

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

Alteraciones ecográficas, proteína y densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (*Canis familiaris*), La Victoria-Chiclayo.

PARA OPTAR EL TITULO DE PROFESIONAL DE:

MÉDICA VETERINARIA

INVESTIGADORA : Bach. M.V. Estefany Antuane Valverde Flores

ASESOR : Dr. MV. José Luis Vílchez Muñoz

Lambayeque –Perú

2026

Alteraciones ecográficas, proteína y densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (Canis familiaris), La Victoria-Chiclayo.



Bach. M.V. Estefany Antuane Valverde Flores



Dr. MV. José Luis Vilchez Muñoz
PATROCINADOR



Dr. MV. Luis José Martín Laca Olivos Chang
CO ASESOR

Presentada a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para optar el Título Profesional de MÉDICO VETERINARIO.

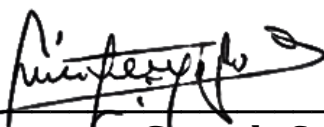
APROBADO POR:



MSc. Segundo Lorenzo Montenegro Vidarte
PRESIDENTE



Dra. Magaly de Lourdes Díaz García
SECRETARIO



M.V. Fortunato Cruzado Seclen
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD MEDICINA VETERINARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION



Libro de Acta de Sustentación de Tesis
Folio: N° 00291

Siendo las 10:30 horas del día 22 de Julio del año dos mil veintiséis, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Medicina Veterinaria "Luis Enrique Díaz Huamán", los miembros del jurado evaluador, designados mediante Resolución N° 097-2025-D/FMV, de fecha 10 de junio del 2025, conformado por:

M.Sc. Segundo Lorenzo Montenegro Vidarte	Presidente
Dra. Magaly de Lourdes Díaz García	Secretaria
M.V. Fortunato Cruzado Seclen	Vocal
Dr. José Luis Vilchez Muñoz	Asesor

Con la finalidad de evaluar la tesis titulada: "**ALTERACIONES ECOGRÁFICAS, PROTEÍNA Y DENSIDAD URINARIA COMO INDICADORES TEMPRANOS DE ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN CANINOS (*Canis familiaris*), LA VICTORIA - CHICLAYO**", presentado por la tesista ESTEFANY ANTUANE VALVERDE FLORES. Sustentación que es autorizada mediante Resolución N° 140-2026-D/FMV, de fecha 10 de julio de 2026.

El presidente de jurado autorizó el acto académico y después de la sustentación, los señores miembros del jurado formularon las observaciones y preguntas correspondientes, la misma que fue absuelta por la sustentante, quien obtuvo Dieciocho puntos que equivale al calificativo de Muy Bueno.

En consecuencia, la Bachiller sustentante queda apta para obtener el Título Profesional de Médica Veterinaria, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normativa vigente de la Facultad de Medicina Veterinaria y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:40 horas del mismo día, se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta.

M.Sc. Segundo Lorenzo Montenegro Vidarte
Presidente

Dra. Magaly de Lourdes Díaz García
Secretaria

M.V. Fortunato Cruzado Seclen
Vocal

Dr. José Luis Vilchez Muñoz
Asesor

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, José Luis Vilchez Muñoz, usuario revisor de Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ y/o Trabajo Académico ☐ Titulado:

ALTERACIONES ECOGRÁFICAS, PROTEÍNA Y DENSIDAD URINARIA COMO INDICADORES TEMPRANOS DE ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN CANINOS (*Canis familiaris*), LA VICTORIA - CHICLAYO.

Cuyo autor (a) es: ESTEFANY ANTUANE VALVERDE FLORES; con DNI N° 72959474; declaramos que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 15%, verificables en el Resumen del Reporte Automatizado de similitudes que se acompañan.

El suscrito(a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso

Lambayeque, 25 de agosto del 2026



.....
Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468

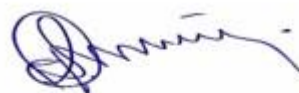
Alteraciones ecográficas, proteína y densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (Canis familiaris), La Victoria-Chiclayo.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15% INDICE DE SIMILITUD	15% FUENTES DE INTERNET	10% PUBLICACIONES	8% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------

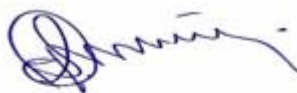
FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repository.uniagraria.edu.co Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	www.frontiersin.org Fuente de Internet	<1%
6	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
7	dehesa.unex.es Fuente de Internet	<1%
8	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	revistamvz.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1%
11	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
12	www.idexx.es Fuente de Internet	<1%
13	Dueñas Chayña, Edwin Amadeus. "Estudio de insuficiencia renal subclínica en caninos geriátricos en altura - Puno 2022", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1%
14	Submitted to Murdoch University Trabajo del estudiante	



Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468

		<1 %
15	cris.huji.ac.il Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universitat Oberta de Catalunya Trabajo del estudiante	<1 %
19	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	<1 %
20	scholar.unand.ac.id Fuente de Internet	<1 %
21	docta.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
22	todaysveterinarypractice.com Fuente de Internet	<1 %
23	pure.jbnu.ac.kr Fuente de Internet	<1 %
24	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
25	Corredor Mancilla, Zuray Fernanda, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Genètica i de Microbiologia. "Daño genómico como biomarcador de la enfermedad renal crónica", [Barcelona] : Universitat Autònoma de Barcelona,, 2016 Fuente de Internet	<1 %
26	ir.znau.edu.ua Fuente de Internet	<1 %
27	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universiteit Utrecht Trabajo del estudiante	<1 %
29	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %



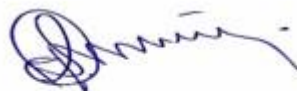
.....
Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468

30	Puškoriūtė, Diana. "Šunų, sergančių ūminiu ir lėtiniu inkstų funkcijos nepakankamumu, inkstų ilgio, žievės storio ir pilvinės aortos skersmens ultragarsinė analizė", Lithuanian University of Health Sciences (Lithuania), 2025 Publicación	<1 %
31	Submitted to University of Greenwich Trabajo del estudiante	<1 %
32	www.colibri.udelar.edu.uy Fuente de Internet	<1 %
33	www.research.unipd.it Fuente de Internet	<1 %
34	pmc.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %
35	www.mif-ua.com Fuente de Internet	<1 %
36	accemedin.com Fuente de Internet	<1 %
37	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
38	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %
39	EWMA. "EWMA 2025 Conference Abstracts", Journal of Wound Management Official journal of the European Wound Management Association, 2025 Publicación	<1 %
40	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
41	cerac.unlpam.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Trabajo del estudiante	<1 %
43	portalcris.lsmuni.lt Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
45	revistas.ces.edu.co Fuente de Internet	<1 %



Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468

46	ebuah.uah.es Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Canakkale Onsekiz Mart University Trabajo del estudiante	<1 %
49	Submitted to Charles Sturt University Trabajo del estudiante	<1 %
50	repositorio.ucc.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
51	scholar.archive.org Fuente de Internet	<1 %
52	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
53	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	theses.hal.science Fuente de Internet	<1 %
56	Submitted to Facultad de Medicina Trabajo del estudiante	<1 %
57	MATHEUS NEVES CASTANHEIRA, GUILHERME PIANOWSKI PAJANOTI, MICHEL KANAS, FELIPE NEVES MONTEIRO et al. "VERTEBRAL PLATEAU DEGENERATION AFTER LUMBAR MICRODISCECTOMY: PROSPECTIVE COHORT", Coluna/Columna, 2025 Publicación	<1 %
58	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
59	adudspace.adu.edu.tr:8080 Fuente de Internet	<1 %
60	cacv.es Fuente de Internet	<1 %
61	www.scielo.br Fuente de Internet	<1 %



.....
Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Estefany Antuane Valverde Flores
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Alteraciones ecográficas, proteína y densidad urinaria como in...
Nombre del archivo: TESIS_CORREGIDA_25-8.pdf
Tamaño del archivo: 1.09M
Total páginas: 80
Total de palabras: 21,868
Total de caracteres: 126,914
Fecha de entrega: 25-ago-2026 12:18p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3017662411

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS
Alteraciones ecográficas, proteína y densidad urinaria como indicadores
tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (*Canis familiaris*), La
Victoria-Chiclayo.

PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:
MÉDICA VETERINARIA

INVESTIGADORA : Bach. M.V. Estefany Antuane Valverde Flores
ASESOR : Dr. MV. José Luis Vilchez Muñoz

Lambayeque - Perú
2026

1

Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Firma (Asesor)
Dr. JOSÉ LUIS VILCHEZ MUÑOZ
DNI: 16724468

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a aquella niña de 4 años que soñó en convertirse en médico veterinario y que hoy, con esfuerzo, dedicación está cumpliendo su gran sueño.

También dedico este logro a mi hermano, quien, aunque ya no esté presente físicamente, siempre vivirá en mi corazón. Gracias por motivarme en los momentos más difíciles, cuando el cansancio y el estrés me hacían querer rendirme. A tu manera, siempre me brindaste apoyo y estuviste conmigo en cada paso de este camino.

Aunque hoy no estés aquí, siempre te recordaré con amor y llevaré tu recuerdo conmigo en cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar, en primer lugar, mi agradecimiento a Dios, por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa fundamental de mi vida profesional.

Asimismo, agradezco a mis padres y a mi familia en general, por su apoyo incondicional, motivación y confianza durante todo este camino académico. De manera muy especial, quiero agradecer a mi madre, por su amor incondicional, por estar siempre a mi lado motivándome a seguir adelante y no rendirme ante las dificultades. Eres mi ejemplo a seguir y este logro también es tuyo. Gracias por todo, por ser mi mayor inspiración y el pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

Agradezco también a mi asesor, por su apoyo, orientación y dedicación durante el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al Dr. Jorge Monteza y a la Clínica Veterinaria Monteza, por su colaboración y apoyo brindado para la realización de esta investigación.

INDICE

DEDICATORIA.....	10
AGRADECIMIENTO.....	11
INDICE.....	12
Índice tablas.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
I. DISEÑO TEORICO.....	19
1.1.ANTECEDENTES.....	19
1.2.BASES TEÓRICAS.....	24
1.2.1. Enfermedad Renal Crónica (ERC) en caninos	24
1.2.2. Ultrasonografía como método diagnóstico en caninos con ERC	33
1.2.3. Proteína urinaria como indicador temprano de ERC	40
1.2.4. Densidad urinaria como indicador temprano de ERC	45
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
2.1. Localización	48
2.2. TIPO DE ESTUDIO	48
2.3. POBLACION Y MUESTRA.....	48
2.4. METODOLOGÍA	49
2.5. ANALISIS ESTADISTICO	50
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
IV. CONCLUSIONES.....	70
V. RECOMENDACIONES.....	71
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72

Índice tablas

- Tabla 1. Alteraciones ecográficas en caninos con enfermedad renal crónica, distrito La Victoria-Chiclayo
- Tabla 2. Alteraciones ecográficas de la corteza renal en caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo
- Tabla 3. Alteraciones ecográficas de la corteza renal en caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo
- Tabla 4. Alteraciones ecográficas, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo.
- Tabla 5. Alteraciones ecográficas de la corteza renal, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo.
- Tabla 6. Alteraciones ecográficas de la medula renal, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo
- Tabla 7. Tamaño del riñón, según la edad de perros con enfermedad renal crónica, distrito La Victoria-Chiclayo
- Tabla 8. Niveles de densidad urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondiente a la primera medición (inicio del estudio), distrito La Victoria-Chiclayo.
- Tabla 9. Densidad urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondientes a la segunda medición (a las dos semanas del estudio), distrito La Victoria-Chiclayo.
- Tabla 10. Niveles de proteína urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondiente a la primera medición (inicio del estudio), distrito La Victoria-Chiclayo.
- Tabla 11. Niveles de proteína urinaria según la edad en perros con enfermedad renal

crónica, correspondientes a la segunda medición (a las dos semanas del estudio). La Victoria–Chiclayo.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las alteraciones ecográficas, la proteína urinaria y la densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica (ERC) en caninos adultos y gerontos del distrito de La Victoria–Chiclayo. Se empleó un diseño no experimental, longitudinal y de enfoque cuantitativo, con una muestra de 44 caninos diagnosticados con ERC, evaluados en dos momentos: al inicio y a las dos semanas. Se realizaron evaluaciones clínicas, ultrasonográficas y análisis de orina mediante cistocentesis. El análisis estadístico incluyó pruebas descriptivas e inferenciales (Chi-cuadrado, prueba exacta de Fisher y t de Student) con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Cuyos hallazgos revelaron que las alteraciones ecográficas más usuales fueron la ecotextura homogénea (82,5%), bordes lisos (93,18%) y ubicación renal normal (100%), destacando la hiperecogenicidad cortical (77,27%) y la hipoeecogenicidad medular (93,18%) con distribución bilateral. No se encontraron diferencias significativas entre grupos etarios, excepto en el tamaño renal, con disminución significativa en gerontos en el riñón derecho ($p = 0,03$). La densidad urinaria mostró desigualdad en la primera medición ($p = 0,04$), con aumento de frecuencia de isostenuria e hipostenuria en gerontos, sin sostenerse en la segunda evaluación ($p = 0,519$). La proteinuria no fue significativa inicialmente ($p = 0,32$), pero sí en la segunda medición ($p = 0,001$). Se concluye que estos parámetros son útiles en la evaluación de la ERC, aunque requieren interpretación integrada y seguimiento seriado.

Palabras clave: Enfermedad renal crónica, caninos, ecografía renal, proteinuria, densidad urinaria.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate ultrasonographic alterations, urinary protein, and urinary density as early indicators of chronic kidney disease (CKD) in adult and geriatric dogs from the district of La Victoria–Chiclayo. A non-experimental, longitudinal, and quantitative design was employed, with a sample of 44 dogs diagnosed with CKD, evaluated at two time points: baseline and two weeks later. Clinical, ultrasonographic, and urinalysis evaluations were performed using cystocentesis. Statistical analysis included descriptive and inferential tests (Chi-square, Fisher's exact test, and Student's t-test) with a significance level of $p < 0.05$. The findings revealed that the most common ultrasound abnormalities were homogeneous echotexture (82.5%), smooth borders (93.18%), and normal renal location (100%), with notable cortical hyperechogenicity (77.27%) and medullary hypoechogenicity (93.18%) with bilateral distribution. No significant differences were found between age groups, except for renal size, with a significant decrease in the right kidney in elderly patients ($p = 0.03$). Urine specific gravity showed inequality in the first measurement ($p = 0.04$), with an increased frequency of isosthenuria and hyposthenuria in elderly patients, which did not persist in the second evaluation ($p = 0.519$). Proteinuria was not significant initially ($p = 0.32$), but became significant in the second measurement ($p = 0.001$). It is concluded that these parameters are useful in the evaluation of CKD, although they require integrated interpretation and serial monitoring.

Keywords: Chronic kidney disease, dogs, renal ultrasound, proteinuria, urinary density.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es una afección progresiva, irreversible y de carácter degenerativo que compromete la estructura y función de los riñones, representando una de las patologías más frecuentes en la clínica de pequeños animales, especialmente en caninos adultos y gerontos. Esta enfermedad se caracteriza por la pérdida gradual de nefronas funcionales, lo que conduce a una disminución sostenida de la tasa de filtración glomerular y, en consecuencia, a la acumulación de productos nitrogenados y toxinas urémicas en el organismo, generando alteraciones metabólicas y sistémicas que afectan significativamente la calidad y expectativa de vida del paciente(1).

Desde el punto de vista fisiopatológico, la ERC se desarrolla como resultado de diversos procesos etiológicos, entre los que se incluyen enfermedades glomerulares, tubulointersticiales, infecciosas, congénitas y degenerativas. Independientemente de la causa inicial, el daño renal progresa de manera silenciosa durante largos periodos, ya que los riñones poseen una elevada capacidad de compensación funcional. Esta característica hace que los signos clínicos sean inespecíficos o inexistentes en las fases tempranas de la enfermedad, manifestándose de forma evidente solo cuando el daño renal es avanzado (2).

Uno de los principales retos en el manejo clínico de la ERC en caninos es el diagnóstico temprano. Tradicionalmente, la evaluación de la función renal se ha basado en la medición de biomarcadores séricos como la creatinina y la urea. Sin embargo, estos parámetros presentan limitaciones importantes, ya que sus valores se elevan únicamente cuando se ha perdido aproximadamente el 65–75 % de la función renal, lo que implica que el diagnóstico suele realizarse en etapas tardías de la enfermedad (3). Esta situación reduce las posibilidades de instaurar estrategias terapéuticas oportunas que permitan ralentizar la progresión del daño renal.

En este contexto, la ecografía renal ha adquirido un papel relevante como método diagnóstico complementario, debido a su carácter no invasivo, accesible y de fácil aplicación en la práctica veterinaria. Mediante esta técnica es posible identificar

alteraciones estructurales tempranas en los riñones, tales como cambios en el tamaño renal, pérdida de la diferenciación cortico medular, aumento de la ecogenicidad cortical, irregularidades en el contorno renal y la presencia de quistes o mineralizaciones, las cuales pueden preceder a las alteraciones bioquímicas séricas(4). No obstante, la interpretación de los hallazgos ecográficos puede verse afectada por la variabilidad del operador y la ausencia de criterios estandarizados claramente definidos.

De manera complementaria, el análisis urinario constituye una herramienta fundamental para la evaluación temprana de la función renal. La proteinuria persistente es considerada uno de los principales indicadores tempranos de daño renal, particularmente de origen glomerular, y se ha asociado con un peor pronóstico en pacientes con ERC. La detección y cuantificación de proteínas en orina permite identificar alteraciones funcionales antes de que se evidencie una disminución significativa de la tasa de filtración glomerular (5).

Asimismo, la densidad urinaria es un parámetro esencial para evaluar la capacidad de concentración renal. La disminución de la densidad urinaria refleja un deterioro en la función tubular y suele presentarse en etapas tempranas de la enfermedad renal, incluso antes de la aparición de azotemia. Por ello, la evaluación conjunta de la densidad urinaria y la proteinuria proporciona información valiosa sobre el estado funcional del riñón y la progresión de la ERC(6).

La integración de los hallazgos ecográficos con los parámetros urinarios, como la proteinuria y la densidad urinaria, podría mejorar significativamente la detección temprana de la ERC en caninos, permitiendo una evaluación más completa tanto estructural como funcional del riñón. Sin embargo, aún existen limitaciones relacionadas con la estandarización de los métodos diagnósticos y la correlación entre los cambios ecográficos y los indicadores urinarios, lo que genera incertidumbre en su aplicación clínica rutinaria(7).

