Biomarkers" OR "Diagnostic Markers" OR "Prognostic Markers") AND ("Kidney Disease" OR "Renal Disease" OR "Kidney Injury" OR "Nephropathy") AND ("Silent Messengers" OR "Intercellular Communication"). El proceso de selección fue realizado por dos revisores independientes, quienes evaluaron de forma paralela los títulos, resúmenes y textos completos; las discrepancias se resolvieron mediante consenso. Además, se emplearon palabras clave relacionadas con el tema central: "exosomes", "extracellular vesicles", "biomarkers", "kidney disease", "renal injury" y términos equivalentes.

Se consideraron los siguientes criterios de inclusión para la selección de los artículos: estudios que abarquen los exosomas como biomarcadores de la enfermedad renal en el diagnóstico temprano y que respondieron directa-

mente al objetivo planteado en la investigación; artículos originales, específicamente ensayos clínicos originales y observacionales; artículos publicados en los últimos 10 años, idioma inglés y español. Se excluyeron artículos duplicados, tesis, los artículos con texto incompleto o sin acceso total al contenido, así como aquellos que no se relacionaran con el objetivo establecido en el estudio.

En el proceso de identificación y selección de estudios, se realizó una búsqueda en bases de datos que incluyeron a PubMed (n = 16), Scopus (n = 89) y la Biblioteca Virtual de la Salud (n = 14); de esta manera se obtuvo un total de 119 registros. Tras la eliminación de duplicados, se incluyeron 112 registros para el cribado inicial. Posteriormente, estos fueron evaluados mediante la revisión de título y resumen, con lo cual se excluyeron 94 estudios por no cumplir con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Como resultado, 18 artículos fueron escogidos para la evaluación de elegibilidad mediante lectura a texto completo, de los cuales 2 fueron rechazados. Finalmente, se incluyeron 16 artículos en la revisión.

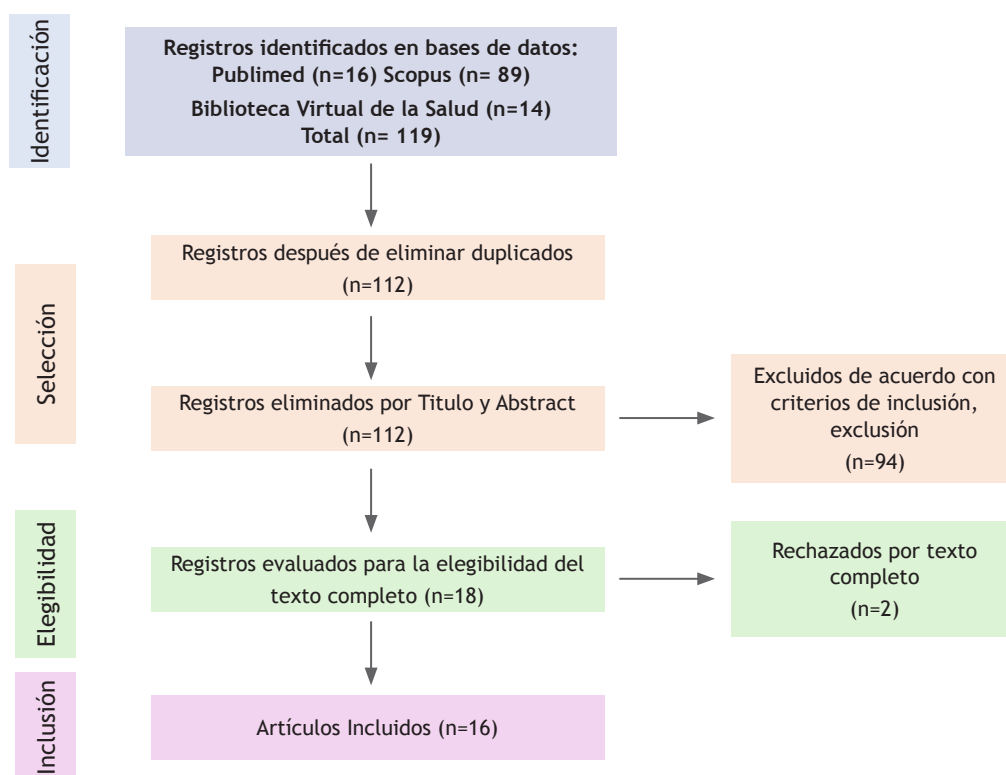


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de estudios.

