



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN MEDICINA VETERINARIA, MENCIÓN  
CLÍNICA Y CIRUGÍA DE PEQUEÑAS ESPECIES**

**EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA DIFERENCIACIÓN  
CÓRTICO-MEDULAR RENAL Y SU CORRELACIÓN  
CON LA CISTATINA C SÉRICA EN LA DETECCIÓN  
TEMPRANA DE ENFERMEDAD RENAL EN FELINOS  
DOMÉSTICOS.**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE MAGISTER EN MEDICINA VETERINARIA,  
MENCIÓN CLÍNICA Y CIRUGÍA DE PEQUEÑAS ESPECIES**

**AUTOR: MV. EDISON ANDRÉS SIZA PÉREZ.**

**TUTORA: MVZ. PAOLA GABRIELA ALVARADO DÁVILA MSC.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2026**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN MEDICINA VETERINARIA, MENCIÓN  
CLÍNICA Y CIRUGÍA DE PEQUEÑAS ESPECIES**

EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA DIFERENCIACIÓN CÓRTICO-MEDULAR RENAL Y SU CORRELACIÓN CON LA CISTATINA C SÉRICA EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DE ENFERMEDAD RENAL EN FELINOS DOMÉSTICOS.

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGISTER EN MEDICINA VETERINARIA, MENCIÓN CLÍNICA  
Y CIRUGÍA DE PEQUEÑAS ESPECIES**

**AUTOR: MV. EDISON ANDRÉS SIZA PÉREZ.**

**TUTORA: MVZ. PAOLA GABRIELA ALVARADO DÁVILA MSC.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2026**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## **Certificado del Asesor**

Se certifica que:

El informe de investigación “Evaluación ecográfica de la diferenciación córtico-medular renal y su correlación con la Cistatina C sérica en la detección temprana de enfermedad renal en felinos domésticos”, de autoría del Sr. Edison Andrés Siza Pérez con número de identidad 1850057447, con nacionalidad ecuatoriana, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel o Posgrado correspondiente a Magister en Medicina Veterinaria, mención clínica y cirugía de pequeñas especies, cumple con la caracterización y estructura (parte protocolaria y parte expositiva) y se sujeta a la normativa pertinente exigida por el Consejo de Educación Superior, CES y la Universidad Católica de Cuenca, en consecuencia se autoriza su presentación para los trámites pertinentes.

Santa Ana de los Ríos de Cuenca

Fecha 19 de febrero de 2026

---

Mvz. Paola Gabriela Alvarado Dávila, MsC.  
Asesor Científico

---

Dr. Edy Paul Castillo Hidalgo, PhD.  
Asesor Metodológico

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad Edison Andrés Siza Pérez portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1850057447**. Declaro ser el autor de la obra: “**Evaluación ecográfica de la diferenciación córtico-medular renal y su correlación con la Cistatina C sérica en la detección temprana de enfermedad renal en felinos domésticos**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **19 de febrero de 2026**

F: .....

**Edison Andrés Siza Pérez**

**C.I. 1850057447**

## **Agradecimiento**

La consecución del presente trabajo marca la finalización de uno de mis restos profesionales que me e propuesto durante mi formación académica: por tal razón quiero agradecer con profundo corazón:

Primeramente agradezco a Dios por guiarme en cada paso de este largo camino de formación tanto personal como profesional, a mis padres Néstor y Marlene quienes con sus enseñas, consejos y apoyo me an guiado por el camino de bien para cumplir mis metas y objetivos.

A mis amigos y familiares quienes con sus palabras de aliento me apoyaron para la culminación de este gran paso en mi vida profesional.

De manera muy especial al Dr. Darwin Villamarin quien es uno de mis mentores en mi formacion academica profesional ya que con sus enseñanzas y consejos e logrado llegar a alcanzar mis objetivos tanto personales como profesionales.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo primeramente a mi hermano Iván Santiago que desde el cielo siempre me a guiado en mi camino y cada una de mis desiciones: a mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, mi ejemplo constante de esfuerzo, honestidad y perseverancia. Gracias por cada sacrificio silencioso, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y por confiar en mi incluso cuando yo dudaba, a mi hermana Karen, mis abuelitos y el resto de mi familia quienes se an preocupado diariamente por mi formación y bienestar.

Tambien de manera muy especial a la familia Solis Toapanta ya que gracias a ellos con sus consejos, ayuda y apoyo pude culminar esta gran etapa de mi vida profesional: en especial a Natasha Solis quien estuvo a mi lado siempre con su apoyo incondicional.

Este logro no es solo mío, es el reflejo de su amor, su trabajo incansable y los valores que sembraron en mi corazón. Todo lo que soy y lo que he alcanzado se lo debo a ustedes.

Con infinita gratitud y amor, les dedico este sueño hecho realidad.