En el contexto local del distrito La Victoria, la ERC en caninos representa un problema de salud frecuente, especialmente en animales adultos y gerontos que acuden a consulta veterinaria. A pesar de ello, son escasos los estudios que evalúan de manera integral la relación entre las alteraciones ecográficas y los parámetros urinarios como indicadores tempranos de esta enfermedad. Por tal motivo, la presente investigación busca

contribuir al fortalecimiento del diagnóstico precoz de la ERC, proporcionando evidencia científica que permita optimizar los protocolos de evaluación clínica y mejorar el manejo terapéutico de los caninos afectados. Planteando como Objetivos general Evaluar las alteraciones ecográficas, la proteína urinaria y la densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (*Canis familiaris*) adultos y gerontos en el distrito de La Victoria–Chiclayo y como objetivos específicos (i) Identificar las principales alteraciones ecográficas presentes en caninos adultos y gerontos diagnosticados con enfermedad renal crónica, (ii) Medir los valores de proteína urinaria y densidad urinaria como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos (*Canis familiaris*) adultos y gerontos.

I. DISEÑO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES

Chow et al. (7) el propósito de este estudio fue disponer las categoría y frecuencia de aparición de enfermedades en los distintos órganos que impactan a los perros y gatos evaluando mediante la técnica ecográfica el cual condujo a un estudio descriptivo (enfoque cuantitativo) en una población canina de las cuales se seleccionó una muestra de 145 perros a quienes se les realizó una evaluación ecográfica del sistema urinario. Los resultados indicaron que el 28% de los pacientes presentaban alteraciones ecográficas en el aparato urinario, siendo las más frecuentes la nefrolitiasis unilateral y bilateral, la reducción en la diferenciación cortico-medular, la cistitis y la cistolitiasis. Estos hallazgos resaltan la importancia de la ecografía como una herramienta diagnóstica clave para la detección temprana y el monitoreo de la enfermedad renal en caninos adultos y gerontos. Concluyeron que estos hallazgos enfatizan la importancia de la ecografía para la detección temprana y el monitoreo en caninos adultos y gerontos.

Perondi et al. (8) el propósito de esta investigación fue analizar la frecuencia de las alteraciones ecográficas renales más comunes en caninos con diversos estadios de ERC y explorar su relación con los estadios de la Sociedad Internacional de Interés Renal (IRIS) por lo cual realizaron un estudio retrospectivo y descriptivo (enfoque cuantitativo) para evaluar la prevalencia de anomalías renales en perros con Enfermedad Renal Crónica (ERC) y su relación con las etapas IRIS. Analizaron una población de 855 perros con ERC. Los resultados mostraron que las anomalías más comunes fueron la hiperecogenicidad cortical, la alteración de la unión cortico medular (C/M) y la pielectasia. Se observó un aumento significativo en el número de perros con múltiples anomalías conforme avanzaba la etapa IRIS. La conclusión fue que la ecografía renal es una herramienta diagnóstica clave para monitorear la ERC.

Echeverry et al.,(9) el propósito de este caso de un paciente canino con enfermedad renal poliquistica que está asociada con linfoma extra nodal por ende se realizó un

estudio de caso (enfoque descriptivo) en un perro Siberiano Husky de 7 años diagnosticado con enfermedad renal poliquística asociada a linfoma extra nodal. Durante el examen físico sistemático, se detectó incidentalmente nefromegalia. Los hallazgos ecográficos más relevantes en perros con enfermedad renal crónica (ERC) revelaron lesiones anecoicas cavitantes, caracterizadas por paredes lisas y márgenes bien definidos. Se observó un aumento de la ecogenicidad cortical, atribuible a fibrosis y depósitos minerales. Asimismo, la reducción en el tamaño renal fue indicativa de atrofia progresiva del órgano. La pérdida de la diferenciación cortico-medular observada sugirió daño en la estructura funcional del riñón. La presencia de calcificaciones o quistes renales, en algunos casos vinculados a nefropatías hereditarias, fue un hallazgo significativo. Estos hallazgos permiten diferenciar entre la enfermedad poliquística y los procesos multiquisticos adquiridos en los riñones. Además, la punción aspirativa renal con aguja fina puede ser útil para distinguir entre la enfermedad quística y otros procesos que causan renomegalia.

Bragato et al. (10) en un artículo de revisión (enfoque de revisión bibliográfica), señalan que la ecografía es la prueba de imagen de elección, debido a que proporciona información sobre la posición, tamaño, forma, arquitectura interna y hemodinámica de los riñones sin dañar al paciente. En la enfermedad renal crónica, los principales hallazgos observados en las imágenes de ecografía en modo B son el aumento de la ecogenicidad cortical, la pérdida de la diferenciación corticomedular, la reducción del volumen renal y el contorno renal irregular, y cuando estos cambios se asocian, son indicativos de enfermedad renal terminal. Sin embargo, la causa de la enfermedad renal no puede determinarse mediante ecografía, sino que debe confirmarse mediante biopsia, aunque la presencia de cambios ecográficos indicativos de la etapa final de la enfermedad puede contraindicar este procedimiento. La prueba de ecografía Doppler complementa el examen ultrasónico en modo B y permite la evaluación de la perfusión renal a partir de un cálculo de los índices hemodinámicos, que se encuentran aumentados en los casos de lesiones renales crónicas, con valores más altos en los casos más graves. Por lo tanto, los exámenes de ultrasonido no sólo son útiles en el diagnóstico, sino que también juegan un papel importante en la definición del pronóstico de los pacientes con enfermedad renal crónica.

Choo et al. (11) el propósito es establecer si hay variaciones entre el grosor cortical renal (GCR) real y el valor estimado del GCR teniendo en cuenta elementos físicos en caninos con insuficiencia renal aguda o crónica. Se intentó evidenciar si el índice de relación GCR:Ao sería beneficioso para valorar la enfermedad renal por ende se llevó a cabo un estudio multicéntrico, retrospectivo y analítico (enfoque cuantitativo). La muestra consistió en 54 perros con enfermedad renal (aguda o crónica) y 30 perros sanos. El GCR se midió en el centro de la pirámide renal como la distancia perpendicular más corta a la cápsula renal desde la base de la pirámide medular renal en tres puntos. El diámetro de la Ao se midió justo caudal a la rama de la arteria renal izquierda en el plano sagital en sístole. El cociente RCT:Ao de los pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) fue de $0,50 \pm 0,11$ (media $\pm$ desviación estándar). El cociente RCT:Ao en perros normales fue de $0,67 \pm 0,07$. El cociente RCT:Ao en pacientes con lesión renal aguda (LRA) fue de $0,83 \pm 0,05$. Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre perros normales y perros con ERC ($P < 0,001$) y entre perros normales y perros con LRA ($P < 0,001$). En conclusión, los hallazgos del presente estudio respaldaron el uso del cociente RCT:Ao como un método cuantitativo no invasivo para caracterizar la patología renal en caninos con enfermedad renal aguda o crónica.

Hart et al.,(12) el propósito es observar los hallazgos ecográficos del riñón canino que incluyen una corteza hiperecoica y una médula anecoica o hipoecoica, se detalla la imagen ecográfica de la médula renal externa en perros sin signos de enfermedad renal se realizó una investigación descriptiva (enfoque cuantitativo) en una población de 145 perros sanos para describir la apariencia de la médula renal externa. Los perros que se sometieron a una ecografía abdominal durante un período de 6 meses fueron sometidos a revisión y luego divididos en seis grupos según el peso corporal (kg): $< 4,9$, $5,0-9,9$, $10-19,9$, $20-29,9$, $30-39,9$ y ≥ 40 . Se utilizó el análisis de chi-cuadrado para determinar si la frecuencia de una médula externa hiperecoica era significativamente diferente entre los grupos de peso, sexo y edad (valor $P < 0,05$). De los 145 perros que cumplieron los criterios de inclusión, 45 tenían una médula externa hiperecoica en relación con la corteza y la médula interna. En los perros restantes, la médula externa era isoecoica a la corteza. Los perros de menos de 5 kg tuvieron la frecuencia más alta de una médula externa hiperecoica ($P < 0,0001$) y los perros de más de 40 kg no tuvieron una médula

externa hiperecoica ($P < 0,0001$). El sexo no tuvo influencia en la presencia o ausencia de la médula externa hiperecoica; sin embargo, los perros más jóvenes estuvieron sobrerrepresentados ($6,4 \pm 0,6$ años comparado con $7,8 \pm 0,4$ años; $P = 0,04$). Las descripciones ecográficas del riñón canino no han tomado en cuenta las contribuciones de la corteza renal y la médula externa. Con base en este estudio de perros sin enfermedad renal clínicamente significativa, la médula externa puede ser isoecoica o hiperecoica a la corteza y una médula externa hiperecoica es más comúnmente vista en perros de razas pequeñas.

Pérez (13), en un estudio descriptivo (enfoque cuantitativo), evaluó una población de 37 perros en una clínica veterinaria, clasificando las alteraciones renales de acuerdo con la escala del International Renal Interest Society (IRIS). Se identificaron tres pacientes con alteraciones prerrenales (8%), cinco con insuficiencia renal aguda (IRA) (8%), tres con insuficiencia renal crónica (IRC) (8%) y cinco con alteraciones postrenales (14%). Además, se registraron pacientes con alteraciones renales bioquímicas, representando el 5% (dos casos), y otros con cambios ecográficos, entre los cuales se destacaron la asimetría renal, nefrolitos y mineralización distrófica renal. La hiperecogenicidad cortical y la reducción del tamaño renal fueron los hallazgos más comunes, detectados en 10 pacientes (27%). Por otro lado, nueve caninos fueron clasificados como clínicamente sanos, lo que representó el 24% de la muestra. En cuanto a la edad, las alteraciones prerrenales, renales y postrenales afectaron principalmente a perros con edades entre 7 y 14 años, lo que indica una mayor prevalencia de estas afecciones en caninos adultos y gerontos.

Bessone et al.(14) el propósito de este estudio fue identificar la relación entre la presencia de elementos de riesgo para la enfermedad renal crónica y esos indicadores que son considerados como señales de alteración de la función del riñón, por ello realizaron un estudio descriptivo (enfoque cuantitativo), evaluando una muestra de 31 caninos de 8 años o más con factores predisponentes a la ERC, con una prevalencia estimada entre el 0,5 % y el 1,5 %. Varios factores de riesgo contribuyen a su desarrollo, como infecciones, neoplasias, trastornos inmunomediados, hipertensión, enfermedades endocrinas, uso de medicamentos antiinflamatorios, desequilibrios metabólicos y envejecimiento. En su estudio, evaluó 31 caninos de 8 años o más con factores

predisponentes a la ERC en el Hospital Escuela de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Se registraron datos clínicos y se realizaron análisis de sangre y orina. Los resultados mostraron alteraciones en la orina, como proteinuria y un aumento en los niveles de creatinina en cinco perros, sin otras variaciones significativas en el hemograma o en la bioquímica sanguínea.

Perez et al.(15) evaluaron la relación entre los biomarcadores de función renal en la primera evaluación de caninos con factores de riesgo para enfermedad renal crónica (ERC). En su estudio descriptivo y prospectivo, analizaron a 388 perros distribuidos en un grupo control (GC) y cuatro grupos con riesgo potencial de ERC (pERC). Se evaluaron antecedentes clínicos, examen físico, condición corporal, hemograma, perfil bioquímico, niveles de dimetilarginina simétrica (SDMA), análisis de orina, relación proteinuria/creatininuria (UPC) y presión arterial. Se observó una correlación moderada entre los niveles de SDMA y creatinina sérica en los grupos pERC ($r=0.69$, $p<0.001$). Los perros con azotemia leve y/o niveles elevados de SDMA mostraron una mayor probabilidad de incremento en SDMA cuando su condición corporal era inferior a 5/9. El SDMA se destaca como un biomarcador clave en las fases tempranas de la ERC y en etapas avanzadas con caquexia y sarcopenia.

3.1.2. Antecedentes Nacional

Huaman(16) el propósito es identificar los indicadores de daño renal que ayudan a evaluar la tasa de filtración glomerular en la práctica, como la creatinina, la urea y proteína en la orina para ofrecer una evaluación de la enfermedad renal cuando otras etiologías externas y hayan excluido, por ello se llevó a cabo un estudio descriptivo y transversal (enfoque cuantitativo) para determinar las concentraciones de creatinina, urea y proteínas en orina. La población fueron caninos sanos mayores de 7 años, utilizando una muestra de 18 perros organizados en tres grupos según la edad, dos según el sexo y tres según el peso. Para el análisis estadístico, se aplicó la prueba ANOVA en la evaluación de creatinina y urea, mientras que para la proteína urinaria se utilizó la prueba de chi-cuadrado, ambas con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0,05$). Los resultados mostraron que la concentración más baja de creatinina se registró en el grupo de edad de 10 a 12 años, con un valor de 1.63 mg/dl, mientras que la más alta correspondió al grupo de caninos de más de 20 kg, con 2.00 mg/dl. Sin embargo, no se

encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados. En cuanto a la urea, la concentración más baja se observó en el grupo de 10 a 12 años (50.59 mg/dl) y la más alta en los perros de más de 20 kg (63.52 mg/dl), sin diferencias estadísticamente significativas. Respecto al análisis de proteínas en orina, la proteinuria normal o fisiológica fue más frecuente en perros de menos de 10 kg, con el 100% de los casos, mientras que la proteinuria patológica se presentó con mayor frecuencia en el grupo de más de 20 kg, afectando al 50% de los casos. No se identificaron diferencias significativas entre los distintos grupos estudiados.

Garay y Morales (17) tuvieron como objetivo buscar establecer la existencia de proteinuria y baja densidad urinaria como señales tempranas de enfermedad renal crónica (ERC) en perros asintomáticos mayores de 5 años por ello ejecutaron un estudio analítico y observacional (enfoque cuantitativo) para analizar la relación entre proteinuria, densidad urinaria y alteraciones ecográficas. La población fueron perros asintomáticos mayores de cinco años. Encontraron que el 28% (14) de los perros evaluados fueron diagnosticados con enfermedad renal crónica (ERC) en etapa temprana. El análisis estadístico reveló una mayor prevalencia en machos (45.5%) en comparación con hembras (14.3%) y una mayor incidencia de ERC en perros de entre 8 y 14 años. Aunque se observó una diferencia significativa en la densidad urinaria, los valores fueron similares tanto en perros con diagnóstico positivo como en los sin ERC. La proteinuria persistente se confirmó como un indicador temprano de ERC, especialmente en caninos gerontos y machos, mientras que la densidad urinaria baja no fue considerada un marcador confiable en las primeras etapas de la enfermedad.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Enfermedad Renal Crónica (ERC) en caninos

1.2.1.1. Definición de enfermedad renal crónica

En caninos se entiende como un proceso progresivo e irreversible en el que ocurre una pérdida sostenida de nefronas funcionales, con disminución paulatina de la capacidad del riñón para mantener la homeostasis interna; clínicamente, esto se refleja en alteraciones persistentes de la función renal y, en etapas más avanzadas, en manifestaciones urémicas y complicaciones sistémicas. En el día a día de la

clínica veterinaria, la ERC se afronta mediante diagnóstico integral en un paciente estable, y su estadificación se apoya en sistemas de consenso como el de la *International Renal Interest Society* (IRIS), que orienta la clasificación y el manejo clínico(18). Por ello, se describe que la progresión se ve influida por mecanismos compensatorios como la hiperfiltración de nefronas remanentes y por factores de riesgo/comorbilidades, lo que fortalece la necesidad de poder identificar la enfermedad de manera temprana y poder darle un monitoreo longitudinal (19). En términos de cronicidad, se acepta de forma amplia que la ERC involucra alteraciones estructurales y/o funcionales mantenidas por meses, típicamente ≥ 3 meses, diferenciándola de injurias renales agudas o transitorias(20).

1.2.1.2. Fisiología renal en el canino

A. Filtración glomerular

Es el primer paso para la formación de orina y este proceso ocurre en el glomérulo, donde el plasma es filtrado a través de la barrera de filtración para elaborar un ultrafiltrado que ingresa al túbulo renal. Desde el punto de vista funcional, la tasa de filtración glomerular (GFR/TFG) se considera el mejor indicador directo de función renal global; sin embargo, en clínica cotidiana suele inferirse mediante marcadores como creatinina (y otros biomarcadores), entendiendo que estos se alteran conforme disminuye la TFG (21). En este sentido, la creatinina es libremente filtrada y, en la mayoría de especies domésticas, no se reabsorbe y presenta secreción tubular mínima, por lo que su aumento sanguíneo se asocia con disminución de la filtración glomerular (22).

B. Reabsorción y secreción tubular

Tras la filtración, el sistema tubular ejecuta un trabajo altamente especializado de reabsorción (recuperación hacia sangre de agua y solutos útiles) y secreción (paso de sustancias desde sangre al lumen tubular para su eliminación). A nivel fisiológico, la homeostasis depende de transportadores y gradientes electroquímicos en el epitelio tubular: el túbulo, más que un “conducto”, es un órgano funcional que ajusta finamente sodio, potasio, bicarbonato, agua y múltiples solutos mediante mecanismos activos y pasivos(23). En caninos, por

ejemplo, la reabsorción de sodio en túbulo proximal está estrechamente acoplada al movimiento de agua y a bombas como la Na^+/K^+ -ATPasa, lo que sostiene gradientes que permiten transporte de nutrientes y regulación del volumen extracelular(22).

C. Regulación del equilibrio hídrico y electrolítico

Una función esencial del riñón es mantener un medio extracelular relativamente constante, modulando la excreción o conservación de agua y electrolitos (principalmente sodio, cloro, potasio, calcio y fosfato). Esto se logra mediante la integración de la filtración glomerular con el manejo tubular y el control hormonal y hemodinámico (p. ej., sistemas como renina-angiotensina-aldosterona y la acción de vasopresina sobre el túbulo colector), permitiendo ajustar la osmolaridad y el volumen circulante según el estado de hidratación. En resumen, la homeostasis hidroelectrolítica requiere que el túbulo renal conserve o excrete cargas de solutos y agua de manera coordinada, sosteniendo la presión arterial efectiva y la perfusión tisular(22).

D. Eliminación de productos nitrogenados

El riñón es el órgano central para la excreción de productos de desecho del metabolismo, incluyendo compuestos nitrogenados. En la clínica diaria, la urea (BUN) y la creatinina se emplean como aproximaciones al estado funcional renal, reconociendo que su interpretación depende de la fisiología subyacente: la creatinina se relaciona de forma más directa con la filtración glomerular, mientras que la urea puede variar adicionalmente con factores extrarrenales (p. ej., dieta, catabolismo proteico). Desde una visión fisiológica, la eliminación de estos productos influye su paso por el glomérulo (filtración) y, según la sustancia, contribuciones variables del túbulo (p. ej., mínima secreción de creatinina en la mayoría de especies domésticas), lo que indica por qué se da el deterioro progresivo de la función renal en la ERC conduce a acumulación de metabolitos y a signos sistémicos asociados(22).