RESULTADOS

Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, y conforme al proceso de cribado descrito anteriormente, de los 119 artículos iniciales, se seleccionan finalmente 16, los cuales fueron incluidos en la síntesis cualitativa y se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados

Base de datos/ Autor / Año / País	Diseño de estudio/ Población	Biomarcadores (siglas y significado)	Validez diagnóstica (Sens/Esp/AUC)	Conclusiones y relevancia clínica
PubMed Liu P., 2024, China(6)	Prospectivo observacional (AKI post-cirugía cardíaca pediátrica) Niños sometidos a cirugía cardíaca; n reportado en el texto completo (cohorte pediátrica).	miR-184 y miR-6766-3p en exosomas plasmáticos (miR = microARN)	AUC combinada ≈ 0.86; individuales ≈ 0.78/0.77; Sens./Esp. derivadas de ROC (NR en el artículo o resumen).	Se elevan de forma precoz tras isquemia, detectando AKI antes de creatinina; útiles para diagnóstico oportuno.
PubMed Trabulus S., 2024, Turquía(7)	Multicéntrico, transversal (DKD vs. FSGS) Adultos con DKD y FSGS + controles; n reportado en el artículo.	Panel uEV de 5 miR-NA: miR-21, miR-30a, miR-193a, miR-196a, miR-200a	NR	Panel no invasivo que diferencia etiologías glomerulares (DKD vs. FSGS).
PubMed Dimuccio V., 2020, Italia(8)	Observacional correlativo (tejido ↔ uEV) Pacientes con nefrectomía y nefropatías vs. sanos.	CD133+ en uEV (marcador progenitor tubular)	AUC ≈ 0.88; Sens./Esp. NR en el artículo o resumen.	Disminución de uEV CD133+ indica daño glomerular/tubular; marcador no invasivo.
PubMed Kim M.J., 2024, Corea del Sur(9)	Cohorte prospectiva peritrasplante (IFTA) Donantes y receptores de trasplante renal.	miR-21 y miR-29c en uEV	AUC ≈ 0.76-0.80; Sens./Esp. NR	Se asocian con fibrosis del injerto antes de cambios clínicos; útiles para monitorizar daño temprano.
PubMed Lim J-H., 2018, Corea del Sur(10)	Transversal multicéntrico (TCMR) Receptores de trasplante con rechazo celular agudo vs. estables.	TSPAN1 y Hemopexina en uEV	AUC ≈ 0.74; Sens./Esp. NR	Proteínas uEV elevadas en TCMR; candidatas para detección no invasiva de rechazo.
PubMed Luan R., 2022, China(11)	Observacional (IgA nefropatía) Pacientes con IgA nefropatía confirmada por biopsia.	circRNA en uEV (ARN circular, estable)	NR	circRNA urinarios se relacionan con severidad histológica; potencial de estratificación temprana.
PubMed Yamamoto C.M., 2018, EE.UU./Japón(12)	Observacional (ERC diabética) Adultos con DM2 y ERC.	UMOD mRNA en uEV (uromodulina)	NR	UMOD mRNA en uEV refleja función tubular y declive de eGFR; marcador temprano.
PubMed Braun F., 2020, Alemania(13)	Cohorte peritrasplante (proteómica suEV) Receptores de trasplante renal de donante vivo.	Firma proteómica suEV; PCK2 validada	NR	Proteínas en suEV asociadas a evolución del injerto; monitoreo temprano post-trasplante.
Scopus Oshikawa-Hori S., 2021, Japón(14)	Observacional (estratificación ERC) Pacientes con ERC G1-G5.	AQP1/AQP2 en uEV (acuaporinas 1 y 2)	AQP1 AUC ≈ 0.93; AQP2 AUC ≈ 0.88.	Disminuyen con progresión de ERC; útiles para seguimiento y detección de ERC avanzada.
Scopus Kamińska A., 2022, Polonia(15)	Observacional (Raman + quimiometría) Adultos con DM2 y ERC vs. controles.	Firmas espectrales en uEV (proteínas/lípidos; Raman)	NR	Modelo predictivo correlacionado con eGFR; tamizaje no invasivo.
Scopus Verbree-Willemsen L., 2020, Países Bajos(16)	Prospectivo (disnea/función renal) Pacientes con disnea en urgencias; n=400	Cystatin C y CD14 en EVs plasmáticas	NR	Asociación independiente con disfunción renal/cardiorrenal; indicadores clínicos de daño.
Scopus Adam J., 2020, EE.UU.(17)	Traslacional (proteómica uEV) Modelos experimentales con soporte clínico; pérdida de proteínas tubulares.	AQP1, Na ⁺ /K ⁺ -ATPasa, megalina, cubilina, SGLT-1/2 en uEV	NR	La pérdida de proteínas en uEV refleja daño tubular progresivo; respalda uso de AQP como marcadores.
Scopus Viegas C.S., 2018, Portugal(18)	Clínico comparativo (calcificación) Pacientes ERC-5 vs. controles.	CPP/EVs con GRP y fetuin-A (CPP = partículas calciproteicas; GRP = proteína rica en Gla)	NR	Descenso de fetuin-A/GRP en CPP/EVs se asocia a calcificación vascular; riesgo en ERC avanzada.