**EDISON ANDRÉS**

## Resumen

Las enfermedades renales en felinos domésticos son un problema clínico relevante debido a su alta prevalencia y diagnóstico tardío, lo que afecta el pronóstico y manejo de los pacientes, este estudio tuvo como objetivo evaluar la relación entre la morfología renal mediante ecografía, centrada en la diferenciación córtico-medular, y la concentración sérica de Cistatina C, un biomarcador sensible para el daño renal temprano. Se realizó un estudio observacional y transversal en 30 gatos clínicamente sanos del Hospital VITAL PET en Ambato, Ecuador, durante 2025. Se midieron ultrasonográficamente el grosor cortical y medular, y la diferenciación córtico-medular mediante una escala semicuantitativa, junto con la cuantificación de Cistatina C sérica por inmunofluorescencia. Se aplicaron análisis descriptivos y correlacionales para determinar asociaciones entre variables. Los resultados mostraron correlaciones negativas significativas entre la diferenciación córtico-medular y Cistatina C ( $r = -0.62$ ,  $p < 0.01$ ), así como entre el grosor cortical y medular con el biomarcador ( $r = -0.55$  y  $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ ). Esto indica que alteraciones sutiles en la morfología ecográfica renal se relacionan con elevaciones tempranas de Cistatina C. Se concluye que la combinación de ecografía renal y Cistatina C sérica es una herramienta eficaz para la detección precoz de enfermedad renal en felinos, recomendándose ampliar la muestra y realizar estudios longitudinales para validar estos hallazgos.

**Palabras clave:** Ecografía renal felina; Cistatina C, diferenciación córtico-medular; patología renal temprana en felinos.

## **Abstract**

Kidney disease in domestic cats is a major clinical problem due to its high prevalence and late diagnosis, which negatively affects prognosis and patient management. The aim of this study was to evaluate the relationship between renal morphology observed by ultrasound, with special attention to cortic-medullary differentiation, and serum cystatin C concentration, a sensitive biomarker for the early detection of kidney damage. A cross-sectional observational study was conducted in 30 clinically healthy cats at the VITAL PET Veterinary Hospital in Ambato, Ecuador, during 2025. Ultrasound measurements of cortical and medullary thickness were obtained, as well as a semi-quantitative scale of corticomedullary differentiation, together with quantification of serum cystatin C by quantitative immunofluorescence. Descriptive and correlational statistical analyses were performed to evaluate the associations between morphological and biochemical variables. The results showed significant negative correlations between cortical-medullary differentiation and cystatin C ( $r = -0.62$ ,  $p < 0.01$ ), as well as between cortical and medullary thickness and the biomarker ( $r = -0.55$  and  $r = -0.51$ ,  $p < 0.05$ ). This indicates that subtle alterations in renal ultrasound morphology are related to early elevations in cystatin C.

It is concluded that the combination of renal ultrasound and serum cystatin C is an effective tool for the early detection of kidney disease in cats, and it is recommended that the sample size be expanded and longitudinal studies be conducted to validate these findings.

**Keywords:** Feline renal ultrasound, Cystatin C, cortic medullary differentiation, early renal pathology in cats.

## Índice de Contenido

Certificado del Asesor .....	3
Agradecimiento .....	5
Dedicatoria.....	6
Resumen .....	7
Abstract.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
METODOLOGÍA .....	15
DESARROLLO .....	17
DISCUSIÓN.....	20
AGRADECIMIENTOS.....	23
Conflicto de intereses .....	23

## INTRODUCCIÓN

Una de las patologías más prevalentes en felinos domésticos es la enfermedad renal crónica (ERC), su mortalidad puede ser de 2,4% a 8,7% en etapas avanzadas según (Obert et al., 2021), y donde la prevalencia de ERC puede ser del 40 % en felinos entre 5-10 años, y más del 80 % en gatos mayores de 15 años (Kongtasai et al., 2022); en consecuencia su detección temprana no es sencilla y requiere de ciertos estudios por imágenes como la ecografía, para observar anomalías anatómicas en los riñones diferenciando la relación corteza- médula (Coyne et al., 2025). Habitualmente los biomarcadores séricos tradicionales como la creatinina presentan limitaciones pues su concentración plasmática aumenta solamente después de pérdidas renales sustanciales y es fuertemente influida por la masa magra del animal (Regier, 2022).

Hace unos años, se comienza a mencionar que la Cistatina C (CysC), ha surgido como un biomarcador prometedor para la estimación de la tasa de filtración glomerular (TFG) (Obert et al., 2021) ,por ser una proteína de bajo peso molecular producida a ritmo constante por todas las células nucleadas y filtrada libremente en el glomérulo (Coyne et al., 2025). Se puede destacar el potencial de la Cistatina C en suero y orina, para detectar disminuciones tempranas de la función renal en diversas especies, incluyendo evidencia creciente en felinos (Paes et al., 2022), si bien la estandarización analítica y la validación por laboratorio continúan siendo áreas críticas para su adopción clínica generalizada (Pereira et al., 2025).

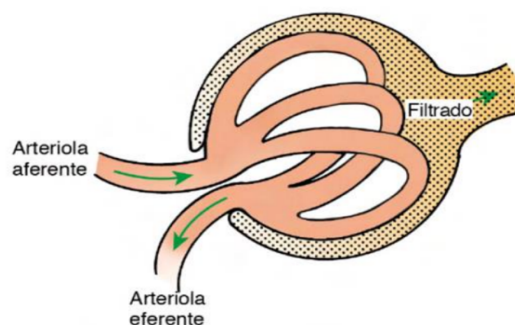
Por otro lado, según (Flory et al., 2023) la ecografía renal establece una herramienta no invasiva ampliamente utilizada en medicina veterinaria para la evaluación morfológica del riñón; parámetros ecográficos como el tamaño renal, el grosor cortical y la diferenciación córtico-medular (DCM) han sido asociados con la presencia y severidad de lesiones renales. La pérdida de la diferenciación córtico-medular se ha reportado con mayor frecuencia en gatos con ERC y se asocia a procesos de fibrosis, inflamación o alteraciones estructurales que preceden a cambios bioquímicos detectables por creatinina (Perondi et al., 2020). Sin embargo, la evidencia sobre la sensibilidad de los cambios ecográficos tempranos y su relación cuantitativa con bio marcadores de filtración sigue incompleta (Tang et al., 2024). Para (Seiler et al., 2022), la valoración médica de la Cistatina C sérica apoyada en una adecuada apreciación morfológica ecográfica por cuantificación DCM y observación de la imagen con el fin de revelar posibles cambios