1.2.1.3. Fisiopatología de la enfermedad renal crónica

La ERC se caracteriza por anormalidades persistentes de la estructura o función renal que, al progresar, reducen la capacidad excretora y alteran la homeostasis sistémica. Un mecanismo compartido de progresión es la pérdida irreversible de nefronas y la sobrecarga hemodinámica/metabólica de las nefronas remanentes, lo que perpetúa daño glomerular y túbulo-intersticial y acelera el deterioro funcional(24).

Cambios estructurales y funcionales

Pérdida progresiva de nefronas.

En la ERC, diversos insultos iniciales (metabólicos, hemodinámicos, inmunológicos o tóxicos) convergen en lesión celular renal y muerte de unidades funcionales. La pérdida de nefronas reduce la “capacidad” del riñón para manejar la carga diaria de solutos y agua; simultáneamente, el tejido remanente exhibe respuestas adaptativas que, aunque inicialmente preservan la función global, favorecen esclerosis y fibrosis con el tiempo (24).

Hipertrofia compensatoria (hiperfiltración de nefrona única). Tras la reducción de masa nefronal, las nefronas supervivientes aumentan su tamaño (hipertrofia) y su trabajo, con incremento de la filtración por nefrona (hiperfiltración relativa) y de la presión capilar glomerular. Este “mecanismo de compensación” puede sostener la TFG total en fases tempranas, pero a costa de estrés mecánico y biológico sobre podocitos y barrera de filtración, facilitando albuminuria, sobrecarga tubular proximal y progresión del daño(25).

Disminución del filtrado glomerular.

A medida que avanza la esclerosis glomerular y la fibrosis túbulo-intersticial, disminuye el número de nefronas funcionantes y cae la TFG. Además, el daño no se limita a un compartimento: existe una interacción dinámica entre glomérulo y

túbulo, donde la lesión glomerular expone al túbulo a proteínas y mediadores séricos proinflamatorios, promoviendo fibrosis intersticial; y, a su vez, la lesión tubular puede retroalimentar el daño glomerular por cambios en la capacidad reabsortiva y señales paracrinas. Este “crosstalk” explica por qué la progresión suele ser autocatalítica si no se interrumpe el círculo vicioso(26).

Alteraciones en la concentración urinaria.

Un descubrimiento funcional temprano y frecuente viene hacer la pérdida que tiene los riñones de tener la capacidad de poder concentrar/diluir la orina, la cual se relaciona con la disfunción tubular y el daño medular que comprometen el gradiente corticomedular y la respuesta a vasopresina. La homeostasis del agua depende del eje cerebro–riñón (osmoreceptores, vasopresina/AVP y canales AQP2 en el túbulo colector); alteraciones en la regulación de AQP2 y en la señalización de AVP influyen a los trastornos de natremia y a defectos de concentración urinaria, particularmente cuando coexisten lesión tubular e inflamación crónica (27).

Regulación del equilibrio hídrico y electrolítico

La disminución de la función renal altera la capacidad para ajustar finamente el volumen extracelular y las concentraciones de electrolitos. Con menos nefronas disponibles, el riñón debe excretar cargas similares de sodio, agua, potasio, fosfato e hidrogeniones con menor “superficie funcional”, lo que aumenta la vulnerabilidad a sobrecarga de volumen o, en escenarios de baja ingesta/diuréticos, a depleción. En paralelo, la disfunción tubular favorece trastornos del equilibrio ácido–base por menor excreción de H^+ y menor regeneración/reabsorción de bicarbonato(28).

En otros términos, los trastornos del agua y la natremia se entienden mejor desde la fisiología de AVP–AQP2 y de la sed: cuando estos ejes se modifican (por daño renal o desregulación neurohormonal), la capacidad de concentrar o diluir se vuelve limitada y por ende se incrementa el riesgo de hipo/hipernatremia ante cambios relativamente pequeños de ingesta o pérdidas(27).

Eliminación de productos nitrogenados

La función excretora renal también abarca a la eliminación de compuestos nitrogenados y otros solutos urémicos. Al disminuir la TFG, se almacenan los productos del metabolismo proteico (y una amplia variedad de solutos retenidos), configurando el espectro de la uremia. Parte de estos compuestos (“toxinas urémicas”) no solo se elevan por menor filtración, sino también por disfunción tubular y alteraciones en rutas de transporte/secreción, lo que contribuye a inflamación, estrés oxidativo y disfunción endotelial, amplificando complicaciones sistémicas y progresión renal(29). Además, se reconoce un rol relevante del eje intestino–riñón: metabolitos generados o modificados por microbiota (y derivados dietarios) pueden actuar como toxinas urémicas; su eliminación depende del filtrado y, en algunos casos, de transporte tubular, por lo que la caída de la función renal incrementa su retención y su potencial efecto biológico(30).

1.2.1.4. Clasificación de la ERC en caninos

La enfermedad renal crónica (ERC) en caninos se clasifica clínicamente para homogeneizar el diagnóstico, estimar pronóstico y guiar el manejo terapéutico. En la práctica, la referencia internacional más utilizada es la estadificación de la International Renal Interest Society (IRIS), diseñada para aplicarse solo en pacientes con ERC “estable” (hidratados, sin factores prerenales o posrenales activos y con mediciones repetidas), porque la interpretación de biomarcadores de función excretora cambia de forma relevante ante deshidratación, catabolismo o fluctuaciones hemodinámicas(31).

Estadificación según IRIS (International Renal Interest Society)

La IRIS propone una estadificación inicial basada en marcadores indirectos del filtrado glomerular, utilizando creatinina sérica en ayunas y/o SDMA (symmetric dimethylarginine), idealmente ambos, medidos al menos en dos ocasiones en un paciente estable. La ERC canina se clasifica en cuatro estadios (1–4): el estadio 1 se caracteriza por creatinina normal (<1.4 mg/dL) y SDMA <18 µg/dL, pero se demuestra que es independiente de daño renal (p. ej., proteinuria renal, hallazgos ecográficos, alteraciones persistentes de la concentración urinaria o cambios

progresivos seriados en biomarcadores); los estadios 2–4 corresponden a aumentos progresivos de creatinina (2: 1.4–2.8 mg/dL; 3: 2.9–5.0 mg/dL; 4: >5.0 mg/dL) y rangos de SDMA (2: 18–35; 3: 36–54; 4: >54 µg/dL), reflejando mayor pérdida de reserva funcional y mayor riesgo de complicaciones sistémicas(31).

Un elemento clave de la clasificación IRIS es la resolución de diferencia de creatinina–SDMA, reconociendo que la creatinina puede subestimar disfunción renal en perros con índice de baja masa muscular. Por ende, si la SDMA se mantiene en un rango compatible con un estadio superior (p. ej., SDMA >18 µg/dL con creatinina <1.4 mg/dL), se sugiere poder estadificar y así manejar al paciente como el estadio más alto, realizando su reevaluación previamente y control de variables de confusión(31).

Tras asignar el estadio, la IRIS exige subestadificar porque dos modificadores — proteinuria y presión arterial elevada sistémica— no solo expresan mecanismos fisiopatológicos activos (lesión glomerular, activación neurohormonal y daño endotelial), sino que se asocian con progresión y daño a órgano diana. En perros, la subestadificación por proteinuria usa el cociente proteína/creatinina urinaria (UPC): no proteinúrico (<0.2), límite (0.2–0.5) y proteinúrico (>0.5). En paralelo, la subestadificación por presión arterial sistólica estratifica el riesgo: normotenso (<140 mmHg), prehipertenso (140–159), hipertenso (160–179) e hipertenso acusado ($\geq$ 180 mmHg), categorías que orientan la urgencia del control y la prevención de retinopatía, encefalopatía o progresión renal acelerada(31).

Importancia del diagnóstico temprano (estadios iniciales)

El diagnóstico temprano (estadio 1 y “estadio 2 temprano”) es crítico porque en estas fases suele existir una fracción sustancial de nefronas aún funcionales; por ende, las intervenciones dirigidas a factores modificables (control de proteína en orina, control de presión arterial, ajustes nutricionales, corrección de trastornos metabólicos y controles seriado) tienen mayor probabilidad de ralentizar la progresión y preservar calidad de vida. La IRIS subraya que algunos pacientes con reducción leve del GFR pueden no presentar azotemia evidente y, aun así, exhibir evidencia independiente de ERC (cambios estructurales en imagen, proteinuria renal, alteraciones tubulares), lo que justifica estrategias diagnósticas

proactivas y monitorización longitudinal para diferenciar enfermedad real de falsos positivos (31).

En este contexto, la incorporación de SDMA junto con creatinina mejora la sensibilidad para identificar disfunción renal incipiente, particularmente cuando la masa muscular condiciona la creatinina, y se recomienda interpretarla con el conjunto de datos clínicos (densidad urinaria, UPC, presión arterial e imagen). (IRIS, 2023; IRIS, s. f.). Además, la proteinuria puede ser una señal temprana de lesión renal clínicamente relevante, y su cuantificación mediante UPC contribuye tanto a la clasificación IRIS como a la identificación de pacientes que podrían beneficiarse de medidas antiproteinúricas antes de que la azotemia sea marcada(31).

1.2.1.5. Epidemiología de la ERC en caninos

La enfermedad renal crónica (ERC) en perros constituye un problema clínico relevante por su curso progresivo, su asociación con comorbilidades sistémicas y porque suele diagnosticarse en fases avanzadas, cuando ya se ha perdido una proporción considerable de masa nefronal funcional. Desde una perspectiva epidemiológica, las estimaciones de frecuencia dependen fuertemente del marco de muestreo (población general vs. pacientes de hospital vs. programas de tamizaje), del criterio diagnóstico (azotemia vs. biomarcadores tempranos como SDMA, proteinuria persistente y densidad urinaria) y del requisito de estabilidad clínica para confirmar ERC(31).

Prevalencia en caninos adultos y gerontos

En la población canina general, se reportan estimaciones globales alrededor de 0.5–1.0%; sin embargo, esta cifra tiende a subestimar la carga real cuando el diagnóstico se basa principalmente en azotemia, porque una fracción de perros puede cursar con ERC no azotémica durante periodos prolongados, detectándose mejor mediante urianálisis sistemático (proteinuria), evaluación de densidad urinaria y biomarcadores de filtración como SDMA(32).

En perros senior y gerontos, la frecuencia observada aumenta de forma marcada cuando se emplean protocolos de screening longitudinal. En un estudio prospectivo de seguimiento por 2 años en perros mayores “aparentemente sanos”,

se documentó que 20% (26/122) desarrolló evidencia de ERC durante el periodo de observación, predominando la proteinuria renal persistente como manifestación temprana, además de un subconjunto que evolucionó a ERC azotémica. Este tipo de estudio no describe “prevalencia poblacional” en sentido estricto, pero sí demuestra que en gerontos la enfermedad subclínica puede ser relativamente frecuente y clínicamente relevante para estrategias de detección precoz(33).

Complementariamente, estudios basados en grandes poblaciones aseguradas han aportado medidas de incidencia (casos nuevos por tiempo), útiles para dimensionar el riesgo a nivel poblacional y compararlo entre razas. En una tesis doctoral con población de >600,000 perros asegurados, la incidencia total de “enfermedad renal” (marco amplio que incluye ERC dentro de trastornos renales diagnosticados) fue 15.8 casos por 10,000 perro-año y se describieron diferencias entre razas, lo que respalda la heterogeneidad del riesgo según predisposición genética y/o morfológica(34).

Factores predisponentes: edad, raza, enfermedades concomitantes

Edad.

El factor predisponente más consistente es la edad avanzada, que se relaciona con la acumulación de daño renal subclínico, mayor carga de comorbilidades y exposición crónica a injurias (p. ej., episodios de lesión renal aguda, nefrotoxicidad farmacológica, inflamación crónica). En cohortes clínicas de perros con ERC seguidos longitudinalmente bajo criterios IRIS, se ha observado que la “edad avanzada” aparece como antecedente predominante en la población estudiada, reforzando su papel como determinante epidemiológico y como criterio para implementar tamizaje periódico en medicina preventiva(35).

Raza y predisposición genética.

La distribución por razas no es homogénea. En poblaciones aseguradas se han descrito razas con tasas más altas de enfermedad renal diagnosticada (p. ej., Bernese mountain dog, schnauzer miniatura y bóxer en el análisis de incidencia), lo que sugiere contribución genética y/o susceptibilidad estructural(34).

A nivel molecular, la susceptibilidad heredable se apoya en evidencia genómica: en bóxers, se identificaron regiones genéticas asociadas con enfermedad renal crónica, lo que sustenta que, al menos en ciertos linajes, existen determinantes biológicos que elevan el riesgo y podrían explicar agregación por raza(36).

Enfermedades concomitantes y condiciones asociadas. La ERC se asocia con comorbilidades que pueden actuar como marcadores de riesgo, aceleradores de progresión o consecuencias bidireccionales (cardiorrenal, inflamación crónica). En un estudio en perros con enfermedades crónicas asociadas, se observó proteinuria con frecuencia relevante y se reportó mayor riesgo/expresión de proteinuria en el grupo con enfermedad cardíaca, hallazgo coherente con la interacción hemodinámica y neuro hormonal corazón-riñón y con la utilidad del UPC como señal temprana de afectación renal clínicamente significativa(37).

1.2.2. Ultrasonografía como método diagnóstico en caninos con ERC

Principios básicos de la ecografía

La ultrasonografía es una modalidad de imagen basada en la emisión y recepción de ondas sonoras de alta frecuencia (generalmente en el rango de megahercios). El transductor contiene cristales piezoeléctricos que transforman energía eléctrica en pulsos de ultrasonido y, al recibir los ecos de retorno, convierten nuevamente esa energía mecánica en señales eléctricas para formar la imagen. Este proceso se sustenta en el principio pulso-eco: el equipo calcula la profundidad de las estructuras midiendo el tiempo que tarda el eco en regresar, asumiendo una velocidad promedio de propagación del sonido en tejidos blandos (38).

La calidad de la imagen depende de cómo interactúa el ultrasonido con los tejidos. Cuando el haz encuentra una interfaz entre medios con distinta impedancia acústica, parte de la energía se refleja y parte se transmite; esa diferencia de reflexión es lo que genera variaciones de ecogenicidad (más “brillante” cuando retorna más eco, más “oscuro” cuando retorna menos)(38). En la práctica clínica, el modo B (brightness mode) es el principal para evaluar arquitectura renal (tamaño, contorno, diferenciación córtico-

medular, ecogenicidad), mientras que el Doppler complementa al estimar perfusión y hemodinámica intrarrenal(10).

En caninos con enfermedad renal crónica (ERC), la ecografía contribuye sobre todo como herramienta morfológica y de apoyo dentro del abordaje diagnóstico integral (clínica + laboratorio + imagen). Se ha descrito que, a medida que progresa la ERC, tienden a acumularse hallazgos ecográficos (p. ej., incremento de ecogenicidad cortical, pérdida de diferenciación cortico-medular, irregularidad del contorno y reducción del tamaño renal), aunque también pueden existir pacientes con ERC sin alteraciones ultrasonográficas evidentes (10,41). En una cohorte amplia (855 perros), la prevalencia de anormalidades ultrasonográficas y la coexistencia de más de un hallazgo aumentaron significativamente con la progresión del estadio IRIS, destacando ecogenicidad cortical aumentada, alteraciones cortico-medulares y pielectasia (39).

Finalmente, la ultrasonografía también es relevante para descartar condiciones tratables o concomitantes que pueden modificar el manejo (p. ej., sospecha de pielonefritis, urolitiasis/obstrucción, masas), recomendándose su uso como parte del proceso de evaluación clínica en perros con ERC(40). Además, enfoques recientes exploran el apoyo computacional a partir de imágenes ecográficas: por ejemplo, se ha investigado el uso de aprendizaje profundo para clasificar estadios IRIS, con mejor rendimiento cuando se plantea como clasificación binaria para identificar estadios más avanzados ($\geq$ estadio 3) (41).

Ventajas: no invasiva, accesible y segura

Una ventaja central de la ultrasonografía es que es no invasiva y permite evaluación en tiempo real, lo que facilita su uso repetido para seguimiento y comparación longitudinal en pacientes crónicos, sin requerir procedimientos agresivos (41). En ERC, esto resulta especialmente útil para monitorizar cambios morfológicos renales y, cuando corresponde, orientar decisiones clínicas ante sospecha de progresión, complicaciones o diagnósticos diferenciales que surgen en el curso de la enfermedad(10,40).

Respecto a la accesibilidad, la ecografía suele estar disponible en clínica de pequeños animales, con menor costo relativo y mayor facilidad logística frente a modalidades avanzadas. En la ERC canina, esta accesibilidad favorece su incorporación rutinaria para evaluar riñones y vías urinarias, apoyar la estadificación/monitorización y detectar

hallazgos que cambien el plan terapéutico (18, 41). En conjunto, estas ventajas posicionan a la ultrasonografía como método de primera línea para la evaluación renal, particularmente útil para complementar biomarcadores y clínica en un cuadro crónico(40).

1.2.2.2. Riñón normal en la ecografía canina

En caninos, la variabilidad morfométrica entre razas hace que el “tamaño normal” por ecografía sea difícil de estandarizar con una sola medida absoluta; por ello, en la práctica se recomienda interpretar el tamaño renal con métodos relativos y el contexto del paciente. En una revisión clínica enfocada en ultrasonografía del tracto urinario, se indica que no existe un método ampliamente aceptado para definir el tamaño renal normal en perros únicamente con medidas ecográficas absolutas, y que la apreciación suele ser parcialmente subjetiva (43). Para reducir esa subjetividad, se han propuesto índices como la relación riñón–vértebra (longitud renal respecto a L5 o L6; valores normales propuestos de 1.3 a 2.7) y la relación longitud renal/diámetro aórtico (KL:Ao), con un rango general sugerido de 5.5 a 9.1–9.13 (42).

La literatura reciente también enfatiza que el rango general de KL:Ao puede ser demasiado amplio para algunas razas, promoviendo el desarrollo de intervalos de referencia específicos por raza. En un estudio de acceso abierto en lebreles Chippiparai, se reportó para adultos un intervalo más estrecho de 7.07 a 7.74, además de valores promedio de longitud renal (KL) y diámetro aórtico (Ao) medidos ecográficamente, reforzando la idea de que los puntos de corte pueden mejorar cuando se ajustan al biotipo(43).