Scopus Lyu L.L., 2017, China(19)	Síntesis basada en evidencia (transcritos urinarios) Resumen de estudios humanos con CKD (apoyo)	mRNA/miRNA en uEV (miR-29c, CD2AP mRNA, etc.)	NR	Respalda uso de miR-29c y CD2AP mRNA para detección temprana de fibrosis/declive renal.
BVS Dehghanbanadaki H., 2022, Irán(20)	Transversal (DN incipiente) 196 participantes: DN incipiente, DN manifiesta, DM y controles.	CDH2 y MCP-1 mRNA en EVs plasmáticas (cadherina-2; quimioatrayente de monocitos-1)	AUC: CDH2 ≈ 0.75; MCP-1 ≈ 0.66; Sens./Esp. NR en el artículo o resumen.	Discriminan DN temprana; promotores como biomarcadores no invasivos.
BVS Jacob V., 2025, Francia(21)	Cohorte (trasplante y ERC) 165 personas: 92 ERC, 70 trasplantados, 33 controles.	EVs por célula de origen: AQP1/podocalixina (túbulo/podocito), CD133 (progenitor), CD144 (endotelio), CD3/CD19/CD16/CD56/CD41 (linf./plaquetas)	NR	Perfiles de EVs ayudan a estratificar función renal y rechazo (ABMR) sin biopsia.

Nota: Sen. = sensibilidad; Esp. = especificidad; AUC = área bajo la curva ROC; uEV = vesículas extracelulares urinarias; suEV = vesículas extracelulares séricas; miR = microARN; mRNA = ARN mensajero; circRNA = ARN circular; AQP = acuaporina; CPP = partículas calpicepticas; GRP = proteína rica en Gl; DN = nefropatía diabética; ERC= enfermedad renal crónica; AKI = lesión

DISCUSIÓN

Los estudios analizados evidencian de manera consistente que los exosomas representan una herramienta diagnóstica prometedora en diversos escenarios de enfermedad renal, tanto aguda como crónica. El análisis conjunto de los dieciséis artículos demuestra que los biomarcadores contenidos en estas vesículas microARN, proteínas, mRNA y circARN reflejan procesos fisiopatológicos como inflamación, fibrosis y lesión tubular, incluso antes de que los marcadores convencionales presenten cambios detectables.