estructurales iniciales en relación al grosor cortical (diámetro aórtico), dilata un adecuado diagnóstico temprano de la ERC en felinos, y consiente identificar subgrupos con lesión renal incipiente que por lo general suelen pasar inadvertidos si solamente se basan en pruebas convencionales (Pereira et al., 2025).

### **Fisiología Renal**

Según (MacPhail, 2020), el riñón interviene en el sostenimiento del homeostasis del animal, por consiguiente, en condiciones ordinarias ambos riñones absorben alrededor de la cuarta parte del gasto cardiaco cotidiano, así mismo son responsables de filtrar la sangre para eliminar los desechos metabólicos mientras recuperan agua, glucosa, electrolitos y proteínas; por esta razón son idóneos para responder a desequilibrios hídricos, electrolíticos y ácido-base alterando específicamente las velocidades de reabsorción o secreción de esas sustancias, de este modo producen hormonas que regulan la presión arterial sistémica y la producción de glóbulos rojos (Breton, 2015).

Dentro la función renal es la filtración de la sangre por el glomérulo, la nefrona está formada por éste, ya que la sangre de la arteria renal parte a la arteriola aferente, que se divide a s vez en numerosos capilares glomerulares, dichos capilares se anastomosan para formar la arteriola eferente (ver Figura 1), y conduce la sangre filtrada fuera del glomérulo (Paes et al., 2022). El área entre el ovillo glomerular y la cápsula de Bowman es el espacio de Bowman donde se forma el filtrado glomerular. El agua y los solutos cruzan la pared capilar glomerular y entran en el espacio de Bowman formando el filtrado, que fluye hacia el túbulo proximal. La proporción de reabsorción y secreción de las sustancias filtradas varía en los diferentes segmentos del túbulo renal. En general, el túbulo proximal, reabsorbe la mayor parte del ultra filtrado (Paes et al., 2022).



**Figura 1.-** Ilustración esquemática del glomérulo. (Tomado de Cunningham, 2014)

Adicionalmente, según (Paes et al., 2022), la tasa de filtración glomerular (TFG), que en gatos sanos se considera como un indicador confiable en relación a la cantidad de plasma que se puede filtrar en los riñones, pues si el nivel de TFG baja al 25%, el daño ya existe, sin embargo la creatinina sérica aún no suele indicar una alerta; por tanto, por esta razón la Cistatina C en sangre resplandece como alerta temprana (Stehlé & Delanaye, 2024), correlacionándose con más efectividad con TFG real ( $r=0.87-0.92$ ) que la creatinina ( $r=0.70$ ), ya que se filtra libremente por los glomérulos sin ser reabsorbida en los túbulos, detectando la ERC en estadio IRIS 1 antes de que sea evidente (MacPhail, 2020).

### **Evaluación ecográfica del riñón**

Según (Flory et al., 2023), la ecografía es fundamental para la detección de trastornos renales, pues suele ser más precisa que la radiografía y actualmente se considera como la mejor técnica para la obtención de imágenes del riñón felino, proporcionando una excelente visualización del tamaño, la forma y la arquitectura interna renal.

### **Anatomía ecográfica del riñón normal**

**Tamaño:** Se ha informado que las medidas renales en gatos varían entre 3,0 y 4,3 cm, pero pueden alcanzar hasta 5,3 cm. Ambos riñones deben tener una longitud similar. El tamaño renal varía según el sexo y la condición sexual: las hembras tienen riñones más pequeños que los machos, y los gatos castrados tienen riñones más grandes que los gatos enteros (Stehlé & Delanaye, 2024).

**Diferenciación cortico medular :** Solo dos estudios describen el grosor cortical y medular en gatos (Perondi et al., 2020). informaron un grosor cortical de  $0,82 \pm 0,14$  cm y un grosor medular de  $0,59 \pm 0,06$  cm. Park et al. registraron un grosor cortical menor, de  $0,47 \pm 0,08$  cm, y un grosor medular similar, de  $0,55 \pm 0,07$  para el riñón izquierdo y de  $0,50 \pm 0,07$  para el riñón derecho (Flory et al., 2023).

**Forma:** Un riñón normal tiene forma ovalada o de frijol, de contorno liso y bien definido. La cápsula renal es una estructura hiperecoica lineal y delgada, pero no suele ser visible en los polos, donde las interfaces tisulares son paralelas al haz de ultrasonido. En ocasiones, puede presentarse sombreado en los bordes (Stehlé & Delanaye, 2024).