El riñón canino normal es descrito ecográficamente como una estructura de contorno regular y simétrica respecto al riñón contralateral. En particular, se señala que los riñones normales son simétricos en tamaño y forma, y que en perros suelen presentar una morfología reniforme (“en forma de frijol”)(42). Esta simetría y regularidad del contorno son criterios de base para distinguir un riñón normal de cambios crónicos (p. ej., irregularidad por fibrosis) o alteraciones congénitas (p. ej., displasia con riñones pequeños, irregulares e hiperecogénicos) (42).

En un riñón normal, la ecogenicidad sigue un gradiente característico: al corte longitudinal/sagital, la médula renal suele ser la región menos ecogénica, seguida por la corteza, mientras que el seno renal es marcadamente hiperecogénico por su contenido graso (42).

Al comparar con órganos adyacentes, se describe que en perros la corteza renal normal puede ser ligeramente hiperecogénica respecto al hígado, lo que sirve como referencia práctica cuando el hígado es ecográficamente normal (42). Sin embargo, la comparación “corteza vs. hígado/bazo” puede ser subjetiva o verse alterada por enfermedad concomitante en los órganos de referencia. Por ello, se han propuesto criterios más “intrarrenales”: un estudio en *Journal of Veterinary Science* plantea que la evaluación de la ecogenicidad cortical puede ser más objetiva si se considera la distinción entre la corteza verdadera y la médula externa (outer medulla), destacando que la corteza canina puede entenderse ecográficamente como corteza verdadera más una médula externa iso/hiperecogénica, y que comparar la corteza con esa médula externa podría reducir la subjetividad (43).

Relación córtico-medular

La diferenciación cortico-medular es un marcador estructural clave del riñón normal. Durante la evaluación ecográfica, se espera que la distinción entre corteza y médula sea fácilmente identificable, y en la unión cortico-medular pueden observarse de manera normal vasos interarcuatos en algunos pacientes (43). Desde una perspectiva más reciente y cuantificable, se ha descrito que el “grado de distinción” entre la corteza y la médula externa puede emplearse como un criterio de evaluación estructural, debido a su relación con parámetros funcionales estimados(44). Por lo tanto, un riñón normal se caracteriza por arquitectura interna conservada (capas reconocibles y transición cortico-medular nítida), lo que permite usar este patrón como línea base para comparar hallazgos en nefropatías crónicas.

1.2.2.3. Principales alteraciones ecográficas en la ERC canina

Disminución del tamaño renal

En la enfermedad renal crónica (ERC) canina, la disminución del tamaño/volumen renal es un hallazgo compatible con cambios crónicos por pérdida progresiva de parénquima funcional y reemplazo por tejido no funcional. En revisiones de ultrasonografía renal en

pequeños animales se describe que, en CKD, uno de los hallazgos B-modo más frecuentes es la reducción del volumen renal (10). Además, en un estudio retrospectivo amplio (855 perros) orientado a la estadificación por IRIS, los hallazgos ultrasonográficos se acumulan y se hacen más frecuentes conforme avanza el estadio, apoyando la utilidad del ultrasonido para reconocer patrones compatibles con cronicidad(39).

Aumento de la ecogenicidad cortical

Es uno de los cambios más reportados en la ERC canina y se interpreta como un reflejo indirecto de alteraciones estructurales del parénquima (p. ej., cambios degenerativos, fibrosis intersticial, mineralización microscópica), aunque no es específico por sí solo. En la revisión de Bragato y colaboradores se resalta la hiperecogenicidad cortical como hallazgo principal en CKD de perros y gatos(10). De forma consistente, en la cohorte de 855 perros, la ecogenicidad cortical aumentada fue una de las anormalidades más frecuentes y su prevalencia se asoció con estadios IRIS más avanzados(39).

Pérdida de la diferenciación cortico-medular

La pérdida de la diferenciación cortico-medular (o definición cortico-medular disminuida) se considera un signo ecográfico importante de enfermedad renal crónica, ya que implica alteración difusa de la arquitectura interna. Se ha descrito como uno de los hallazgos B-modo más característicos en CKD(10). Adicionalmente, un estudio que correlacionó ultrasonido ante-mortem con hallazgos histopatológicos en 53 perros mostró diferencias significativas en la definición cortico-medular entre grupos con distintos grados de degeneración, sugiriendo que la severidad y el número de anormalidades ecográficas se relacionan con la severidad de la degeneración renal(45).

Bordes irregulares

Los bordes irregulares y el contorno renal irregular son hallazgos que suelen asociarse a procesos crónicos, donde la remodelación del órgano y la cicatrización alteran el perfil normal. En CKD, se reconoce el contorno renal irregular junto con la reducción de volumen, hiperecogenicidad cortical y pérdida de diferenciación cortico-medular como parte del “conjunto” típico de alteraciones en ecografía B-modo; cuando aparecen combinadas, orientan a enfermedad avanzada (10). En el trabajo con correlación

histopatológica, la forma/contorno también mostró diferencias significativas entre grupos según el grado de degeneración, reforzando su valor como indicador estructural (45).

Presencia de quistes o fibrosis

La presencia de quistes renales puede observarse en algunos pacientes con ERC (según etiología o comorbilidades), y su identificación ecográfica ayuda a caracterizar el proceso y a establecer diferenciales(10). En relación a la fibrosis, aunque el ultrasonido no “mide” fibrosis directamente, puede evidenciar manifestaciones estructurales compatibles con la cronicidad, como cicatrices (scars) y deformación del contorno, hallazgos que fueron incorporados como anormalidades puntuables en el índice ecográfico (RUS) del estudio de correlación ultrasonido-histopatología; allí se reportaron diferencias significativas en scars entre grupos por degeneración(45). En conjunto, quistes y signos ecográficos de cicatrización apoyan la interpretación de daño renal crónico y ayudan a perfilar la posible etiología o evolución(10,45).

1.2.2.4. Valor de la ecografía como indicador temprano

La ecografía aporta un indicador estructural (morfológico) del estado renal: nos ayuda a poder documentar cambios compatibles con cronicidad, orientar el diagnóstico diferencial (p. ej., descartar obstrucción, masas, complicaciones) y apoyar la valoración clínica integral. En perros, se ha observado que la frecuencia y el número de anormalidades ecográficas se elevan con la progresión del estadio IRIS, lo que respalda su utilidad como apoyo en la estadificación/monitorización(39). Además, cuando se comparan hallazgos ecográficos con histopatología, la severidad global de las anormalidades (p. ej., pérdida córtico-medular, cambios de ecogenicidad, forma/contorno, cicatrices) se relaciona con la severidad de la degeneración renal, fortaleciendo el valor del ultrasonido que refleja el daño estructural (45).

Sin embargo, su valor como indicador tiene límites: ya que puede haber perros con ERC sin alteraciones ecográficas evidentes, particularmente en etapas tempranas o con cambios predominantemente funcionales. Por ende, la ecografía debe interpretarse como complemento de la clínica y el laboratorio, útil para poder describir y seguir la arquitectura renal, pero no como medición directa de función por sí sola(40).

1.2.2.4. Diferencia ecografía entre la enfermedad renal crónica y aguda

La ultrasonografía es una herramienta fundamental en el diagnóstico nefrológico, ya que permite evaluar la arquitectura interna del parénquima renal de forma no invasiva. En medicina veterinaria, la distinción entre un cuadro agudo y uno crónico no solo depende de la anamnesis y los biomarcadores, sino de cambios morfológicos específicos detectables mediante ecografía en Modo B y Doppler.

A. Lesión Renal Aguda (LRA)

La LRA se caracteriza fisiopatológicamente por una injuria súbita que genera inflamación y edema del parénquima(46). Los hallazgos ecográficos clásicos reportados incluyen(47):

Tamaño Renal: Los riñones suelen presentarse normales o aumentados de tamaño (nefromegalia) debido al edema intersticial y la congestión vascular.

Ecogenicidad: Se observa un incremento de la ecogenicidad cortical (hiperecogenicidad), frecuentemente asociada a necrosis tubular aguda o nefritis intersticial.

Diferenciación Cortico medular: Generalmente se mantiene conservada o se encuentra acentuada debido al contraste entre la corteza hiperecogénica y la médula que puede estar congestionada.

Signos Específicos: Es común el hallazgo del "signo del halo medular" (una línea hiperecogénica en la zona de la unión cortico medular), que suele asociarse a necrosis tubular o depósitos de calcio/metabolitos.

B. Enfermedad Renal Crónica (ERC)

A diferencia de la LRA, la ERC representa la culminación de procesos de fibrosis, pérdida de nefronas y atrofia tisular irreversibles. Los hallazgos ecográficos son(8,39):

Tamaño Renal: Los riñones suelen estar disminuidos de tamaño (microrenía), con contornos irregulares debido a la retracción del tejido fibroso y la presencia de cicatrices corticales.

Arquitectura Interna: Se presenta una pérdida de la diferenciación cortico medular, donde el límite entre la corteza y la médula se vuelve difuso o inexistente.

Ecogenicidad: Existe un aumento marcado y difuso de la ecogenicidad en todo el parénquima. En estadios avanzados (estadios finales o "end-stage kidney"), el riñón pierde su forma arriñonada típica.

Hallazgos Secundarios: Es frecuente la visualización de quistes renales secundarios, mineralización del parénquima (nefrocalcinosis) o presencia de nefrolitos.

Estudios recientes como los de Segev et al.(48) y Stevens et al.(49) han propuesto la Relación entre el Grosor Cortical Renal y el Diámetro de la Aorta Abdominal (RCT:Ao) como un método para cuantificar estos cambios. En perros con LRA, esta relación tiende a ser superior (>0.80) debido al edema, mientras que, en pacientes con ERC, la relación disminuye significativamente (<0.50) debido a la atrofia cortical, lo que permite una mayor objetividad que la evaluación visual subjetiva.

1.2.3. Proteína urinaria como indicador temprano de ERC

1.2.3.1. Proteinuria

La enfermedad renal crónica (ERC) en perros es un proceso progresivo e irreversible caracterizado por la pérdida sostenida de nefronas funcionales. Tradicionalmente, el diagnóstico se basaba en la presencia de azotemia (elevación de creatinina sérica); sin embargo, en la actualidad se reconoce que la proteinuria persistente puede constituir un marcador temprano de daño renal, incluso en ausencia de azotemia (31).

El consenso del American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM) establece que la proteinuria debe evaluarse no solo como un hallazgo clínico, sino como un indicador diagnóstico, pronóstico y terapéutico en perros (50). La cuantificación mediante la relación proteína/creatinina urinaria (UPC) es el método recomendado para su evaluación, debido a su mayor precisión frente a las tiras reactivas (50).

IRIS propone la subestadificación de la ERC en función del grado de proteinuria, clasificando a los perros como no proteinúricos ($UPC < 0.2$), borderline proteinúricos ($UPC 0.2-0.5$) o proteinúricos ($UPC > 0.5$), lo cual tiene implicaciones pronósticas importantes (31). Diversos estudios han demostrado que la proteinuria persistente se asocia con mayor progresión de la enfermedad renal y menor supervivencia(51).

A. Proteinuria fisiológica

La proteinuria fisiológica, también denominada funcional o benigna, corresponde a una excreción transitoria de proteínas en la orina en ausencia de lesión estructural renal permanente. Puede presentarse en situaciones de estrés, fiebre, ejercicio intenso, convulsiones o exposición a temperaturas extremas (52).

Este tipo de proteinuria se caracteriza por ser reversible y desaparecer una vez que cesa el factor desencadenante. Por ello, el consenso ACVIM recomienda confirmar la persistencia de la proteinuria mediante evaluaciones repetidas antes de establecer un diagnóstico de enfermedad renal (50).

Desde el punto de vista clínico, diferenciar la proteinuria fisiológica de la patológica es fundamental para evitar diagnósticos erróneos de ERC en fases tempranas.

B. Proteinuria patológica: glomerular, tubular y postrenal

La proteinuria patológica se clasifica según su origen en glomerular, tubular o postrenal, dependiendo del mecanismo fisiopatológico involucrado.

B.1 Proteinuria glomerular

La proteinuria glomerular se produce por alteraciones en la barrera de filtración glomerular, compuesta por el endotelio, la membrana basal glomerular y los podocitos. Cuando esta barrera se ve comprometida, aumenta la permeabilidad a proteínas plasmáticas, especialmente albúmina (53).

Clínicamente, suele asociarse a valores elevados de UPC, frecuentemente mayores a 2.0 en casos severos (53). Este tipo de proteinuria puede presentarse antes del desarrollo de azotemia, lo que la convierte en un indicador temprano de enfermedad glomerular (50).

Las enfermedades glomerulares en perros incluyen glomerulonefritis inmunomediada y amiloidosis, entre otras. El grupo IRIS de enfermedad glomerular (IRIS GN Study Group) destaca la importancia de una evaluación diagnóstica integral en perros con proteinuria persistente para identificar enfermedad glomerular primaria o secundaria (53).

Además, estudios han demostrado que la proteinuria glomerular persistente se correlaciona con progresión más rápida de ERC y peor pronóstico (51).

B.2 Proteinuria tubular

La proteinuria tubular ocurre cuando existe disfunción del túbulo proximal, lo que impide la reabsorción adecuada de proteínas de bajo peso molecular que normalmente atraviesan el glomérulo (50).

En general, la proteinuria tubular suele ser de menor magnitud que la glomerular. Se asocia con patologías como síndrome de Fanconi, nefrotoxicidad o nefropatías túbulo-intersticiales (54).

La electroforesis de proteínas urinarias puede ayudar a diferenciar entre origen glomerular y tubular, ya que la presencia predominante de proteínas de bajo peso molecular sugiere daño tubular (55). Asimismo, biomarcadores urinarios como la proteína fijadora de retinol urinaria (uRBP) han sido propuestos como indicadores tempranos de lesión tubular en perros (56).

C.3 Proteinuria postrenal

La proteinuria postrenal se origina distalmente al riñón, generalmente debido a inflamación, infección o hemorragia en el tracto urinario inferior o en el aparato genital(50).

En estos casos, el sedimento urinario suele revelar hematuria, piuria o bacteriuria. Es fundamental descartar causas postrenales antes de atribuir la proteinuria a enfermedad

renal primaria. El consenso ACVIM recomienda tratar primero la causa subyacente y reevaluar la proteinuria posteriormente (50).

A diferencia de la proteinuria renal, la proteinuria postrenal no refleja daño estructural del parénquima renal, por lo que no constituye un marcador temprano de ERC.

1.2.3.2. Mecanismos de la proteinuria en la ERC

A. Mecanismos glomerulares de proteinuria en la ERC

A.1 Alteración de la barrera de filtración glomerular

La barrera de filtración glomerular (endotelio, membrana basal glomerular y podocitos) mantiene la permselectividad (por tamaño y carga). En condiciones fisiológicas, la albúmina (negativamente cargada) se filtra en cantidades mínimas y el filtrado inicial contiene concentraciones muy inferiores a las plasmáticas; lo filtrado es mayormente recuperado por el túbulo proximal (31). En la ERC, el daño estructural o funcional de la barrera incrementa la fuga de proteínas al ultrafiltrado, produciendo proteinuria glomerular (50).

A.2. Lesión podocitaria y disfunción del diafragma de hendidura

En múltiples nefropatías proteinúricas, la lesión del podocito es un mecanismo unificador: la alteración del citoesqueleto podocitario y del diafragma de hendidura se asocia a pérdida de integridad de la barrera y aparición de proteinuria, con posible progresión a glomeruloesclerosis (57).

A.3. Cambios hemodinámicos: hiperfiltración e hipertensión glomerular

En la ERC, la pérdida de nefronas induce respuestas adaptativas como hiperfiltración y aumento de presión intraglomerular en nefronas remanentes. Aunque inicialmente compensatorias, estas respuestas favorecen daño progresivo, aumentando el estrés mecánico sobre la barrera de filtración y facilitando proteinuria. En clínica veterinaria, este componente hemodinámico se vincula estrechamente con la aparición o agravamiento de proteinuria y con progresión de lesión túbulo-intersticial(58).

B. Mecanismos tubulares de proteinuria en la ERC

B.1. Disminución de la reabsorción proximal: megalina y cubilina

En condiciones normales, las proteínas filtradas (incluida albúmina en trazas) son recuperadas casi por completo en el túbulo proximal mediante endocitosis mediada por el complejo receptor megalina–cubilina, con procesamiento lisosomal y reutilización de componentes(59). La evidencia fisiológica y de modelos experimentales indica que las alteraciones en los sistemas endocíticos, daño tubular o sobrecarga de proteína filtrada disminuye la capacidad de rescate y por ende aumenta la excreción urinaria (60).

B.2. “Sobrecarga” tubular por proteinuria glomerular (tubular overload)

Un punto clave en ERC proteinúrica es que la proteinuria no solo va a reflejar daño glomerular, sino que impone una carga excesiva al túbulo proximal. Cuando el glomérulo va a filtrar más proteína, el túbulo va a intentar reabsorber más, incrementando el estrés celular y favoreciendo la disfunción tubular progresiva (59). Esto se va a traducir en mayor proteinuria por disminución secundaria de la reabsorción proximal (mecanismo mixto glomerular–tubular).

C. Proteinuria como mediador de progresión: toxicidad tubular e inflamación/fibrosis túbulo-intersticial

C.1. Vías de daño tubular inducidas por proteínas filtradas

La proteinuria persistente contribuye a la progresión de ERC mediante toxicidad tubular y activación de cascadas proinflamatorias y profibróticas. Revisiones contemporáneas describen que la reabsorción excesiva de albúmina y otras proteínas puede activar estrés del retículo endoplásmico, disfunción de autofagia, lesión lisosomal, aumento de especies reactivas de oxígeno y activación del complemento, conduciendo a apoptosis o cambios fenotípicos de células tubulares (59). En paralelo, el túbulo lesionado libera mediadores que reclutan células inflamatorias e inducen activación de fibroblastos, impulsando fibrosis intersticial (61).

C.2. Fibrosis túbulo-intersticial como vía común final de progresión

La fibrosis túbulo-intersticial es una vía final común en ERC. Modelos conceptuales de progresión renal reconocen al compartimento tubular e intersticial como determinante

crítico de declive funcional sostenido, y la proteinuria como factor que puede intensificar esa lesión (59). De este modo, la proteinuria se entiende como un fenómeno bidireccional: consecuencia de daño renal y, a la vez, promotora de lesión renal progresiva.

1.2.4. Densidad urinaria como indicador temprano de ERC

1.2.4.1. Densidad urinaria:

Es una medida indirecta de la concentración de solutos en la orina y se utiliza en clínica veterinaria como parte esencial del urianálisis para valorar, entre otros aspectos, la capacidad de concentración y dilución tubular. Tanto la USG como la osmolalidad reflejan la función tubular (capacidad de modificar el filtrado glomerular a lo largo de la nefrona), particularmente en el asa de Henle y túbulos distales/colectores (62).