En el contexto de la lesión renal aguda (LRA), los microARN exosomales se comportaron como biomarcadores tempranos de daño tubular. En el estudio de Liu et al., miR-184 y miR-6766-3p aumentaron significativamente en las primeras horas posteriores al insulto isquémico en cirugía cardíaca pediátrica, alcanzando un AUC cercano a 0.86, rendimiento superior al de la creatinina sérica, que mostró una elevación tardía ⁽⁶⁾. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones externas que demuestran una liberación precoz de miARN asociada con estrés oxidativo y necrosis tubular en modelos de isquemia-reperfusión y LRA por sepsis ⁽²²⁾. En conjunto, la evidencia refuerza la utilidad de los miARN exosomales como biomarcadores sensibles y específicos para la identificación temprana de LRA, especialmente en escenarios clínicos donde la detección oportuna es determinante para prevenir progresión hacia disfunción renal establecida.

En cuanto a las enfermedades glomerulares y trastornos metabólicos, los exosomas también revelaron capacidad para diferenciar etiologías y detectar daño subclínico. En

el estudio multicéntrico de Trabulus et al., un panel de cinco microARN urinarios permitió distinguir de manera precisa la nefropatía diabética de la glomerulosclerosis focal y segmentaria, lo cual podría reducir la necesidad de procedimientos invasivos como la biopsia renal en casos con diagnóstico incierto ⁽⁷⁾. De forma complementaria, la reducción de CD133+ en exosomas urinarios descrita por Dimuccio et al., se asoció con daño tubular avanzado, con un rendimiento diagnóstico elevado (AUC ~0.88), lo cual sugirió que este marcador podría ser útil para identificar deterioro estructural antes de manifestaciones clínicas evidentes ⁽⁸⁾.

Dentro de la nefropatía diabética temprana, los mRNA CDH2 y MCP-1 mostraron capacidad moderada para discriminar etapas iniciales de la enfermedad, con valores de AUC de 0.75 y 0.66, respectivamente, lo que indica que su uso podría complementar los parámetros tradicionales en poblaciones de riesgo ⁽²⁰⁾. Estos resultados se alinean con investigaciones adicionales que señalan que diversos microARN y mRNA contenidos en exosomas pueden alterarse antes de que exista deterioro en el filtrado glomerular ^(20,23,24).

En nefropatía por IgA, los circARN exosomales se correlacionan con el grado de severidad histológica y muestran diferencias según características clínicas relevantes, lo que sugiere que podrían emplearse en el futuro como biomarcadores alternativos al seguimiento histológico repetido ⁽¹¹⁾. Estudios paralelos también han reportado la participación de microARN urinarios en la actividad inflamatoria mesangial, lo que refuerza la relevancia de estos marcadores en enfermedades glomerulares inmunomediadas ⁽²⁵⁾.

En el ámbito del trasplante renal, los exosomas demostraron un potencial particularmente alto para la detección precoz de rechazo, fibrosis y disfunción del injerto. Los microARN miR-21 y miR-29c probaron asociación significativa con fibrosis intersticial y atrofia tubular, incluso antes de que se identificaran alteraciones en creatinina o TFG_e, lo que evidencia su utilidad para monitorizar la salud del injerto⁽⁹⁾. Así mismo, proteínas como TSPAN1 y Hemopexina presentaron elevaciones específicas en casos de rechazo celular agudo, permitiendo diferenciar pacientes estables de aquellos con rechazo mediado por células T⁽¹⁰⁾. Estos hallazgos se encuentran en consonancia con estudios externos que demuestran que las vesículas extracelulares capturan señales tempranas del microambiente inflamatorio del injerto y pueden anticipar episodios de rechazo clínico⁽²⁶⁾. Además, perfiles proteómicos avanzados como PCK2 aportaron valor diagnóstico significativo en el periodo peritrasplante, lo que amplía su posible aplicación en estrategias de medicina personalizada⁽¹³⁾.