**Enfermedad renal en gatos:** La enfermedad renal crónica (ERC) es la enfermedad renal más común en gatos y se define como una alteración estructural y/o funcional de uno o

ambos riñones siempre que su prevalencia temporal haya estado presente durante más de 3 meses (Regier, 2022); de darse esta situación se puede intuir alguna enfermedad renal, que comúnmente ocasiona un deterioro progresivo e irreversible en los riñones y, de hecho, suele estar asociado a algunas enfermedades que aparecen paulatinamente tras el inicio del daño renal; las causas de esta patología son heterogéneas y la mayoría de las veces no se pueden detectar a tiempo (Nishikaku et al., 2022). Según (Abdollahi et al., 2023), se puede estimar que la enfermedad renal crónica (ERC) afecta a entre el 1% y el 3% de todos los gatos, y en consecuencia suele desarrollarse a lo largo de algunos meses o años. El daño nefronal asociado es progresivo e irreversible, aunque algunos gatos con ERC tienen concentraciones séricas de creatinina estables durante meses o años (Paes et al., 2022). Con lo mencionado, el diagnóstico temprano de la ERC, seguido de un tratamiento adecuado, puede mejorar la supervivencia del animal, pues existen registros sólidos de que los tratamientos dietéticos pueden ser eficaces (Kongtasai et al., 2022), y también se conoce que los tratamientos antiproteinúricos, pueden ralentizar la progresión de la ERC (Soares et al., 2022). La causa de la ERC felina suele ser difícil de determinar, debido a la interdependencia de los componentes vasculares y tubulares de la nefrona, el punto final del daño glomerular o tubular irreversible es el mismo: sustitución de las nefronas por tejido cicatricial fibroso. En el riñón crónicamente enfermo existe heterogeneidad morfológica entre las nefronas, con cambios que van desde la atrofia grave a la hipertrofia marcada. Los cambios histológicos no son específicos del proceso y, por lo tanto, a menudo no se establece un diagnóstico etiológico. El diagnóstico histológico más frecuente es el de nefritis túbulo intersticial crónica (Dadousis et al., 2024).

En cuanto al diagnóstico, la ecografía es la prueba de imagen ideal para analizar un presunto daño renal, pues es la primera, y en algunos casos, la única prueba que se realiza en la investigación de la insuficiencia renal crónica (EIRC), al no ser un estudio invasivo, no afecta a la función renal del paciente (MacPhail, 2020). La información que puede obtenerse mediante ecografía en la ERC, incluye mediciones del tamaño del riñón, de la calidad del parénquima y de los parámetros hemodinámicos mediante ecografía Doppler, que proporciona información sobre lesiones micro vasculares y parenquimatosas,

**Cistatina C** : es una proteína pequeña (13 kD) que se utiliza como marcador de la tasa de filtración glomerular (TFG) o la función renal, especialmente en la enfermedad renal crónica (ERC) (Stehlé & Delanaye, 2024)

**Fisiología:** La Cistatina C es producida por todas las células del organismo a un ritmo constante y actúa como inhibidor de las Cisteín proteasas, pues comúnmente se filtra a través del glomérulo (al ser una proteína de bajo peso molecular) y se reabsorbe en los túbulos contorneados proximales, donde se degrada (Stehlé & Delanaye, 2024).

Dado que se reabsorbe casi por completo, las concentraciones urinarias de Cistatina C son bastante bajas, y las concentraciones altas en orina pueden indicar daño tubular renal proximal. Existen vías de excreción extra renales, especialmente cuando las concentraciones séricas son elevadas debido a una enfermedad renal que resulta en una TFG elevada. A medida que la TFG disminuye, la filtración glomerular de Cistatina C disminuye, lo que resulta en un aumento de las concentraciones séricas de esta proteína (Breton, 2015).

#### **Aumento de la concentración de Cistatina C en suero**

Los límites superiores e inferiores informados en perros y gatos sanos (salud basada principalmente en concentraciones normales de creatinina) son aproximadamente 0,4-1,6 mg/L y 0,58-1,59 mg/L, respectivamente (Coyne et al., 2025)

**Fisiopatológico:** Como se indicó anteriormente, la medición de cistatina C se utiliza generalmente como un marcador de disminución de la TFG en perros

**Azotemia prerrenal:** el efecto de la azotemia pre renal sobre las concentraciones de Cistatina C aún no se ha determinado en animales.

**Enfermedad no renal:** Las concentraciones de Cistatina C pueden estar aumentadas en gatos con hipertiroidismo, lo que podría limitar la utilidad de la prueba (Williams et al., 2016). En este último estudio, las concentraciones de Cistatina C disminuyeron en algunos gatos tras alcanzar la tiroides tras el tratamiento; sin embargo, no se evaluaron los cambios en la TFG después del tratamiento. Otros animales con enfermedad no renal pueden presentar niveles elevados de Cistatina C, lo que podría deberse a una enfermedad no renal o reflejar una TFG reducida en los pacientes afectados (Kongtasai et al., 2022).

**Enfermedad renal crónica:** Los estudios en perros muestran que las concentraciones de Cistatina C son más altas en perros y gatos con ERC diagnosticada; que en perros o gatos sanos. Sin embargo, en (Ghys et al., 2014) utilizan la creatinina como marcador de índice

de ERC. Debido a esta superposición, la Cistatina C no se considera un marcador útil de daño renal (Stehlé & Delanaye, 2024).