La producción de orina concentrada requiere la integración de tres componentes fisiológicos: (1) hormona antidiurética (ADH), (2) respuesta tubular adecuada a ADH, y (3) un intersticio medular hipertónico que sostenga el gradiente osmótico (eClinpath, s. f.). En la enfermedad renal, el daño tubular reduce la respuesta a ADH, deteriorando la capacidad de concentración y generando orina inapropiadamente diluida o isostenúrica (63).

A. Fundamento de la USG como indicador temprano de ERC

En la ERC, una de las alteraciones funcionales que puede aparecer de forma temprana es la pérdida de la capacidad de concentrar orina. El Manual Veterinario MSD destaca que la incapacidad para producir orina concentrada ante el desafío de deshidratación constituye un signo clínico temprano de ERC; en animales deshidratados con función renal normal, se espera USG >1.030 en perros y >1.035 en gatos (64).

B. Interpretación clínica de USG para sospecha temprana de ERC

B.1 Rangos y puntos de corte prácticos

La USG puede variar ampliamente en animales sanos e hidratados; por ello, la interpretación clínica requiere evaluar el estado de hidratación, historia de

poliuria/polidipsia y hallazgos concurrentes. En perros, se reporta como guía general que una USG >1.030 se interpreta como “concentración adecuada” en determinados contextos, mientras que valores <1.030 sugieren capacidad de concentración disminuida (22).

IRIS define isostenuria como USG aproximadamente 1.008–1.012 y señala que puede ocurrir de forma ocasional en animales sanos; no obstante, si se presenta con deshidratación/azotemia o persiste en muestreos subsecuentes, debe sospecharse un defecto de concentración y estudiarse (31).

B.2 “Temprano” no significa “siempre isostenúrico”

Es importante resaltar que la pérdida de concentración no es obligatoria para diagnosticar enfermedad renal en fases iniciales y que ciertos pacientes pueden retener capacidad de concentración en etapas tempranas o cuando predomina patología glomerular(64). En términos conceptuales, IRIS menciona que la enfermedad renal crónica progresiva tiende a causar pérdida de capacidad de concentración antes de que se evidencie incapacidad para excretar desechos nitrogenados; sin embargo, aclara que estas fracciones de “pérdida funcional” son aproximaciones y no deben tomarse como reglas absolutas(31).

1.2.4.3. Alteraciones de la densidad urinaria en la ERC

A. Hipostenuria

La hipostenuria se refiere a una orina más diluida que el filtrado glomerular. En términos operativos, se acepta comúnmente USG < 1.008 como hipostenúrica, lo cual indica que el riñón sí puede diluir, y por tanto suele orientar más a trastornos de regulación del agua (p. ej., polidipsia primaria o diabetes insípida) que a incapacidad renal avanzada; no obstante, en pacientes con ERC puede coexistir por mecanismos complejos y por comorbilidades que induzcan diuresis (31).

En el abordaje clínico de poliuria/polidipsia, la evaluación de mediciones seriadas de USG es instrumental para diferenciar causas y priorizar diagnósticos, incluyendo ERC (64).

C, Isostenuria y “USG fija”

La isostenuria es la incapacidad de concentrar o diluir, con USG similar al filtrado glomerular (aproximadamente 1.008–1.012/1.015 según la referencia), y se interpreta como un signo de disfunción renal cuando es inapropiada para el estado de hidratación o cuando se acompaña de azotemia (64).

El Manual Veterinario MSD describe que una orina pobremente concentrada (aprox. 1.007–1.030) pese a deshidratación y/o azotemia sugiere disfunción renal; además, en la ERC la poliuria/polidipsia suele aparecer cuando existe una pérdida funcional sustancial de nefronas (64).

D. Pérdida temprana de la capacidad de concentración (antes de marcadores séricos clásicos)

En etapas tempranas de enfermedad renal, puede observarse disminución de la capacidad de concentración antes de detectar reducciones claras de función renal mediante biomarcadores séricos tradicionales. Por ello, la USG se considera un marcador relativamente sensible para sospecha temprana de ERC dentro de una evaluación integral (64).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Clínica Veterinaria Monteza, situada en el distrito de La Victoria, departamento de Lambayeque. El estudio contó con la autorización formal del Médico Veterinario responsable (Anexo 01), quien brindó las facilidades logísticas y el acceso al laboratorio especializado de la institución para el procesamiento y análisis de las muestras de orina.

2.2. TIPO DE ESTUDIO

El estudio presentó un diseño no experimental, debido a que no se efectuó intervención ni manipulación de las variables de interés. Asimismo, se clasificó como longitudinal (65), dado que los sujetos (caninos) fueron evaluados en dos momentos: una recolección inicial de orina y evaluación ecográfica, seguidas de una segunda toma dos semanas después. Este seguimiento permitió observar la evolución de las alteraciones ecográficas, así como los cambios en la concentración de proteínas y la densidad urinaria, con el fin de identificar indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en el distrito de La Victoria, Chiclayo.

El enfoque fue cuantitativo(65), fundamentado en la medición de parámetros urinarios y la observación sistemática de hallazgos ecográficos, cuyos datos fueron analizados estadísticamente para identificar patrones y describir las alteraciones asociadas (1).

2.3. POBLACION Y MUESTRA

Población: perros del distrito de La Victoria

Muestra: Para la muestra Se tendrá en consideración la siguiente fórmula para poblaciones infinitas o no conocidas

$$n = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2}$$

Donde:

n= tamaño de muestra requerida

z = nivel de confiabilidad de 95%

p = proporción de prevalencia de Enfermedad Renal Crónica= 8% reportado por Pérez (13)

q = complemento 1 - p .

e = error al 8%

$n = 44$ perros con insuficiencia renal crónica

2.4. Metodología

El estudio se llevó a cabo en caninos (*Canis familiaris*) adultos y gerontos, categorizados en grupos de 1 a 5 años y mayores de 5 años, respectivamente. Los perros fueron seleccionados de entre los pacientes que fueron atendidos en la clínica veterinaria, abarcando diversas razas, sexos y condiciones corporales. Se excluyeron aquellos ejemplares con enfermedades sistémicas diagnosticadas previamente o bajo tratamientos que pudiera obstaculizar con los resultados de las pruebas realizadas. Previo a su inclusión, los propietarios tuvieron que firmar un consentimiento informado. Asimismo, se registraron de forma sistemática datos individuales como edad, raza, sexo y antecedentes clínicos de relevancia.

Cada canino se sometió a una evaluación clínica integral para poder identificar signos compatibles con ERC, tales como pérdida de peso, poliuria/polidipsia, deshidratación y estado de la condición corporal. La exploración física detallada incluyó:

- Palpación abdominal: realizada para evaluar la morfología y el tamaño de ambos riñones.
- Signos vitales: se controlaron las frecuencias cardíaca y respiratoria, así como la temperatura rectal.
- Estado de hidratación: se estimó mediante la prueba del pliegue cutáneo y la inspección de las mucosas.
- Registro de datos: toda la información hallada se consignó en una ficha clínica individual diseñada para tal fin.

Recolección de muestras de orina

Para la valoración de los parámetros urinarios, se recolectaron dos muestras de orina por cada canino en momentos distintos: la primera al inicio del estudio y la segunda tras un intervalo de dos semanas. La obtención se realizó mediante cistocentesis, método seleccionado para garantizar muestras libres de contaminación ambiental o del tracto bajo; el procedimiento se ejecutó bajo guía ecográfica y utilizando agujas estériles. Las muestras se almacenaron en frascos estériles y se procesaron en el laboratorio de la clínica en un tiempo no mayor a 30 minutos tras su recolección, o se mantuvieron refrigeradas a 4°C hasta su análisis definitivo.

Evaluación ecográfica

Se realizó una ultrasonografía abdominal enfocada en la anatomía renal, empleando un ecógrafo veterinario con transductor de 5 a 10 MHz. El procedimiento se llevó a cabo con el paciente en decúbito lateral, previa preparación de la zona con gel conductor y rasurado del área en los casos necesarios. Los parámetros evaluados comprendieron:

- Dimensiones renales: medición de los ejes longitudinal y transversal.
- Ecogenicidad: comparación del parénquima renal con la ecogenicidad del hígado y el bazo.
- Relación cortico medular: evaluación de la diferenciación entre la corteza y la médula.
- Alteraciones estructurales: identificación de quistes, focos de mineralización o irregularidades en el contorno renal.

Las imágenes obtenidas fueron analizadas por un especialista en diagnóstico por imagen, quien las comparó con los valores de referencia para determinar la presencia de alteraciones compatibles con ERC.

2.5. ANALISIS ESTADISTICO

El estudio presentó un diseño longitudinal, debido a que los caninos seleccionados fueron evaluados en dos momentos diferentes. En una primera evaluación se realizó la recolección de la muestra de orina y la evaluación ecográfica renal; posteriormente, dos semanas después, se efectuó una segunda toma de muestra de orina y una nueva evaluación ecográfica. Este seguimiento permitió observar la evolución de las alteraciones ecográficas

y los cambios en los valores de proteinuria y densidad urinaria a través del tiempo, con la finalidad de identificar su utilidad como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos adultos y gerontos del distrito de La Victoria, Chiclayo.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante pruebas estadísticas que permitieron establecer correlaciones entre las variables de estudio. Se realizó un análisis descriptivo de las variables, incluyendo medidas de tendencia central y de dispersión, con el fin de caracterizar la muestra. En el caso de las variables cuantitativas (valores de proteinuria, densidad urinaria, tamaño renal y edad del paciente), se calculó la media y desviación estándar para aquellas que presentaron una distribución normal, mientras que para las que no cumplieron dicha condición se utilizó la mediana con su rango Inter cuartil. Para las variables cualitativas (alteraciones ecográficas categorizadas y presencia o ausencia de enfermedad renal crónica), se presentaron las frecuencias absolutas y relativas (%), las cuales se representaron mediante gráficos de barras. Previo a la aplicación de las pruebas inferenciales, se evaluó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (al ser el tamaño muestral igual o mayor a 50) o la prueba de Shapiro-Wilk (en casos menores a 50), conforme a las recomendaciones de Castro(66). Para la contrastación de las hipótesis, se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas: Comparación entre grupos etarios (adultos y gerontos) y alteraciones ecográficas: Se evaluó si los valores de proteinuria y densidad urinaria difirieron significativamente entre los grupos según la presencia de alteraciones ecográficas. En los datos con distribución normal, se empleó la prueba t de Student o el ANOVA. En aquellos que no presentaron normalidad, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney o Kruskal-Wallis. La asociación entre variables categóricas, como las alteraciones ecográficas, los niveles de proteína urinaria, la densidad urinaria y las características de los animales (edad, sexo y estadio de enfermedad renal crónica), se evaluó mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) de independencia. Previamente se verificó el cumplimiento de sus supuestos, considerando que ninguna frecuencia esperada fuera menor de 1 y que no más del 20% de las celdas presentaran frecuencias esperadas menores de 5. En aquellos casos en que estos supuestos no se cumplieron, se aplicó la prueba exacta de Fisher, debido a que proporciona estimaciones más precisas para tablas con frecuencias esperadas reducidas. En todos los análisis se estableció un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), considerando evidencia de asociación estadísticamente significativa cuando $p < 0.05$. El procesamiento y análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS. De esta manera, las pruebas estadísticas seleccionadas permitieron contrastar la

hipótesis general, determinando si las alteraciones ecográficas, los valores de proteinuria y la densidad urinaria fueron indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos adultos y gerontos del distrito de La Victoria, Chiclayo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Alteraciones ecográficas en caninos con enfermedad renal crónica, distrito La Victoria-Chiclayo

Alteraciones ecográficas		N	%
Ecotextura	Homogéneo	33	82.50
	Heterogéneo	11	25.00
Ubicación	Normal	44	100.00
Bordes	Liso	41	93.18
	Irregular	3	6.82

Los resultados de la tabla 1, evidencian que, en caninos con enfermedad renal crónica (ERC), las alteraciones ecográficas más frecuentes correspondieron a una eco textura homogénea (82,5%), una ubicación renal normal (100%) y la predominancia de bordes lisos (93,18%), con una menor proporción de irregularidad (6,82%). Estos resultados sugieren que, en la población estudiada, los cambios estructurales avanzados no fueron predominantes, lo cual podría estar relacionado con estadios iniciales o intermedios de la enfermedad.

En relación con la eco textura renal, la literatura reporta que uno de los principales hallazgos en la ERC es el aumento de la ecogenicidad cortical y la pérdida de la diferenciación cortico medular, asociados a procesos de fibrosis, mineralización y degeneración tubular (10). Asimismo, Perondi et al.(39) identificó que la hiperecogenicidad cortical y la alteración cortico medular son anormalidades frecuentes que va a aumentar conforme progresa la enfermedad según la clasificación IRIS. Sin embargo, en el presente estudio predominó una eco textura homogénea, lo que nos indica que una proporción importante de los animales no presentaba cambios estructurales severos o que estos aún no eran detectables ecográficamente.

Este hallazgo coincide parcialmente con lo descrito por Chow et al.(7), ya que reportó que no todos los pacientes con afecciones urinarias van a presentar alteraciones ecográficas evidentes,

especialmente en fases tempranas, donde los cambios pueden ser sutiles o incluso ausentes. De manera similar, Echeverry et al.(9) señala que las alteraciones ecográficas más marcadas, como la pérdida de la arquitectura renal o la presencia de lesiones cavitarias, se puede observar en estadios más avanzados de la enfermedad.

Respecto a la ubicación renal, el hecho de que el 100% de los caninos presentara una localización normal sugiere que no existieron alteraciones anatómicas evidentes como ectopias o desplazamientos renales. Este resultado es consistente con la literatura, ya que la ERC generalmente se asocia más a cambios parenquimatosos que a alteraciones en la posición del órgano, tal como lo señala Bragato et al., (10).

En cuanto a los bordes renales, la predominancia de contornos lisos (93,18%) y la baja frecuencia de irregularidad (6,82%) difieren de lo descrito en estadios avanzados de ERC, donde se van a observar con mayor frecuencia un contorno irregular asociado a fibrosis crónica y atrofia renal, tal como lo indica Bragato et al.,(10). Esta discrepancia podría explicarse nuevamente por la etapa de la enfermedad en la población estudiada, donde los cambios morfológicos aún no son marcadamente evidentes ecográficamente.

Finalmente, los resultados obtenidos refuerzan la importancia de la ecografía como herramienta diagnóstica en la ERC, tal como lo indica Bragato et al.(10), no solo para la detección de alteraciones estructurales, sino también para el seguimiento de la progresión de la enfermedad. No obstante, la predominancia de hallazgos aparentemente normales en esta investigación pone de manifiesto la necesidad de complementar la evaluación ecográfica con pruebas laboratoriales y biomarcadores, especialmente en etapas tempranas donde los cambios morfológicos pueden ser mínimos.

Tabla 2. Alteraciones ecográficas de la corteza renal en caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo

Alteraciones ecográficas	Corteza			
	Derecho		Izquierdo	
	n	%	n	%
Hipoecogénico	10	22.73	10	22.73
Hiperecogénico	34	77.27	34	77.27

Los resultados de la tabla 2, evidencian que la hiperecogenicidad cortical fue el hallazgo ecográfico predominante en caninos con enfermedad renal crónica (ERC), observándose en el 77,27% de los riñones evaluados, tanto en el lado derecho como izquierdo. En contraste, la hipoecogenicidad cortical representó solo el 22,73% de los casos. Esta distribución sugiere un patrón bilateral y simétrico de compromiso renal, característico de procesos crónicos y progresivos.

La hiperecogenicidad cortical es ampliamente reconocida como uno de los hallazgos ecográficos más consistentes en la ERC canina. Desde el punto de vista fisiopatológico, este incremento en la ecogenicidad se asocia con la presencia de fibrosis intersticial, esclerosis glomerular y depósitos minerales, los cuales alteran la arquitectura renal y aumentan la reflexión del ultrasonido Bragato et al., (10). En este sentido, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Perondi et al. (39), quienes identificaron la hiperecogenicidad cortical como una de las anormalidades más frecuentes en perros con ERC, con una mayor prevalencia conforme avanza la enfermedad según la clasificación IRIS.

Asimismo, se han demostrado que la hiperecogenicidad cortical no solo es un indicador estructural, sino también un reflejo indirecto del deterioro funcional renal. En este contexto, Echeverry et al. (9) describieron que el aumento de la ecogenicidad cortical se encuentra estrechamente relacionado con procesos degenerativos crónicos, incluyendo fibrosis y mineralización, los cuales contribuyen a la pérdida progresiva de la función renal. Por lo tanto, la alta frecuencia de este hallazgo en la población estudiada podría sugerir que una proporción significativa de los pacientes se encontraba en estadios intermedios o avanzados de la enfermedad.

La distribución bilateral observada en este estudio (igual proporción en riñón derecho e izquierdo) refuerza el carácter sistémico de la ERC. A diferencia de patologías focales o unilaterales, como neoplasias o infecciones localizadas, la ERC tiende a comprometer ambos riñones de manera relativamente homogénea. Este patrón ha sido previamente descrito en la literatura, donde se señala que las enfermedades renales crónicas generalmente van a producir cambios difusos en el parénquima renal, tal como lo indica Bragato et al., (10).

Por otro lado, la menor proporción de hipoecogenicidad cortical observada podría estar relacionada con fases menos avanzadas de alteración o con variaciones individuales en la

presentación ecográfica. Es importante considerar que la ecogenicidad renal puede estar influenciada por factores como la hidratación del paciente, la condición corporal y la comparación con órganos de referencia como el hígado o el bazo, descrito por Nyland & Mattoon (67). En este sentido, la interpretación de la ecogenicidad debe realizarse siempre en conjunto con otros hallazgos ecográficos y parámetros clínicos.

Es relevante destacar que, si bien la ecografía es una herramienta diagnóstica fundamental, va a presentar limitaciones en la diferenciación de los estadios tempranos de la ERC. Tal como indica Bragato et al.(10), ya que los cambios ecográficos pueden no ser evidentes en fases iniciales, por lo que es necesario poder complementar la evaluación con biomarcadores séricos y urinarios, como la dimetilarginina simétrica (SDMA).

Finalmente, los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con lo descrito por Karpenstein et al.(68), quienes reportaron que las alteraciones ecográficas del sistema urinario, incluyen cambios en la ecogenicidad renal, son hallazgos frecuentes en pacientes con enfermedad renal, destacando la utilidad de la ecografía como herramienta diagnóstica y de seguimiento. Sin embargo, la interpretación de estos hallazgos debe realizarse de manera integral, considerando tanto la evolución clínica del paciente como los resultados laboratoriales.