Para la enfermedad renal crónica (ERC), varios biomarcadores exosomales destacaron por su excelente rendimiento diagnóstico. Las acuaporinas AQP1 y AQP2 alcanzaron áreas bajo la curva cercanas a 0.90 y manifestaron una disminución progresiva en relación con el deterioro de la función renal, superando la sensibilidad de la creatinina y la albuminuria para identificar daño tubular inicial⁽¹⁴⁾. En la misma línea, el mARN UMOD reflejó estrechamente el declive en la TFG_e, lo que lo posiciona como un biomarcador temprano de disfunción tubular⁽¹²⁾. Adicionalmente, la pérdida de proteínas tubulares esenciales en exosomas se asoció con la progresión del daño estructural renal, reforzando el papel de estas vesículas como indicadores de deterioro sostenido⁽¹⁷⁾. En estadios avanzados de ERC, los marcadores fetuin-A y GRP mostraron disminución significativa y se correlacionaron con la presencia de calcificación vascular, un fenómeno clave que explica el aumento del riesgo cardiovascular en esta población⁽¹⁸⁾. Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que destacan el papel activo de las partículas calciproteicas en la progresión de complicaciones vasculares asociadas a ERC⁽²⁷⁾.

En conjunto, los estudios revisados reportaron áreas bajo la curva superiores a 0.70 para la mayoría de los biomarcadores analizados, lo cual indica un desempeño diagnóstico aceptable a bueno en diversas condiciones renales. Los exosomas no solo destacaron su utilidad para detectar daño renal temprano, sino también para diferenciar etiologías, estratificar progresión y monitorear la

evolución del injerto renal en pacientes trasplantados. Sin embargo, persisten limitaciones metodológicas relevantes, entre ellas la heterogeneidad en las técnicas de aislamiento, la variabilidad en los métodos analíticos y el tamaño muestral reducido de varios estudios. La falta de estandarización constituye un obstáculo significativo para la implementación clínica y dificulta la comparación directa entre estudios, situación también descrita en revisiones recientes⁽²⁸⁾.

Pese a estas limitaciones, la evidencia disponible respalda de manera sólida el potencial clínico de los exosomas como biomarcadores no invasivos en la evaluación renal. Su capacidad para reflejar cambios moleculares tempranos en el glomérulo, el túbulo y el injerto renal los posiciona como candidatos ideales para complementar, e incluso mejorar, los métodos diagnósticos actuales. La estandarización de protocolos de aislamiento y el desarrollo de estudios multicéntricos amplios permitirán en un futuro próximo validar estos biomarcadores en la práctica clínica.

De manera comparativa, los biomarcadores con mayor potencial clínico incluyen los microARN exosomales (como miR-21 y miR-29c), así como las acuaporinas AQP1 y AQP2, los cuales han demostrado consistentemente mejores desempeños diagnósticos en diferentes contextos clínicos. Otros biomarcadores como CD133, UMOD mRNA y proteínas proteómicas presentan utilidad complementaria, especialmente en la estratificación y seguimiento de la enfermedad.

Desde el punto de vista de la implementación, la disponibilidad de tecnologías para el aislamiento y análisis de exosomas es actualmente limitada y variable a nivel mundial, pero, desde luego, es más accesible en centros de investigación de países desarrollados. A nivel nacional y local, su uso aún es restringido y es principalmente experimental. Además, los costos asociados a técnicas como ultracentrifugación, secuenciación y proteómica representan una barrera importante para su incorporación en la práctica clínica rutinaria.

CONCLUSIONES

Los exosomas representan biomarcadores no invasivos con alta sensibilidad para la detección temprana y el seguimiento de la enfermedad renal. La evidencia analizada demuestra que los microARN, proteínas, mARN y circARN contenidos en estas vesículas reflejan procesos fisiopatológicos clave como lesión tubular, inflamación y fibrosis antes de que se manifiesten alteraciones en

marcadores tradicionales como la creatinina o la TFGe. Entre los biomarcadores evaluados, los microARN exosomales y las acuaporinas AQP1/AQP2 mostraron los rendimientos diagnósticos más altos, particularmente en la identificación de lesión renal aguda, enfermedad renal crónica inicial y complicaciones de trasplante renal.