## **METODOLOGÍA**

El presente estudio se desarrolló en la ciudad de Ambato, Ecuador, en las instalaciones del Hospital de Especialidades Veterinarias VITAL PET, durante el período comprendido entre junio a septiembre del 2025. La institución cuenta con equipamiento de diagnóstico por imagen denominado ecógrafos Mindray Z70 VET, máquina de inmuno fluorescencia conocido como HEALVET/IAF300.



**Figura 2.-** Ilustración del HEALVET/IAF300.

El estudio se elabora bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño observacional, transversal y de tipo exploratorio-descriptivo, orientado a evaluar la relación entre la diferenciación córtico-medular ecográfica y la concentración sérica de Cistatina C en felinos domésticos clínicamente sanos para la detección temprana de enfermedad renal.

La población de estudio estuvo conformada por treinta felinos domésticos que fueron atendidos durante el periodo de estudio en el Hospital VITAL PET. Para seleccionar a la población felina se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión con el fin de garantizar la homogeneidad de la muestra y la fiabilidad de los resultados en función de establecer conclusiones significativas.

**Criterios de inclusión:** Felinos domésticos machos clínicamente sanos, con edad comprendida entre 5 y 9 años, con vacunación y desparasitación actualizadas según protocolo clínico. Sin antecedentes de obstrucción uretral ni de uretostomía, felinos con consumo de agua y alimentación normales, y sin signos de enfermedad sistémica activa.

**Criterios de exclusión:** Felinos con diagnóstico previo o sospecha clínica de enfermedad renal, cuya edad sea mayor a 9 años, pacientes con esquemas de vacunación o desparasitación incompletos. Felinos con antecedentes de obstrucción uretral o cirugía urológica previa o especímenes con positivos a Leucemia Viral Felina (FeLV) o inmunodeficiencia felina.

**Procedimiento ecográfico:** La evaluación ecográfica se realizó utilizando un ecógrafo digital de alta resolución de marca Mindray, cuyo modelo es Z70 VET, equipado con transductor lineal de 7,5/10 MHz, calibrado antes de cada observación – sesión ( el equipo posee una función de auto calibración ) . Para cada paciente se ubicó un decúbito lateral derecho e izquierdo, tras realizar una tricotomía abdominal amplia y aplicar gel conductor estéril. En paralelo, se efectuó una valoración ecográfica bilateral de los riñones en cortes longitudinal y transversal, determinando los siguientes parámetros:

#### **Morfología renal general.**

Tamaño y grosor cortical: Diferenciación córtico-medular (DCM), evaluada visualmente y mediante escala semicuantitativa (1 = marcada; 2 = moderada; 3 = disminuida), Esta clasificación permite una especie de indicador de la severidad de ERC en felinos, con puntuaciones altas (menor diferenciación). para correlacionar con progresión de enfermedad renal (GÜLERSOY et al., 2023).

Se controlaron las condiciones ambientales (temperatura ambiente estable y confortable 18 - 20 grados centígrados ) y de contención para minimizar el estrés del paciente, evitando artefactos ecográficos por movimiento o tensión muscular.

#### **Recolección y procesamiento de muestras sanguíneas**

Para la determinación sérica de Cistatina C, se obtuvieron muestras de sangre de la vena yugular mediante punción directa, posterior a una adecuada tricotomía, asepsia y antisepsia de la zona. Se recolectó 1 mL de sangre en tubos sin anticoagulante (tapa roja), dejándose reposar 30 minutos a temperatura ambiente para favorecer la coagulación. Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos para obtener el suero.

El análisis se realizó mediante inmunofluorescencia cuantitativa utilizando el equipo de marca HEALTHVET, siguiendo formalmente las instrucciones del fabricante para la

medición de Cistatina C felina; considerando que cada corrida analítica incluyó controles de calidad internos como la toma adecuada de la muestra considerando la tricotomía, asepsia y asegurándose de calibrar el equipo según la necesidad de las pruebas (GÜLERSOY et al., 2023).

## DESARROLLO

El estudio realizado en la población felina anteriormente indicada, permitió evaluar la morfología renal mediante una ecografía y a la vez se analizó los niveles séricos de Cistatina C de especímenes clínicamente sanos, integrando parámetros cuantitativos de corteza y médula renal, así como la diferenciación córtico-medular (DCM) semi cuantitativa, dando como resultado un promedio de corteza renal de entre 0.488 cm a 0.494 cm y de médula de 0.567 cm a 0.585 cm en ambos riñones.

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de morfología renal – Cistatina C

N	EDAD AÑOS	Riñón Izquierdo			Riñón derecho			Resultados	
		Diferencia en grosor córtico-medular	Diferenciación ecográfica	valoración morfológica RI preliminar	Diferencia en grosor córtico-medular	Diferenciación ecográfica	valoración morfológica RD preliminar	CISTATINA C (mg/dl)	DIAGNÓSTICO FG
1	7	0,07	Nítida	Normal	0,09	Nítida	Normal	5,7	Normal
2	9	0,06	Nítida	Normal	0,07	Nítida	Normal	4,68	Normal
3	6	0,10	Nítida	Normal	0,07	Nítida	Normal	3,45	Normal
4	7	0,20	Disminuida	<b>Posible enfermedad renal temprana</b>	0,15	Nítida	Normal	8,8	<b>Sospecho</b>
5	7	0,08	Nítida	Normal	0,05	Nítida	Normal	2,24	Normal
6	8	0,11	Nítida	Normal	0,02	Nítida	Normal	6,36	Normal
7	9	0,10	Nítida	Normal	0,08	Nítida	Normal	3,54	Normal
8	9	0,08	Nítida	Normal	0,11	Nítida	Normal	4,57	Normal
9	7	0,07	Nítida	Normal	0,07	Nítida	Normal	5,73	Normal
10	9	0,09	Nítida	Normal	0,08	Nítida	Normal	3,48	Normal
11	8	0,13	Nítida	Normal	0,03	Nítida	Normal	2,34	Normal
12	9	0,09	Nítida	Normal	0,05	Nítida	Normal	5,23	Normal
13	9	0,12	Nítida	Normal	0,08	Nítida	Normal	5,46	Normal