Tabla 3. Alteraciones ecográficas de la medula renal en caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo

Características Ecográficas	Medula			
	Derecho		Izquierdo	
	n	%	n	%
Hipoecogénico	41	93.18	41	93.18
Hiperecogénico	3	6.82	3	6.82

Los hallazgos ecográficos de la tabla 3, evidencian una marcada predominancia de alteraciones hipoecogénicas en la médula renal (93,18%) en caninos con enfermedad renal crónica (ERC), lo cual coincide con la literatura que describe cambios estructurales progresivos en el parénquima renal asociados a procesos degenerativos y fibróticos. La ecogenicidad renal es un

parámetro clave en la evaluación ultrasonográfica, ya que refleja modificaciones histopatológicas como fibrosis intersticial, infiltración celular y alteraciones en la arquitectura tubular (67).

La elevada frecuencia de hipoecogenicidad observada en ambos riñones nos sugiere un compromiso bilateral, que es característico de la ERC en caninos, donde el daño renal suele ser difuso y progresivo. Estudios previos han señalado que, aunque la corteza renal suele ser el principal foco de evaluación, los cambios en la médula también pueden presentarse en estadios avanzados de la enfermedad, por ello están asociados a alteraciones en la concentración urinaria y cambios hemodinámicos intrarrenales (69). En este contexto, la pérdida de diferenciación corticomedular y la variación en la ecogenicidad son indicadores importantes de progresión de la enfermedad.

Por otro lado, el bajo porcentaje de casos con hiperecogenicidad (6,82%) podría estar relacionado con la presencia de mineralización, depósitos proteicos o fibrosis más avanzada. La hiperecogenicidad renal ha sido descrita como un hallazgo común en las patologías crónicas debido al aumento del tejido fibroso y la esclerosis glomerular (68). Sin embargo, su menor frecuencia en este estudio podría indicar que la mayoría de los pacientes se encontraban en fases donde predominan cambios inflamatorios o degenerativos antes de la instauración de fibrosis severa.

La simetría en los hallazgos entre riñón derecho e izquierdo refuerza la naturaleza sistémica de la ERC, en contraste con enfermedades renales focales o unilaterales. Este patrón ha sido ampliamente documentado y es consistente con la fisiopatología de la enfermedad, donde factores como la hipertensión glomerular y la pérdida progresiva de nefronas afectan ambos riñones de manera similar (71).

Asimismo, la ecografía continúa siendo una herramienta diagnóstica no invasiva de gran valor en la evaluación de la ERC, aunque presenta limitaciones en la diferenciación de etiologías específicas. Tal como señalan estudios recientes, los hallazgos ecográficos se deben interpretar en conjunto con parámetros clínicos y de laboratorio, como es la creatinina sérica, SDMA y el análisis urinario, siguiendo las recomendaciones de la International Renal Interest Society (31).

Entre las limitaciones del estudio, se puede mencionar la falta de correlación histopatológica, lo cual impide confirmar con precisión la naturaleza de las alteraciones observadas.

Investigaciones futuras deberían integrar biopsias renales o marcadores avanzados para mejorar la interpretación ecográfica.

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan el valor de la ecografía como herramienta diagnóstica en la ERC canina, evidenciando que las alteraciones en la ecogenicidad medular pueden constituir un indicador relevante de compromiso renal, particularmente en contextos clínicos donde la evaluación temprana es crucial para el manejo y pronóstico del paciente.

Tabla 4. Alteraciones ecográficas, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo.

Alteraciones ecográficas		Edad de Perros con IRC				Valor p
		Adulto (1 a 5 años)		Geronto (> 5 años)		
		n	%	n	%	
Ecotextura	Homogéneo	16	80	17	70.83	0.728*
	Heterogéneo	4	20	7	29.17	
Ubicación	Normal	20	45.45	24		--
	Liso	18	90	23	95.83	
Bordes	Irregular	2	10	1	4.17	0.583*

*Prueba exacta de Fischer, $p > 0.05$ (no significativo)

Los resultados de la tabla 4, evidencian que no existen diferencias estadísticamente significativas en las alteraciones ecográficas renales entre perros adultos (1–5 años) y gerontes (>5 años) con enfermedad renal crónica (ERC), lo cual es consistente con la naturaleza progresiva pero heterogénea de esta patología. La ausencia de asociación significativa en variables como ecotextura ($p = 0,728$) y bordes renales ($p = 0,583$) lo que nos sugiere que los cambios en ecografía no dependen exclusivamente de la edad cronológica, sino más bien del estadio de la enfermedad y del grado de daño estructural renal.

En relación con la ecotextura, la predominancia de un patrón homogéneo en ambos grupos etarios coincide con lo reportado en la literatura, donde se describe que en los estadios iniciales a intermedios de ERC, la arquitectura renal puede mantenerse relativamente uniforme, a pesar de tener una pérdida funcional progresiva (67). Por otro lado, la presencia de ecotextura

heterogénea, aunque menos frecuente, se asocia a los procesos más avanzados, incluyendo fibrosis intersticial, esclerosis glomerular y cambios inflamatorios crónicos (69).

Respecto a la ubicación y morfología renal, la alta frecuencia de riñones con bordes lisos en ambos grupos sugiere que la irregularidad capsular no viene ser un hallazgo temprano ni universal en la ERC. Estudios previos han señalado que los bordes irregulares suelen aparecer en fases más avanzadas de la enfermedad, particularmente cuando existe pérdida significativa de nefronas y remodelación del parénquima renal (70). En este sentido, la baja proporción de bordes irregulares observada podría indicar que una parte importante de los pacientes evaluados se encontraba en estadios no terminales.

La falta de diferencias significativas entre adultos y gerontes también puede explicarse por el hecho de que la edad, aunque es un factor de riesgo importante para el desarrollo de ERC, no necesariamente determina la severidad de las alteraciones estructurales observables por ultrasonografía. De hecho, investigaciones han demostrado que perros jóvenes pueden presentar formas avanzadas de enfermedad renal debido a causas congénitas, hereditarias o adquiridas, mientras que algunos animales geriátricos pueden mostrar cambios más leves dependiendo de la progresión individual de la enfermedad (71).

Asimismo, la ecografía renal tiene limitaciones en la detección temprana de cambios microscópicos, lo que podría contribuir a la falta de asociación entre edad y hallazgos ecográficos. Tal como señalan las guías de la IRIS (31), el diagnóstico y estadiaje de la ERC deben basarse en una evaluación integral que incluya parámetros bioquímicos (creatinina, SDMA), análisis urinario y presión arterial, además de los hallazgos por imagen.

Estos resultados refuerzan la importancia de no considerar la edad como único criterio para la interpretación de alteraciones ecográficas renales, destacando la necesidad de un enfoque diagnóstico multidimensional. Futuras investigaciones deberían incluir la estratificación por estadios IRIS y la correlación con hallazgos histopatológicos, lo cual permitiría una mejor comprensión de la relación entre edad, progresión de la enfermedad y cambios ultrasonográficos.

Tabla 5. Alteraciones ecográficas de la corteza renal, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo.

Características Ecográficas	Corteza					
	Derecho			Izquierdo		
	Adulto (1 a 5 años)	Geronto (> 5 años)	valor p	Adulto (1 a 5 años)	Geronto (> 5 años)	valor p
Hipoecogénico	30.00 % (n=6)	16.67 % (n=4)	0.472	30.00 % (n=6)	16.67 % (n=4)	0.472
Hiperecogénico	70.00 (n=14)	83.33 % (n=20)		70.00 (n=14)	83.33 % (n=20)	

*Prueba exacta de Fischer, $p > 0.05$ (no significativo)

La tabla 5, muestra que las alteraciones ecográficas de la corteza renal no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre perros adultos (1–5 años) y gerontes (>5 años) ($p = 0,472$), tanto en el riñón derecho como en el izquierdo. Este hallazgo sugiere que los cambios en la ecogenicidad cortical en caninos con enfermedad renal crónica (ERC) no están directamente influenciados por la edad, sino que dependen principalmente del grado de daño estructural y la progresión de la enfermedad.

La predominancia de hiperecogenicidad cortical en ambos grupos etarios (70% en adultos y 83,33% en gerontes) es consistente con lo descrito en la literatura, donde se reconoce este hallazgo como uno de los signos ultrasonográficos más característicos de la ERC. La hiperecogenicidad cortical se asocia con procesos como fibrosis intersticial, esclerosis glomerular y acumulación de material proteináceo, los cuales incrementan la reflectividad del tejido renal (67,72). Estos cambios suelen ser irreversibles y reflejan estadios más avanzados de la enfermedad.

Por otro lado, la menor proporción de casos con hipoecogenicidad cortical podría estar relacionada con fases más tempranas de la enfermedad o con procesos inflamatorios activos, en los cuales aún no se ha desarrollado fibrosis significativa. Estudios previos han señalado que la ecogenicidad renal puede variar dependiendo del equilibrio entre procesos inflamatorios y degenerativos, así como del contenido de líquido intrarrenal (73).

La simetría de los hallazgos entre riñón derecho e izquierdo refuerza nuevamente el carácter sistémico y bilateral de la ERC, lo cual ha sido ampliamente documentado en medicina

veterinaria. Según Polz (70), la pérdida progresiva de nefronas y la hipertensión intraglomerular afectan de manera similar a ambos riñones, generando patrones ecográficos comparables.

La ausencia de diferencias significativas entre grupos etarios también coincide con investigaciones que indican que la edad, aunque es un factor predisponente para la ERC, no determina necesariamente la severidad de las alteraciones estructurales detectables por ecografía. En este sentido, perros jóvenes pueden presentar cambios corticales marcados en casos de enfermedades hereditarias, tóxicas o infecciosas, mientras que algunos animales geriátricos pueden evidenciar alteraciones más leves dependiendo de la evolución individual de la enfermedad (IRIS, 2019).

Es importante destacar que, aunque la ecografía es una herramienta útil para la evaluación morfológica renal, su capacidad para diferenciar estadios tempranos de ERC es muy limitada. Por ende, las guías actuales recomiendan poder complementar estos hallazgos ecográficos con biomarcadores funcionales como creatinina sérica, SDMA y evaluación urinaria, con el fin de lograr un diagnóstico más preciso y un adecuado estadiaje (31).

Por lo tanto, los resultados sugieren que la hiperecogenicidad cortical constituye un hallazgo frecuente en caninos con ERC independientemente de la edad, reforzando su valor como indicador ecográfico de daño renal crónico. Sin embargo, su interpretación debe realizarse en el contexto clínico integral del paciente.

Tabla 6. Alteraciones ecográficas de la medula renal, según edad de caninos con enfermedad renal crónica, La Victoria-Chiclayo

Características Ecográficas	Medula					
	Derecho			Izquierdo		
	Adulto (1 a 5 años)	Geronto (> 5 años)	valor p	Adulto (1 a 5 años)	Geronto (> 5 años)	valor p
Hipoecogénico	95.00% (n=19)	91.67 % (n=22)		95.00% (n=19)	91.67 % (n=22)	
Hiperecogénico	5.00% (n=1)	8.33 % (n=2)	1.00	5.00% (n=1)	8.33 % (n=2)	1.00

*Prueba exacta de Fischer, $p > 0.05$ (no significativo)

Los resultados de la tabla 6 nos muestra que la hipoecogenicidad medular fue el hallazgo predominante en caninos con enfermedad renal crónica (ERC), tanto en adultos como en gerontos, alcanzando valores de 95,00% y 91,67% respectivamente en ambos riñones. En contraste, la hiperecogenicidad medular se presentó en una baja proporción de casos ($\leq 8,33\%$), sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos etarios ($p = 1,00$). Estos hallazgos nos sugieren que la ecogenicidad medular se mantiene relativamente constante independientemente de la edad en pacientes con ERC.

Desde el punto de vista fisiológico, la médula renal en condiciones normales se caracteriza por ser hipoecoica o anecoica en relación con la corteza, debido a su alto contenido de líquido y disposición tubular (67). En este sentido, la predominancia de hipoecogenicidad observada en el presente estudio podría interpretarse como un hallazgo conservado, incluso en presencia de enfermedad renal crónica, lo cual coincide con lo descrito en la literatura, donde las alteraciones ecográficas más marcadas en la ERC afectan principalmente la corteza renal y la diferenciación corticomedular, más que la médula en sí (10).

Asimismo, Perondi et al. (39) reportó que las principales alteraciones ecográficas en perros con ERC incluyen la hiperecogenicidad cortical y la pérdida de la diferenciación corticomedular, sin embargo, los cambios significativos en la ecogenicidad medular. Esto respalda los resultados del presente estudio, donde la médula no mostró variaciones relevantes entre grupos etarios ni entre riñones, lo que sugiere que su valor diagnóstico aislado en la ERC es limitado.

La baja frecuencia de hiperecogenicidad medular observada podría estar asociada a condiciones menos comunes o a variaciones fisiológicas. En este contexto, Hart et al. (12) señalaron que la médula renal puede presentar variaciones en su ecogenicidad dependiendo de factores como el tamaño corporal, la edad o características individuales, incluso en perros clínicamente sanos. Por lo tanto, la presencia ocasional de hiperecogenicidad medular en este estudio no necesariamente indica un cambio patológico específico, sino que podría reflejar variabilidad biológica.

Por otro lado, la ausencia de diferencias significativas entre adultos y gerontos ($p = 1,00$) indica que la edad no influye de manera determinante en la ecogenicidad medular en pacientes con ERC. Este hallazgo es relevante, ya que estudios previos han demostrado que la edad sí se asocia con una mayor prevalencia de enfermedad renal, pero no necesariamente con cambios específicos en todas las estructuras renales (74). En consecuencia, la médula renal podría no

ser un parámetro sensible para discriminar entre diferentes grupos etarios en el contexto de la ERC.

Estos resultados sugieren que la evaluación ecográfica de la médula renal, aunque útil como referencia anatómica, tiene un valor limitado como indicador primario de daño renal crónico, siendo más relevante el análisis de la corteza renal y de la relación corticomedular. Tal como señalan Bragato et al. (10), la ecografía debe interpretarse de manera integral, considerando múltiples parámetros estructurales y complementándose con pruebas laboratoriales para una evaluación más precisa de la función renal

Tabla 7. Tamaño del riñón, según la edad de perros con enfermedad renal crónica, distrito La Victoria-Chiclayo

Riñón	Adulto	Geronto	Valor p
	X±S	X±S	
Derecho	5.35±1.13	4.33±0.69	0.001
Izquierdo	5.09±1.01	4.29±0.69	0.003

Prueba de T-Student, $p < 0.01$ (altamente significativo), $p > 0.05$ (no significativo)

En la tabla 7 muestra una disminución del tamaño renal en caninos gerontos en comparación con adultos, siendo esta diferencia estadística altamente significativa en el riñón derecho ($p = 0,001$) e izquierdo ($p = 0,003$). Estos hallazgos sugieren una tendencia hacia la reducción del tamaño renal asociada al envejecimiento y a la progresión de la enfermedad renal crónica (ERC).

La reducción del tamaño renal constituye un hallazgo ampliamente descrito en la ERC y se relaciona con procesos de atrofia tubular, fibrosis intersticial y pérdida de masa nefronal, los cuales conducen a una disminución progresiva del volumen renal, tal como lo señala Bragato et al.,(10). En este sentido, los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado en la literatura, donde se indica que los cambios estructurales en la ERC avanzada incluyen una reducción del tamaño renal y alteraciones del contorno.

Asimismo, estudio como el de Perondi et al. (39) ha demostrado que las alteraciones estructurales renales, incluyendo los cambios en el tamaño, se incrementan conforme progresa

la enfermedad según la clasificación IRIS. La menor dimensión renal observada en los caninos gerontos podría reflejar no solo el efecto del envejecimiento, sino también una mayor probabilidad de encontrarse en estadios más avanzados de ERC, tal como ha sido reportado en poblaciones caninas donde la enfermedad es más prevalente en edades mayores(68).

La diferencia estadísticamente significativa observada en ambos riñones podría atribuirse a variabilidad biológica. En condiciones fisiológicas, ambos riñones presentan dimensiones similares, aunque ligeras asimetrías pueden ser consideradas normales(67). Por lo tanto, los resultados del presente estudio respaldan la utilidad del tamaño renal como un indicador estructural relevante en la evaluación ecográfica de la ERC. No obstante, su interpretación debe realizarse en conjunto con otros hallazgos ecográficos y parámetros funcionales, dado que la variabilidad entre riñones y la influencia de factores individuales pueden limitar su valor diagnóstico cuando se analiza de forma aislada.

Tabla 8. Niveles de densidad urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondiente a la primera medición (inicio del estudio), distrito La Victoria–Chiclayo.

Niveles de Densidad urinaria	Adulto (1 a 5 años)		Geronto (> 5 años)		Valor p
	n	%	n	%	
Normostenuricos=1,015 - 1,040 g/ml	10	50	5	20.83	0.04
Isostenuricos=1,007-1,015 g/ml	5	25	10	41.67	
Hipostenuricos=Menores de 1,007 g/ml	1	5	7	29.17	
Hiperestenuricos=Mayores 1,040 g/ml	4	20	2	8.33	

Prueba de Fischer, $p < 0.05$ (significativo)

Nota: Corresponde a la primera toma de muestra de orina (inicio del estudio). Las muestras fueron recolectadas mediante cistocentesis.

Los resultados de la tabla 8, muestran diferencias en la distribución de los niveles de densidad urinaria entre caninos adultos y gerontos con enfermedad renal crónica (ERC), siendo estas

estadísticamente significativas ($p = 0,04$). Se observó que los perros adultos presentaron mayor proporción de normostenuria (50%), mientras que en los gerontos predominó la isostenuria (41,67%) y la hipostenuria (29,17%), lo que sugiere una disminución progresiva de la capacidad de concentración urinaria con la edad.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la pérdida de la capacidad de concentración urinaria es uno de los hallazgos funcionales más tempranos en la ERC, debido al deterioro de los mecanismos de gradiente osmótico medular y a la disfunción tubular, tal como lo indica Polzin (70). En este contexto, la mayor frecuencia de isostenuria en caninos gerontos se observa en el presente estudio es consistente con la progresión de la enfermedad, donde el riñón va a perder la capacidad de poder concentrar o diluir la orina adecuadamente, resultando en valores cercanos a la densidad del filtrado glomerular.

Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Garay y Morales (17) quienes identificaron que, si bien la densidad urinaria puede variar en perros con ERC, la pérdida de su capacidad de concentración es más evidente en estadios más avanzados y en animales de mayor edad. Asimismo, estudios clásicos han establecido que la isostenuria es un indicador clave de compromiso renal significativo, particularmente cuando se asocia con otros parámetros como proteinuria o azotemia, tal como lo afirma Bartges (20).