A pesar del potencial clínico observado, persisten limitaciones relacionadas con la falta de estandarización en técnicas de aislamiento y análisis, así como la escasa validación de cohortes amplias. En este sentido, resulta

imprescindible la validación clínica en estudios multicéntricos y la estandarización metodológica como condición previa a su implementación rutinaria. Así mismo, estos biomarcadores deben considerarse como herramientas complementarias, y no sustitutivas, de los marcadores tradicionales actualmente utilizados en la práctica clínica.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses relacionados con la elaboración de este artículo de revisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bikbov B, Purcell CA, Levey AS, Smith M, Abdoli A, Abebe M, et al. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis. *Lancet*. 2020;395(10225):709-33.
2. Luyckx VA, Al-Aly Z, Bello AK, Bellorin-Font E, Carlini RG, Fabian J, et al. Sustainable development goals relevant to kidney health: an update on progress. *Nat Rev Nephrol*. 2021;17(1):15-32.
3. Hill NR, Fatoba ST, Oke JL, Hirst JA, O'Callaghan CA, Lasserson DS, et al. Global prevalence of chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11(7):e0158765.
4. Rosas-Valdez FU, Aguirre-Vázquez AF, Agudelo-Botero M. Quantification of the burden of chronic kidney disease in Latin America: an invisible epidemic. *Revista Panamericana de Salud Pública/Pan American Journal of Public Health*. 2024;48.
5. Tomasino AM, Olson JD, Schaaf GW, Cox AO, Furdui CM, Cline JM, et al. A new method for estimating glomerular filtration rate in rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Radiat Res*. 2023;200(6):548-55.
6. Pengtao L, Kaiping B, Fei Y, Wei G, Xiangyu Z, Jie S. Plasma-derived exosomal hsa-miR-184 and hsa-mir-6766-3p as promising diagnostic biomarkers for early detection of children's cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Sci Rep*. 2024 Dec 1;14(1).
7. Trabulus S, Zor MS, Alagoz S, Dincer MT, Meşe M, Yilmaz E, et al. Profiling of five urinary exosomal miRNAs for the differential diagnosis of patients with diabetic kidney disease and focal segmental glomerulosclerosis. *PLoS One*. 2024 Oct 1;19(10 October).
8. Dimuccio V, Peruzzi L, Brizzi MF, Cocchi E, Fop F, Boido A, et al. Acute and chronic glomerular damage is associated with reduced CD133 expression in urinary extracellular vesicles. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2020;318:F486-95.
9. Kim MJ, Kwon HE, Jang HW, Kim JM, Lee JJ, Jung JH, et al. Multicenter, prospective, observational study for urinary exosomal biomarkers of kidney allograft fibrosis. *Sci Rep*. 2024 Dec 1;14(1).
10. Lim JH, Lee CH, Kim KY, Jung HY, Choi JY, Cho JH, et al. Novel urinary exosomal biomarkers of acute T cell-mediated rejection in kidney transplant recipients: A cross-sectional study. *PLoS One*. 2018 Sep 1;13(9).
11. Luan R, Tian G, Zhang H, Shi X, Li J, Zhang R, et al. Urinary exosomal circular RNAs associated with clinicopathological features in IgA nephropathy. *J Nephrol*. 2022;35(4):1069-78.
12. Yamamoto CM, Murakami T, Oakes ML, Mitsuhashi M, Kelly C, Henry RR, et al. Uromodulin mRNA from urinary extracellular vesicles correlates with kidney function decline in type 2 diabetes mellitus. *Am J Nephrol*. 2018;47(5):283-91.