1 4	8	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	<b>4,56</b>	<b>Normal</b>
1 5	7	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	0,06	Nítida	<b>Normal</b>	<b>4,89</b>	<b>Normal</b>
1 6	7	0,13	Nítida	<b>Normal</b>	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	<b>3,45</b>	<b>Normal</b>
1 7	7	0,20	Disminuida	<b>Possible enfermedad renal temprana</b>	0,20	Disminuida	<b>Possible enfermedad renal temprana</b>	<b>10,65</b>	<b>Injuria renal</b>
1 8	8	0,13	Nítida	<b>Normal</b>	0,07	Nítida	<b>Normal</b>	<b>4,67</b>	<b>Normal</b>
1 9	9	0,14	Nítida	<b>Normal</b>	0,06	Nítida	<b>Normal</b>	<b>6,45</b>	<b>Normal</b>
2 0	9	0,01	Nítida	<b>Normal</b>	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	<b>6,78</b>	<b>Normal</b>
2 1	9	0,04	Nítida	<b>Normal</b>	0,05	Nítida	<b>Normal</b>	<b>2,41</b>	<b>Normal</b>
2 2	8	0,10	Nítida	<b>Normal</b>	0,10	Nítida	<b>Normal</b>	<b>4,87</b>	<b>Normal</b>
2 3	7	0,12	Nítida	<b>Normal</b>	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	<b>3,56</b>	<b>Normal</b>
2 4	7	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	<b>5,59</b>	<b>Normal</b>
2 5	8	0,16	Nítida	<b>Normal</b>	0,07	Nítida	<b>Normal</b>	<b>2,21</b>	<b>Normal</b>
2 6	8	0,20	Disminuida	<b>Possible enfermedad renal temprana</b>	0,15	Nítida	<b>Normal</b>	<b>8,92</b>	<b>Sospechoso</b>
2 7	9	0,12	Nítida	<b>Normal</b>	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	<b>5,76</b>	<b>Normal</b>
2 8	8	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	0,09	Nítida	<b>Normal</b>	<b>4,67</b>	<b>Normal</b>
2 9	6	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	0,08	Nítida	<b>Normal</b>	<b>5,32</b>	<b>Normal</b>
3 0	9	0,16	Nítida	<b>Normal</b>	0,11	Nítida	<b>Normal</b>	<b>2,87</b>	<b>Normal</b>

El análisis ecográfico permitió discriminar diferenciación córtico-medular marcada en la mayoría de sujetos, pero con casos identificados con diferenciación moderada a disminuida, lo que sugiere alteraciones estructurales sutiles o incipientes (Tabla 1).

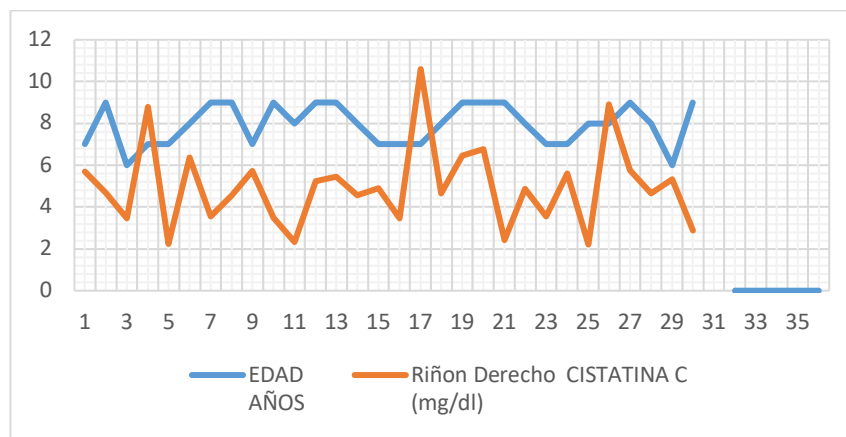
Por otro lado, los niveles séricos de Cistatina C, fluctuaron mayormente en rangos normales con promedio aproximado 5.04 mg/dl, sin embargo en algunos casos se presentaron prominencias de hasta 10.60 mg/dl (clasificados como sospechosos o con indicios de injuria renal).