La mayor proporción de hipostenuria en caninos gerontos también podría reflejar alteraciones en la función tubular y en la respuesta a la hormona antidiurética, lo cual ha sido descrito en procesos crónicos donde existe daño estructural y funcional del nefrón (70). En contraste, la presencia de normostenuria en adultos podría indicar estadios más tempranos de la enfermedad o una menor afectación funcional renal en este grupo etario.

Por otro lado, aunque la hipertesnuria fue menos frecuente en ambos grupos, su presencia podría estar influenciada por factores extrarrenales como el estado de hidratación o la ingesta de agua, lo que limita su interpretación aislada en el contexto de la ERC (20). Esto resalta la importancia de interpretar la densidad urinaria en conjunto con otros parámetros clínicos y laboratoriales.

Tabla 9. Densidad urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica,

correspondientes a la segunda medición (a las dos semanas del estudio), distrito La Victoria–Chiclayo.

Niveles de Densidad urinaria	Adulto (1 a 5 años)		Geronto (> 5 años)		Valor p
	n	%	n	%	
Normostenuricos=1,015 - 1,040 g/ml	15	75	15	62.5	0.519
Isostenuricos=1,007- 1,015 g/ml	5	25	9	37.5	

Prueba de Chi-cuadrado, $p > 0.05$ (no significativo)

Nota: Corresponde a la segunda toma de muestra de orina (dos semanas después del inicio del estudio). Las muestras fueron recolectadas mediante cistocentesis.

En la segunda medición realizada a las dos semanas (Tabla 9), no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de densidad urinaria entre caninos adultos y gerontos ($p = 0,519$). En ambos grupos predominó la normostenuria, con mayor proporción en adultos (75%) en comparación con gerontos (62,5%), mientras que la isostenuria se presentó con menor frecuencia en ambos grupos. Estos hallazgos sugieren una relativa estabilidad en la capacidad de concentración urinaria en el corto intervalo evaluado.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la densidad urinaria es uno de los indicadores funcionales dinámicos que puede verse influenciado por múltiples factores, incluyendo el estado de hidratación, la ingesta hídrica y la progresión de la enfermedad renal (20). La ausencia de diferencias significativas entre grupos etarios en esta segunda evaluación podría indicar que, en un periodo corto de seguimiento, los cambios en la función tubular no son lo suficientemente marcados como para generar variaciones detectables en la densidad urinaria.

En comparación con la primera medición, se pudo observar diferencias significativas entre adultos y gerontos, los resultados actuales podrían reflejar una variabilidad fisiológica o respuesta adaptativa temporal, más que una modificación real en la progresión de la enfermedad. En este sentido, Polzin (70) señala que la capacidad de concentración urinaria puede fluctuar en etapas tempranas o intermedias de la enfermedad renal crónica (ERC), especialmente cuando aún existe una fracción funcional de nefronas.

Asimismo, estudios como el de Hall et al. (75) han demostrado que la evaluación aislada de la densidad urinaria puede no ser suficientemente sensible para detectar cambios tempranos o progresivos en la función renal, recomendando su interpretación conjunta con biomarcadores más específicos como la dimetilarginina simétrica (SDMA) o la creatinina sérica. Esto podría explicar la ausencia de diferencias significativas en esta segunda medición, a pesar de tratarse de una población con ERC. Por otro lado, la persistencia de casos de isostenuria, particularmente en el grupo geronto, continúa siendo clínicamente relevante, ya que este hallazgo se asocia con una disminución en la capacidad de concentración renal y con un mayor compromiso funcional (20). Sin embargo, su distribución similar entre grupos en esta medición sugiere que la edad, en este punto del seguimiento, no representa un factor diferenciador significativo.

Tabla 10. Niveles de proteína urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondiente a la primera medición (inicio del estudio), distrito La Victoria–Chiclayo.

Niveles de proteína urinaria	Adulto (1 a 5 años)		Geronto (> 5 años)		Valor p
	n	%	N	%	
(-) Negativo	2	10.00	1	4.17	0.32
(±) 0.15g/dL	4	20.00	10	41.67	
(++) 0.3 g/dL	9	45.00	6	25.00	
(+++) 1.0 g/dL	5	25.00	7	29.16	

Prueba de Chi-cuadrado, $p > 0.05$ (no significativo)

Nota: Corresponde a la primera toma de muestra de orina (inicio del estudio). Las muestras fueron recolectadas mediante cistocentesis.

En la primera medición del estudio, no se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la edad y los niveles de proteína urinaria en caninos con enfermedad renal crónica (ERC) ($p = 0,32$), descritos en la tabla 10. No obstante, se pudo observar diferencias en la distribución de la proteinuria entre grupos etarios, destacando una mayor proporción de proteinuria leve ($\pm 0,15$ g/dL) en caninos gerontos (41,67%), mientras que en los adultos predominó la proteinuria moderada ($++ 0,3$ g/dL) (45%). Estos hallazgos sugieren variaciones

en la expresión clínica de la proteinuria según la edad, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la proteinuria es un marcador fundamental para evaluar el daño renal, particularmente a nivel glomerular, y su presencia se asocia con alteraciones en la permeabilidad de la barrera de filtración glomerular (76). En este contexto, la distribución observada en el presente estudio podría reflejar diferentes grados de compromiso renal entre los grupos etarios, aunque la ausencia de significancia estadística indica que estas diferencias no son concluyentes.

Diversos estudios han demostrado que la proteinuria no solo es un indicador de daño renal, sino también es un factor pronóstico en la progresión de la ERC. Según Polzin (70) nos indica que la persistencia de proteinuria se asocia con una mayor velocidad de deterioro de la función renal, independientemente de la edad del paciente. Esto podría explicar por qué, en el presente estudio, no se observaron diferencias significativas entre adultos y gerontos, ya que la proteinuria puede estar más relacionada con la severidad de la enfermedad que con la edad.

Asimismo, investigaciones como la de Grauer (54) señala que la proteinuria puede presentarse en diferentes grados a lo largo del curso de la enfermedad y que su variabilidad depende de múltiples factores, incluyendo la etiología subyacente, la presión intraglomerular y el estado hemodinámico del paciente. En este sentido, la heterogeneidad observada en los niveles de proteinuria en ambos grupos podría estar influenciada por la diversidad de estadios clínicos dentro de la población evaluada.

Por otro lado, estudios recientes han resaltado la importancia de evaluar la proteinuria mediante métodos cuantitativos, como la relación proteína/creatinina urinaria (UPC), debido a la limitada precisión de las mediciones semicuantitativas (77). En este contexto, la utilización de tiras reactivas, aunque útil como herramienta de tamizaje, puede introducir variabilidad en la clasificación de los niveles de proteinuria, lo que podría haber influido en la ausencia de diferencias significativas en el presente estudio.

Estos resultados sugieren que, en la primera medición, la proteinuria no presenta una asociación significativa con la edad en caninos con ERC, aunque sí se pudo evidenciar que los patrones diferenciales en su distribución. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de interpretar la proteinuria en conjunto con otros parámetros clínicos y laboratoriales, así como de realizar un seguimiento longitudinal para evaluar su valor en la progresión de la enfermedad.

Tabla 11. Niveles de proteína urinaria según la edad en perros con enfermedad renal crónica, correspondientes a la segunda medición (a las dos semanas del estudio). La Victoria–Chiclayo.

Niveles de proteína urinaria	Adulto (1 a 5 años)		Geronto (> 5 años)		Valor p
	n	%	n	%	
(±) 0.15g/dL	6	30.00	9	37.50	0.001
(++) 0.3 g/dL	1	5.00	11	45.83	
(+++) 1.0 g/dL	13	65.00	4	16.67	

Prueba de Chi-cuadrado, $p < 0.01$ (altamente significativo)

Nota: Corresponde a la segunda toma de muestra de orina (dos semanas después del inicio del estudio). Las muestras fueron recolectadas mediante cistocentesis.

En la segunda medición realizada a las dos semanas, mostradas en la tabla 11, se pudo evidenciar una asociación estadísticamente significativa entre la edad y los niveles de proteína urinaria en caninos con enfermedad renal crónica (ERC) ($p = 0,001$). En particular, los caninos gerontos presentaron una mayor proporción de proteinuria leve ($\pm 0,15$ g/dL) y moderada ($++ 0,3$ g/dL), mientras que en los adultos predominó la proteinuria severa ($+++ 1,0$ g/dL). Estos resultados nos indica un comportamiento diferencial de la proteinuria según la edad en el control a corto plazo.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la proteinuria es un marcador fundamental para evaluar el daño glomerular y su magnitud que se va a asociar con la severidad del compromiso renal (76). La mayor proporción de proteinuria leve y moderada en caninos gerontos podría reflejar una fase más estable o progresiva de la enfermedad, mientras que la predominancia de proteinuria severa en adultos podría estar relacionada con presentaciones clínicas más agudas o con una mayor variabilidad en la respuesta fisiopatológica.

Este hallazgo contrasta con la primera medición del estudio, donde no se observaron diferencias significativas entre los grupos etarios, lo que sugiere que la proteinuria puede presentar variaciones dinámicas en intervalos cortos de tiempo. Según Polzin (70), la proteinuria puede fluctuar en función de factores hemodinámicos, la presión intraglomerular y

estado clínico del paciente, lo que refuerza la importancia del seguimiento seriado en la evaluación de la ERC.

Asimismo, estudios como el de Grauer (52,54) destaca que la persistencia y magnitud de la proteinuria tienen un valor pronóstico significativo, ya que niveles elevados se asocian con una progresión más rápida de la enfermedad renal. En este contexto, la alta proporción de proteinuria severa observada en los adultos nos podría indicar un subgrupo con mayor riesgo de progresión, independientemente de la edad cronológica.

Por otro lado, la diferencia significativa encontrada entre grupos podría estar influenciada por la distribución de los estadios de la enfermedad dentro de la muestra. Como indica Perondi et al.(39), la expresión de las alteraciones renales, incluyendo la proteinuria, se relaciona más estrechamente con el estadio de la ERC que con la edad del paciente, lo que sugiere que la edad actúa como un factor indirecto asociado a la progresión de la enfermedad.

Finalmente, es importante considerar que la evaluación de la proteinuria mediante métodos semicuantitativos, como tiras reactivas, puede presentar limitaciones en precisión y reproducibilidad. Por ello, se recomienda complementar estos hallazgos con métodos cuantitativos como la relación proteína/creatinina urinaria (UPC), que permite una evaluación más precisa y estandarizada (77).

Por lo tanto, los resultados de esta segunda medición evidencian que la proteinuria va a presentar una relación significativa con la edad en el seguimiento a corto plazo, aunque la interpretación se debe realizar con cautela, ya que considerando la variabilidad biológica, la progresión de la enfermedad y la necesidad de métodos diagnósticos complementarios.

IV. CONCLUSIONES

1. Las alteraciones ecográficas en los caninos con enfermedad renal crónica se caracteriza principalmente por la eco textura homogénea, bordes lisos, ubicación renal normal y predominio de hiperecogenicidad cortical con hipoecogenicidad medular, evidenciando un patrón estructural compatible con daño renal crónico de presentación mayormente bilateral, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las alteraciones ecográficas entre caninos adultos y gerontos, lo que indica que los cambios ultrasonográficos van a depender principalmente del grado de progresión de la enfermedad más no de la edad; sin embargo, se evidenció que hay una disminución del tamaño renal en gerontos, altamente significativo en ambos riñones.
2. La densidad urinaria mostró que, en la primera medición, los caninos gerontos presento una mayor frecuencia de isostenuria e hipostenuria, sugieriendo una disminución de la capacidad de concentración urinaria asociada a la edad; no obstante, esta diferencia no se mantuvo en la segunda medición, evidenciando variabilidad funcional a corto plazo, lo que la posiciona como un indicador funcional relevante en etapas tempranas, aunque con variabilidad en evaluaciones a corto plazo. La proteinuria no presentó asociación con la edad en la primera medición; sin embargo, en la segunda evaluación se observó una relación significativa entre edad y niveles de proteína urinaria, con predominio de proteinuria leve y moderada en gerontos y proteinuria severa en adultos, lo que indica que su valor como indicador temprano se va a fortalecer mediante el seguimiento seriado que se debe de realizar a los pacientes.
3. Ningún parámetro evaluado de manera aislada permite identificar de forma temprana la enfermedad renal crónica con alta precisión, siendo necesaria la integración de hallazgos ecográficos y funcionales para una evaluación más completa y oportuna del estado renal en caninos

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los médicos veterinarios de poder implementar una evaluación integral y periódica de la función renal en caninos, especialmente en aquellos adultos y gerontos, mediante la combinación de ecografía renal, análisis de proteína urinaria y medición de la densidad urinaria.

Asimismo, es importante no basar solo el diagnóstico únicamente en un solo parámetro, ya que, como se evidenció en el presente estudio, las alteraciones pueden variar y no siempre presentarse de manera simultánea o significativa en una única evaluación. En este sentido, el seguimiento seriado de los pacientes resulta fundamental para poder detectar los cambios progresivos y así mejorar la identificación temprana de la enfermedad renal crónica.

Finalmente, se sugiere poder complementar estas evaluaciones con pruebas laboratoriales adicionales, como la relación proteína/creatinina urinaria y biomarcadores como la SDMA, con el fin de poder optimizar la detección precoz y poder establecer un manejo clínico oportuno que contribuya a mejorar el pronóstico y la calidad de vida del paciente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Lengua D. Evaluación de la utilidad clínica del marcador SDMA (dimetil arginina simétrica) en el diagnóstico de la enfermedad renal crónica en perros. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad Zaragoza; 2017.
2. Aguilar LC. Canino mestizo con insuficiencia renal crónica por coinfección con Ehrlichia canis y/o Ehrlichia ewingii: reporte de caso. [Internet]. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales; 2021 [cited 2024 Dec 31]. Available from: <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b828115-2251-4f91-985d-65305d4bcfea/content>
3. Zamora ME, Osorio VR. Descripción de hallazgos clínicos y en el examen general de orina en caninos con patología del tracto urinario atendidos en la Clínica Veterinaria UNAN-León. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; 2015.
4. Velásquez ML, Pérez Rojas MJ. Correlación de parámetros biométricos a través de mediciones renales métricas y ecográficas para determinar volumetría en perros domésticos (Canis familiaris). Tesis para optar el título de Medico Veterinario [Internet]. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua; 2012 [cited 2025 Jan 31]. Available from: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5670/1/221263.pdf>
5. Serrano PM. Actualización de la enfermedad renal crónica en la especie canina. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad Zaragoza; 2023.
6. Gallardo C. Biomarcadores renales, alcances en el diagnóstico y tratamiento de la injuria renal aguda y crónica en caninos. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad de las Americas; 2019.
7. Chow WM, Carballo JR, Carrion SB. Alteraciones ecográficas de caninos reportadas en la Clínica Veterinaria de Especialidades Salud Animal-León y Chinandega en el período comprendido octubre 2016-marzo 2017. Tesis Maestria. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua; 2017.
8. Perondi F, Lippi I, Marchetti V, Bruno B, Borrelli A, Citi S. How Ultrasound Can Be Useful for Staging Chronic Kidney Disease in Dogs: Ultrasound Findings in 855 Cases. Vet Sci. 2020 Oct 1;7(4):147. doi:10.3390/vetsci7040147
9. Echeverry D, Barbosa X, Buriticá E. Enfermedad renal poliquística asociada a linfoma extranodal en un canino. Rev MVZ Cordoba. 2006;11(2):837–43.
10. Bragato N, Borges NC, Fioravanti MCS. B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. Vet Res Commun. 2017 Dec 21;41(4):307–15. doi:10.1007/s11259-017-9694-9
11. Choo D, Kim S, Kwon D, Lee K, Yoon H. Ultrasonographic quantitative evaluation of acute and chronic renal disease using the renal cortical thickness to aorta ratio in dogs. Veterinary Radiology & Ultrasound. 2023 Jan;64(1):140–8. doi:10.1111/vru.13154

12. Hart D Vander, Winter MD, Conway J, Berry CR. Ultrasound appearance of the outer medulla in dogs without renal dysfunction. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2013 Nov 6;54(6):652–8. doi:10.1111/vru.12069
13. Pérez GJ. Incidencia de alteraciones renales en perros geriátricos en la ciudad de Ibarra. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad Técnica de Ambato; 2023.
14. Bessone A, Cabral G, Babini S, Arri J, González P, Gimenez F, et al. Clinical and biochemistry evaluation of dogs older than 8 years old, with risk factors to develop cronic kidney disease.Preliminary results. *Ciencia Veterinaria*. 2019 Dec 1;21(2):29–42. doi:10.19137/cienvet-201921202
15. Pérez AP, Perini S, Del Angel J, Quijano IA. Correlación de biomarcadores de función renal en el primer acercamiento diagnóstico de la enfermedad renal crónica en perros. *Rev MVZ Cordoba*. 2023 Jan 15;28(1):e2782. doi:10.21897/rmvz.2782
16. Huamán CA. Determinación bioquímica de creatinina, úrea y proteína urinaria en perros sanos mayores de 7 años. Arequipa - 2019. Tesis para optar el titulo de Medico Veterinario y Zootecnia. Universidad Catolica Santa Maria; 2019.
17. Garay DP, Morales EP. Proteinuria y densidad urinaria baja como indicadores tempranos de enfermedad renal crónica en caninos asintomáticos mayores de 5 años del Distrito de Cercado de Lima – 2021. Tesis para obtener el Título Medico Veterinario. Universidad Nacional Hermilio Valdizán; 2021.
18. International Renal Interest Society. Treatment recommendations for CKD in dogs [Internet]. 2023 [cited 2026 Feb 3]. Available from: https://uploads.teachablecdn.com/attachments/ZBiQET5TCKfuYDjkTOwL_IRIS-DOG-Treatment_Recommendations_2023.pdf
19. Perini S, Del-Ángel-Caraza J, Pérez-Sánchez AP, Quijano-Hernández IA, Recillas-Morales S. Evaluation of Chronic Kidney Disease Progression in Dogs With Therapeutic Management of Risk Factors. *Front Vet Sci*. 2021 May 5;8. doi:10.3389/fvets.2021.621084
20. Bartges JW. Chronic Kidney Disease in Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2012 Jul;42(4):669–92. doi:10.1016/j.cvsm.2012.04.008
21. Foster JD. Canine chronic kidney disease: Current diagnostics & goals for long-term management. *Today's Veterinary Practice* [Internet]. 2013 [cited 2026 Feb 3];3(5):20–6. Available from: <https://todaysveterinarypractice.com/wp-content/uploads/sites/4/2016/09/T1309F02.pdf>
22. Cornell University College of Veterinary Medicine. eClinpath [Internet]. 2023 [cited 2026 Feb 3]. Fisiología renal. Available from: <https://eclinpath.com/chemistry/kidney/physiology/>
23. Alamilla M, Alcalá MA, Ulloa VM, Yanez V, Yamá MB, Morales EF, et al. Understanding Renal Tubular Function: Key Mechanisms, Clinical Relevance, and