13. Braun F, Rinschen M, Buchner D, Bohl K, Plagmann I, Bachurski D, et al. The proteomic landscape of small urinary extracellular vesicles during kidney transplantation. *J Extracell Vesicles*. 2020;10(1):e12026.
14. Oshikawa-Hori S, Yokota-Ikeda N, Sonoda H, Sasaki Y, Ikeda M. Reduced urinary release of AQP1- and AQP2-bearing extracellular vesicles in patients with advanced chronic kidney disease. *Physiol Rep*. 2021 Sep 1;9(17).
15. Kamińska A, Roman M, Wróbel A, Gala-Błądzińska A, Matecki MT, Paluszkiwicz C, et al. Raman spectroscopy of urinary extracellular vesicles to stratify patients with chronic kidney disease in type 2 diabetes. *Nanomedicine*. 2022;39:102468.
16. Verbree-Willemsen L, Zhang Y nan, Ibrahim I, Ooi SBS, Wang JW, Mazlan MI, et al. Extracellular vesicle Cystatin C and CD14 are associated with both renal dysfunction and heart failure. *ESC Heart Fail*. 2020 Oct 1;7(5):2240-9.
17. Adam RJ, Paterson MR, Wardecke L, Hoffmann BR, Kriegel AJ. Functionally Essential Tubular Proteins Are Lost to Urine-Excreted, Large Extracellular Vesicles during Chronic Renal Insufficiency. *Kidney360*. 2020 Oct 1;1(10):1107-17.
18. Viegas CSB, Santos L, Macedo AL, Matos AA, Silva AP, Neves PL, et al. Chronic kidney disease circulating calciprotein particles and extracellular vesicles promote vascular calcification: a role for Gla-rich protein. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2018;38(3):575-87.
19. Lyu LL, Feng Y, Liu BC. Urinary biomarkers for chronic kidney disease with a focus on gene transcript. Vol. 130, *Chinese Medical Journal*. Chinese Medical Association; 2017. p. 2251-6.
20. Dehghanbanadaki H, Forouzanfar K, Kakaei A, Zeidi S, Salehi N, Arjmand B, et al. The role of CDH2 and MCP-1 mRNAs of blood extracellular vesicles in predicting early-stage diabetic nephropathy. *PLoS One*. 2022 Apr 1;17(4 April).
21. Jacob V, de Berny Q, Brazier F, Presne C, Lion J, Ouled-Haddou H, et al. Quantification of Urine and Plasma Levels of Extracellular Vesicles in a Cohort of Kidney Transplant Recipients and Chronic Kidney Disease Patients. *Int J Mol Sci*. 2025 Apr 1;26(8).
22. Sonoda H, Lee BR, Park KH, Nihalani D, Yoon JH, Ikeda M, et al. miRNA profiling of urinary exosomes to assess the progression of acute kidney injury. *Sci Rep*. 2019;9(1):4695.
23. Prabu P, Rome S, Sathishkumar C, Gastebois C, Meugnier E, Mohan V, et al. MicroRNAs from urinary extracellular vesicles are early biomarkers of diabetic nephropathy in type 2 diabetes patients. *Diabetes Metab*. 2019;45(3):276-85.
24. Perez-Hernandez J, Forner MJ, Pinto C, Chaves FJ, Cortes R, Redon J. Increased urinary exosomal microRNAs in patients with systemic lupus erythematosus. *PLoS One*. 2015;10(9):e0138618.
25. Chanchaoenthana W, Traitanon O, Leelahavanichkul A, Tasanarong A. Molecular immune monitoring in kidney transplant rejection: a state-of-the-art review. *Front Immunol*. 2023 Aug 22;14:1206929.
26. Bano S, Tandon S, Tandon C. Emerging role of exosomes in arterial and renal calcification. *Hum Exp Toxicol*. 2021;40(9):1385-402.
27. Zheng Y, Wang H, Li X, Xie J, Fan J, Ren S, et al. Extracellular vesicles in chronic kidney disease: diagnostic and therapeutic roles. *Front Pharmacol*. 2024;15:1371874.

Como citar el presente artículo:

Vásquez C, Cadena L. Mensajeros silenciosos: exosomas como biomarcadores en la enfermedad renal. *Revisión bibliográfica*. Indexia. Agosto 2026.