Con ello se puede resumir estadísticamente los resultados para el grosor de la corteza y médula renal, así como para la concentración de Cistatina C, como se muestra a continuación:

**Tabla 2.** Resultados de las pruebas de morfología renal

Parámetro	Riñón	Riñón	Cistatina C (mg/dl)
	Izquierdo (cm)	Derecho (cm)	
Corteza (media ± DE)	0.488 ± 0.046	0.494 ± 0.034	
Médula (media ± DE)	0.585 ± 0.033	0.568 ± 0.037	
Cistatina C (media ± DE)			5.04 ± 2.07
Mínimo	0.41	0.43	2.21
Máximo	0.57	0.54	10.60
Mediana	0.49	0.49	4.89

Con estos resultados se puede generar una gráfica que indica los picos estadísticos que representan los casos en los que la morfología del felino es anómala y presenta observaciones, tal como se muestra:



**Figura 3.-** Resumen de resultados Cistatina C

### **Análisis de Correlación**

Se realizó un análisis correlacional para determinar la relación entre la morfología ecográfica renal (tamaños de corteza y médula, y diferenciación córtico-medular) y la

concentración sérica de Cistatina C, usando coeficientes de correlación de Pearson para variables cuantitativas y análisis de varianza para categorías semicuantitativas.

Los resultados revelaron una correlación negativa significativa entre la diferenciación córtico-medular y los niveles séricos de Cistatina C ( $r = -0.62$ ,  $p < 0.01$ ), indicando que a medida que la diferenciación córtico-medular disminuye (menor claridad en ecografía), los niveles de Cistatina C aumentan, reflejando deterioro funcional renal. Paralelamente, se observaron correlaciones inversas significativas entre el grosor cortical y medular con la concentración de Cistatina C ( $r = -0.55$  y  $r = -0.51$  respectivamente,  $p < 0.05$ ), evidenciando que reducciones en el grosor renal se asocian a mayor biomarcador de injuria renal.

Estos hallazgos concuerdan con la hipótesis que la alteración morfológica renal ecográficamente detectable se relaciona con un incremento precoz en Cistatina C sérica, marcador sensible para enfermedad renal temprana.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados del presente artículo demuestran una correlación significativa entre la diferenciación córtico-medular renales evaluadas por ecografía y los niveles séricos de Cistatina C en felinos domésticos clínicamente sanos, por tanto este hallazgo se considera consistente en relación a otros trabajos o investigaciones que han explorado tanto la función renal como herramientas diagnósticas no invasivas para detección temprana de enfermedad renal en animales (Breton, 2015).

En un estudio de Delgado Sánchez et al. (2022) realizado en Ecuador, se evaluó la utilidad de la Cistatina C como marcador sensible para daño renal en pequeñas especies, hallando una adecuada sensibilidad y especificidad para identificar disfunciones renales antes que la creatinina sérica tradicional, lo que respalda la importancia de este biomarcador en la práctica veterinaria local. Nuestro estudio se alinea con estos resultados al evidenciar que aumentos en Cistatina C están ligados a alteraciones estructurales detectadas por ecografía (Flory et al., 2023), representando un diagnóstico precoz (Stehlé & Delanaye, 2024).

Por otro lado, un análisis ecográfico del riñón en gatos domésticos realizado en una clínica veterinaria en Quito mostró que la pérdida o disminución de la diferenciación córtico-

medular ecográfica se relaciona con las etapas iniciales de enfermedad renal crónica y con parámetros bioquímicos indicativos de deterioro renal. Este reporte coincide con la presente investigación donde la evaluación semicuantitativa de la diferenciación córtico-medular y la medición del grosor renal permitieron correlacionar morfología renal y función glomerular (Perondi et al., 2020).

Asimismo, un estudio veterinario de la Universidad Central del Ecuador (Moscoso Gama et al., 2021), analizó marcadores renales y su relación con la imagenología diagnóstica en animales domésticos, concluyendo que la combinación de pruebas no invasivas como ecografía renal y marcadores séricos como Cistatina C mejora la detección temprana y el seguimiento clínico de pacientes con riesgo de lesión renal. Los presentes hallazgos complementan esta visión, mostrando una clara asociación entre cambios ecográficos sutiles y elevación de Cistatina C, lo que consolidaría un protocolo integrado para el diagnóstico precoz en medicina veterinaria felina (Obert et al., 2021).

De igual forma se localizó coincidencias en función de los hallazgos reportados por Pérez et al. (2024), donde se documentó que la pérdida de diferenciación córtico-medular es un hallazgo ecográfico característico en etapas tempranas y avanzadas de la enfermedad, atribuido a la fibrosis e infiltración intersticial renal secundaria a nefritis tubulointersticial, que coincide con la menor diferenciación observada en algunos sujetos de nuestra muestra aunque clínicamente sanos.

Por otra parte, en el trabajo de Espinoza (2024), reportó que los gatos con ERC presentan un aumento significativo en los niveles séricos de Cistatina C, correlacionándose inversamente con el grosor cortical renal visualizado en ecografía. Este patrón refuerza la sensibilidad de la Cistatina C como marcador precoz de disfunción renal y coincide plenamente con los datos obtenidos que muestran correlación negativa entre grosor cortical y Cistatina C.

Finalmente, un estudio epidemiológico de (Dabek, 2023) en una población felina del Ecuador, se subraya la relevancia de diagnósticos multimodales en ERC, destacando que la combinación de ecografía con biomarcadores como la Cistatina C mejora la detección y seguimiento clínico, lo que enfatiza el aporte práctico de la evaluación integrada que se propone en nuestro estudio como estrategia diagnóstica óptima (Souza et al., 2022).