- Comprehensive Urine Assessment. *Pathophysiology*. 2025 Jul 3;32(3):33. doi:10.3390/pathophysiology32030033
24. Romagnani P, Agarwal R, Chan JCN, Levin A, Kalyesubula R, Karam S, et al. Chronic kidney disease. *Nat Rev Dis Primers*. 2025 Jan 30;11(1):8. doi:10.1038/s41572-024-00589-9
 25. Kanbay M, Copur S, Bakir CN, Covic A, Ortiz A, Tuttle KR. Glomerular hyperfiltration as a therapeutic target for CKD. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2024 Jul 31;39(8):1228–38. doi:10.1093/ndt/gfae027
 26. Fogo AB, Harris RC. Crosstalk between glomeruli and tubules. *Nat Rev Nephrol*. 2025 Mar 6;21(3):189–99. doi:10.1038/s41581-024-00907-0
 27. D’Acierno M, Fenton RA, Hoorn EJ. The biology of water homeostasis. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2025 Apr 1;40(4):632–40. doi:10.1093/ndt/gfae235
 28. Deabes AA, Essa A. Fluid and electrolyte imbalance in renal dysfunction. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2024 May;25(5):316–9. doi:10.1016/j.mpaic.2024.03.006
 29. Xie H, Yang N, Yu C, Lu L. Uremic toxins mediate kidney diseases: the role of aryl hydrocarbon receptor. *Cell Mol Biol Lett*. 2024 Mar 15;29(1):38. doi:10.1186/s11658-024-00550-4
 30. Xu Y, Bi WD, Shi YX, Liang XR, Wang HY, Lai XL, et al. Derivation and elimination of uremic toxins from kidney-gut axis. *Front Physiol*. 2023 Aug 15;14. doi:10.3389/fphys.2023.1123182
 31. International Renal Interest Society. IRIS staging of CKD (modified in 2023). [Internet]. 2023 [cited 2026 Feb 4]. Available from: https://ebvminpractice.org/wp-content/uploads/2025/08/2_iris_staging_of_ckd_2023.pdf
 32. Roura X. CKD risk factors. International Renal Interest Society. [Internet]. 2020 [cited 2026 Feb 4]. Available from: <https://www.iris-kidney.com/ckd-risk-factors>
 33. Marynissen S, Daminet S, Meyer E, Demeyere K, Stock E, Delanghe J, et al. Longitudinal Study of Renal Health Screening in Apparently Healthy Aging Dogs. *J Vet Intern Med*. 2025 May 2;39(3). doi:10.1111/jvim.70116
 34. Pelander L. Chronic kidney disease in the dog: Pathophysiological mechanisms and diagnostic aspects [Tesis doctoral] [Internet]. Swedish University of Agricultural Sciences; 2018 [cited 2026 Feb 4]. Available from: https://pub.epsilon.slu.se/15458/7/pelander_l_180504.pdf
 35. Perini-Perera S, Del-Ángel-Caraza J, Pérez-Sánchez AP, Quijano-Hernández IA, Recillas-Morales S. Evaluation of Chronic Kidney Disease Progression in Dogs With Therapeutic Management of Risk Factors. *Front Vet Sci*. 2021 May 5;8. doi:10.3389/fvets.2021.621084
 36. Lingaas F, Tengvall K, Jansen JH, Pelander L, Hurst MH, Meuwissen T, et al. Bayesian mixed model analysis uncovered 21 risk loci for chronic kidney disease in boxer dogs. *PLoS Genet*. 2023 Jan 24;19(1):e1010599. doi:10.1371/journal.pgen.1010599

37. Pérez-Sánchez AP, Perini-Perera S, Del-Angel-Caraza J, Quijano-Hernández IA, Recillas-Morales S. Proteinuria and Electrophoretic Pattern in Dogs with Comorbidities Associated with Chronic Kidney Disease. *Animals*. 2023 Apr 19;13(8):1399. doi:10.3390/ani13081399
38. Patey SJ, Corcoran JP. Physics of ultrasound. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2021 Jan;22(1):58–63. doi:10.1016/j.mpaic.2020.11.012
39. Perondi F, Lippi I, Marchetti V, Bruno B, Borrelli A, Citi S. Medicina Interna [Internet]. 2020 [cited 2025 Jan 31]. Utilidad de la ecografía para clasificar la enfermedad renal crónica en perros: Hallazgos ecográficos en 855 casos. Available from: <https://vetsandclinics.com/es/utilidad-de-la-ecografia-para-clasificar-la-enfermedad-renal>
40. Huguet EE, Berry CR, Cole R. Ultrasonography for diagnosing chronic kidney disease in dogs and cats. 2023.
41. Yu H, Lee IG, Oh JY, Kim J, Jeong JH, Eom K. Deep learning-based ultrasonographic classification of canine chronic kidney disease. *Front Vet Sci*. 2024 Sep 4;11. doi:10.3389/fvets.2024.1443234
42. Huynh E, Berry CR. Ultrasonography of the urinary tract: Kidneys and ureters. *Today's Veterinary Practice*. 2017.
43. Lenka TP, Senthil Kumar G, Sumathi D, Saravanan S, Serma Saravana Pandian A, Ravi R. Understanding ultrasonographic renal length-to-aorta ratio in Sighthounds: A breed specific study in Chippiparai dogs. *Pol J Vet Sci*. 2024 Sep 19;481–5. doi:10.24425/pjvs.2024.151742
44. Lee S, Hong S, Kim S, Oh D, Choen S, Choi M, et al. Can distinction between the renal cortex and outer medulla on ultrasonography predict estimated glomerular filtration rate in canine chronic kidney diseases? *J Vet Sci*. 2020;21(4). doi:10.4142/jvs.2020.21.e58
45. Burti S, Zotti A, Bonsembiante F, Mastellaro G, Banzato T. Correlation between renal histopathology and renal ultrasound in dogs. *Res Vet Sci*. 2020 Apr;129:59–65. doi:10.1016/j.rvsc.2020.01.003
46. Santos H, Gusso A. Insuficiência renal aguda: relato de caso. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG*. 2021;4(2):98 – 112.
47. Langston C, Eatroff A. Acute Kidney Injury. In: *August's Consultations in Feline Internal Medicine*, Volume 7. Elsevier; 2016. p. 483–98. doi:10.1016/B978-0-323-22652-3.00050-5
48. Segev G, Cortellini S, Foster JD, Francey T, Langston C, Londoño L, et al. International Renal Interest Society best practice consensus guidelines for the diagnosis and management of acute kidney injury in cats and dogs. *The Veterinary Journal*. 2024 Jun;305:106068. doi:10.1016/j.tvjl.2024.106068

49. Stevens PE, Ahmed SB, Carrero JJ, Foster B, Francis A, Hall RK, et al. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int.* 2024 Apr;105(4):S117–314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018
50. Lees GE, Brown SA, Elliot J, Grauer GE, Vaden SL. Assessment and management of proteinuria in dogs and cats: 2004 ACVIM Forum Consensus Statement (small animal). *J Vet Intern Med.* 2005;19(3):377-385. doi:10.1892/0891-6640(2005)19[377:aamopi]2.0.co;2.
51. Jacob F, Polzin DJ, Osborne CA, Neaton JD, Kirk CA, Allen TA, et al. Evaluation of the association between initial proteinuria and morbidity rate or death in dogs with naturally occurring chronic renal failure. *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Feb 1;226(3):393–400. doi:10.2460/javma.2005.226.393
52. Grauer G. Canine glomerulonephritis: new thoughts on proteinuria and treatment. *Journal of small animal practice.* 2015;44(10):469–478.
53. Marzok M, Ashraf G, Alkuwayti M, Elgioushy M, Babiker H, El-khodery S. Diagnostic value of urinary protein to creatinine (UPC) ratio in dogs with chronic kidney disease (CKD): a systematic meta-analysis. *Vet Res Commun.* 2026 Apr 17;50(2):160. doi:10.1007/s11259-026-11088-5
54. Grauer GF. Proteinuria: Measurement and Interpretation. *Top Companion Anim Med.* 2011 Aug;26(3):121–7. doi:10.1053/j.tcam.2011.04.002
55. Pérez-Sánchez AP, Perini-Perera S, Del-Angel-Caraza J, Quijano-Hernández IA, Recillas-Morales S. Proteinuria and Electrophoretic Pattern in Dogs with Comorbidities Associated with Chronic Kidney Disease. *Animals.* 2023 Apr 19;13(8):1399. doi:10.3390/ani13081399
56. Nabity MB, Lees GE, Cianciolo R, Boggess MM, Steiner JM, Suchodolski JS. Urinary Biomarkers of Renal Disease in Dogs with X-Linked Hereditary Nephropathy. *J Vet Intern Med.* 2012 Mar 1;26(2):282–93. doi:10.1111/j.1939-1676.2012.00891.x
57. Greka A, Mundel P. Cell biology and pathology of podocytes. *Annu Rev Physiol.* 2012;299. – 323.
58. Foster JD. Today's Veterinary Practice [Internet]. 2013 [cited 2026 Feb 16]. Enfermedad renal crónica canina: diagnósticos actuales y objetivos para el tratamiento a largo plazo. Available from: https://todaysveterinarypractice.com/urology-renal-medicine/canine-chronic-kidney-disease-current-diagnostics-goals-for-long-term-management/?utm_source
59. Cortinovis M, Perico N, Remuzzi G. Tubulointerstitial injury in proteinuric chronic kidney diseases. *Front Med (Lausanne).* 2024 Oct 28;11. doi:10.3389/fmed.2024.1478697
60. Christensen EI, Birn H. Megalin and cubilin: synergistic endocytic receptors in renal proximal tubule. *American Journal of Physiology-Renal Physiology.* 2001 Apr 1;280(4):F562–73. doi:10.1152/ajprenal.2001.280.4.F562

61. Makhammajanov Z, Gaipov A, Myngbay A, Bukasov R, Aljofan M, Kanbay M. Tubular toxicity of proteinuria and the progression of chronic kidney disease. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2024 Mar 27;39(4):589–99. doi:10.1093/ndt/gfad215
62. Rudinsky AJ, Wellman M, Tracy G, Stoltenberg L, DiBartola SP, Chew DJ. Variability among four refractometers for the measurement of urine specific gravity and comparison with urine osmolality in dogs. *Vet Clin Pathol*. 2019 Dec 14;48(4):702–9. doi:10.1111/vcp.12781
63. Boone M, Deen PMT. Physiology and pathophysiology of the vasopressin-regulated renal water reabsorption. *Pflugers Arch*. 2008 Sep 23;456(6):1005–24. doi:10.1007/s00424-008-0498-1
64. Van Vertloo L. Manual de MSD. Manual Veterinario [Internet]. 2025 [cited 2026 Feb 17]. Disfunción renal en perros y gatos. Available from: <https://www.msdevetmanual.com/urinary-system/noninfectious-diseases-of-the-urinary-system-in-small-animals/renal-dysfunction-in-dogs-and-cats>
65. Urbano C, Yuni J. Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la Elaboración de Proyectos, análisis de Datos y Redacción Científica. Argentina: Editorial Brujas S.A; 2021. 326 p.
66. Castro F. Probabilidad y estadística. Sexta Edic. Mexico D.F.: Klik, soluciones educativas S.A.; 2021.
67. Nyland T, Mattoon J. Diagnóstico ecográfico en pequeños animales. Segunda ed. Barcelon - España: Multimédica Ediciones Veterinarias.; 2004.
68. Karpenstein H, Klumpp S, Seyrek-Intas D, Kramer M. Ultrasonography of urinary tract diseases in the dog and cat. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*. 2011;39(4):281–8; quiz 289. PubMed PMID: 22143668.
69. D’Anjou MA. Kidneys. In: Penninck & d’Anjou, editor. *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. Wiley-Blackwell; 2015.
70. Polzin DJ. Chronic kidney disease in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2011;41:15–30.
71. Rivers BJ, Johnston GR. Diagnostic Imaging Strategies in Small Animal Nephrology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1996 Nov;26(6):1505–17. doi:10.1016/S0195-5616(96)50138-5
72. Penninck DG, D’Anjou MA. *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. Segunda ed. 2015: Wiley-Blackwell; 2015.
73. Seiler GS. Veterinary Information Network (VIN). [Internet]. 2016 [cited 2026 Apr 11]. World Small Animal Veterinary Association Congress Proceedings. . Available from: https://veterinarypartner.vin.com/apputil/project/defaultadv1.aspx?authorId=71722&pId=19840&utm_source=chatgpt.com

74. Cortadellas O, Fernández MJ. Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad renal crónica (ERC) en el perro y el gato. Parte 2: manejo del paciente con ERC. Clin Vet Peq Anim. 2012;32(4):225–33.
75. Hall JA, Yerramilli M, Obare E, Yerramilli M, Almes K, Jewell DE. Serum Concentrations of Symmetric Dimethylarginine and Creatinine in Dogs with Naturally Occurring Chronic Kidney Disease. J Vet Intern Med. 2016 May 1;30(3):794–802. doi:10.1111/jvim.13942
76. Lees GE BS, Elliott J GG, Vaden SL, American College of Veterinary Internal Medicine. Assessment and management of proteinuria in dogs and cats: 2004 ACVIM Forum Consensus Statement (small animal). J Vet Intern Med. 2025;19(3):377–85.
77. Hall JE. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. 13 th Edic. Barcelon - España: Elsevier España, S.L.U.; 2016.

ANEXOS

Anexo 01. Pruebas de normalidad (Sahpiro) de los datos con respecto al tamaño del riñón (derecho e izquierdo) en perros con Insuficiencia Renal Crónica.

		Shapiro-Wilk (n<50)		
	Edad	Estadístico	gl	Sig.
Tamaño_Riñon_Derecho	Adultos (1 a 5 años)	,920	20	,101
	Gerontos (>5 años)	,946	24	,223
Tamaño_Riñon_Izquierda	Adultos (1 a 5 años)	,937	20	,209
	Gerontos (>5 años)	,929	24	,090
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.				
a. Corrección de significación de Lilliefors				

Anexo 02. Estadística descriptiva y Prueba de T-Student, con respecto al Tamaño del riñón derecho según la edad en perros con Insuficiencia Renal Crónica.

Estadísticas de grupo					
	Edad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Tamaño_Riñon_Derecho	Adultos (1 a 5 años)	20	5,3485	1,13012	,25270
	Gerontos (>5 años)	24	4,3325	,68980	,14080

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	4,997	,031	3,665	42	,001	1,01600	,27721	,45656	1,57544
No se asumen varianzas iguales			3,512	30,223	,001	1,01600	,28928	,42539	1,60661

Anexo 03. Estadística descriptiva y Prueba de T-Student, con respecto al Tamaño del riñón izquierdo según la edad en perros con Insuficiencia Renal Crónica.

Estadísticas de grupo

	Edad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
a	Tamaño_Riñon_Izquierd Adultos (1 a 5 años)	20	5,0960	1,01283	,22647
	Gerontos (>5 años)	24	4,2921	,69494	,14185

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	2,564	,117	3,111	42	,003	,80392	,25842	,28240	1,32543
No se asumen varianzas iguales			3,008	32,678	,005	,80392	,26723	,26002	1,34781

Anexo 04. Frecuencias de los datos y chi cuadrado con respecto a los datos de la proteína primera toma, es decir al inicio del estudio

Tabla cruzada

Recuento				
		Edad		Total
		Adultos (1 a 5 años)	Gerontos (>5 años)	
Proteinas_Inicio	(-) Negativo	2	1	3
	(±) 0.15g/dL	4	10	14
	(++) 0.3 g/dL	9	6	15
	(+++) 1.0 g/dL	5	7	12
Total		20	24	44

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3,503 ^a	3	,320
Razón de verosimilitud	3,571	3	,312
Asociación lineal por lineal	,044	1	,834
N de casos válidos	44		
a. 2 casillas (25,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,36.			

Anexo 05. Frecuencias de los datos y chi cuadrado con respecto a los datos de la proteína segunda toma, es decir dos semanas después de iniciado el estudio.

Tabla cruzada				
Recuento				
		Edad		Total
		Adultos (1 a 5 años)	Gerontos (>5 años)	
Proteinas_Despues	(±) 0.15g/dL	6	9	15
	(++) 0.3 g/dL	1	11	12
	(+++) 1.0 g/dL	13	4	17
Total		20	24	44

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	13,446 ^a	2	,001
Razón de verosimilitud	15,008	2	,001
Asociación lineal por lineal	4,583	1	,032
N de casos válidos	44		
a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,45.			

Anexo 06. Frecuencias de los datos y chi cuadrado con respecto a los datos de la densidad urinaria primera toma, es decir al inicio del estudio

Recuento				
		Edad		Total
		Adultos (1 a 5 años)	Gerontos (>5 años)	
Densidad Urinaria INICIO	Normostenuricos=1,015 - 1,040 g/ml	10	5	15
	Isostenuricos=1,007- 1,015 g/ml	5	10	15
	Hipostenuricos=Menores de 1,007 g/ml	1	7	8
	Hiperestenuricos=Mayor es 1,040 g/ml	4	2	6

Total	20	24	44
-------	----	----	----

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	8,204 ^a	3	,042
Razón de verosimilitud	8,775	3	,032
Asociación lineal por lineal	,909	1	,340
N de casos válidos	44		
a. 4 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 2,73.			

Anexo 06. Frecuencias de los datos y chi cuadrado con respecto a los datos de la proteína segunda toma, es decir dos semanas después de iniciado el estudio.

Tabla cruzada Densidad_Urinaria_Despues*Edad				
Recuento				
		Edad		Total
		Adultos (1 a 5 años)	Gerontos (>5 años)	
Densidad_Urinaria_Despues	Normostenuricos=1,015 - 1,040 g/ml	15	15	30

	Isostenuricos=1,007-1,015 g/ml	5	9	14
Total		20	24	44

Pruebas de chi-cuadrado					
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,786 ^a	1	,375		
Corrección de continuidad ^b	,315	1	,575		
Razón de verosimilitud	,795	1	,373		
Prueba exacta de Fisher				,519	,289
Asociación lineal por lineal	,768	1	,381		
N de casos válidos	44				
a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 6,36.					
b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2					