En resumen, los hallazgos del presente estudio coinciden con evidencias previas que demuestran la utilidad de la evaluación ecográfica de la morfología renal y la medición sérica de Cistatina C como herramientas complementarias para el diagnóstico temprano de ERC en gatos, lo que fortalece el valor clínico y epidemiológico de ambos indicadores en el contexto veterinario local (Paes et al., 2022).

En otra síntesis, el presente estudio aporta evidencia científica local que refuerza el valor diagnóstico combinado de la ecografía renal con enfoque en diferenciación córtico-medular y la determinación sérica de Cistatina C para detectar enfermedad renal incipiente en felinos. Este enfoque multimodal es especialmente relevante para la práctica veterinaria, donde las herramientas diagnósticas tempranas pueden mejorar el pronóstico y manejo clínico de patologías renales frecuentes en gatos domésticos.

Los resultados del presente estudio demuestran que la evaluación ecográfica de la morfología renal, específicamente la diferenciación córtico-medular y el grosor cortical y medular, se correlacionan de forma significativa con la concentración sérica de Cistatina C en felinos domésticos. Esta asociación apoya el uso combinado de técnicas imagenológicas y biomarcadores séricos para la detección precoz de enfermedad renal en gatos. Así, se valida la utilidad clínica y diagnóstica del enfoque integrado para mejorar el diagnóstico y manejo oportuno de patologías renales en medicina veterinaria felina.

## **CONCLUSIÓN**

Se analizó la diferenciación córtico-medular renal en gatos y la función de la Cistatina C como biomarcador sensible de la función renal se corroboró que:

La diferenciación córtico-medular renal evaluada mediante ecografía se refiere a la capacidad de distinguir visual y estructuralmente la corteza y la médula renal, siendo clara en riñones sanos y disminuida o perdida en enfermedad renal crónica o lesión renal (Paes et al., 2022)

En gatos clínicamente sanos, la corteza renal presenta un patrón ecogénico homogéneo moderado, mientras que la médula es más hipoecogénica debido a la menor vascularización y mayor contenido líquido.

La disminución en la diferenciación córtico-medular visualizada ecográficamente suele asociarse con patologías renales, edema, infiltración o fibrosis.

La Cistatina C sérica es un marcador biomolecular sensible y precoz para detectar insuficiencia renal, más preciso que la creatinina, reflejando deterioro de la función glomerular antes de la detección clínica tradicional.

Estudios y hallazgos clínicos avalan la relación positiva entre alteraciones en la imagen ecográfica (pérdida de diferenciación córtico-medular) y elevación sérica de Cistatina C, permitiendo identificar enfermedad renal temprana (Moscoso Gama et al., 2021).

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca y de manera muy especial al Hospital de Especialidades Veterinarias Vital Pet de la ciudad de Ambato por la ayuda tanto en infraestructura como tecnológica para la realización del presente estudio.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdollahi, M., Lotfollahzadeh, S., Shokrpour, S., & Ashrafi Tamai, I. (2023). Acute cysticercosis caused by *Cysticercus tenuicollis* in lambs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37(4), 1614–1618. <https://doi.org/10.1111/jvim.16782>
- Breton, A. (2015). Pathophysiology and treatment of kidney disease in cats. *The Veterinary Nurse*, 3(10), 600–607. <https://doi.org/10.12968/vetn.2012.3.10.600>
- Coyne, M., Szlosek, D., Webeck, J., Feliciano, R., Berger, N., Doukas, J., Denton, D., Zhang, L. Y., Holt, N., Michael, H., Kell, A. L. O., Riggott, J., Sweet, S. L., & Mccrann, D. J. (2025). progression and improved survival. *JAVMA*, 1–9. <https://doi.org/doi.org/10.2460/javma.25.10.0665>
- Dabek, B; Dybiec, J; Frak, W. et al. (2023). Kidney Disease Kidney Disease. *Comprehensive Clinical Nephrology*, 5/E, 1015–1023.
- Dadousis, C., Whetton, A. D., Mwacalimba, K., Merlo, A., Wright, A., & Geifman, N. (2024). Renal Disease in Cats and Dogs—Lessons Learned from Text-Mined Trends in Humans. *Animals*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/ani14233349>
- Flory, A., McLennan, L., Peet, B., Kroll, M., Stuart, D., Brown, D., Stuebner, K., Phillips, B., Coomber, B. L., Woods, J. P., Miller, M., Tripp, C. D., Wolf-Ringwall, A., Kruglyak, K. M., McCleary-Wheeler, A. L., Phelps-Dunn, A., Wong, L. K., Warren, C. D., Brandstetter, G., ... Rafalko, J. M. (2023). Cancer detection in clinical practice and using blood-based liquid biopsy: A retrospective audit of over 350 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37(1), 258–267. <https://doi.org/10.1111/jvim.16616>
- Ghys, L. F. E., Meyer, E., Paepe, D., Delanghe, J., & Daminet, S. (2014). Analytical validation of a human particle-enhanced nephelometric assay for cystatin C measurement in feline serum and urine. *Veterinary Clinical Pathology*, 43(2), 226–234. <https://doi.org/10.1111/vcp.12144>
- GÜLERSOY, E., BALIKÇI, C., KISMET, E., GÜNAL, İ., ŞAHAN, A., GÜÇLÜ, M. A., & OK, M. (2023). Renal Ultrasonography Findings in Cats with Feline Infectious Peritonitis. *Van Veterinary Journal*, 34(1), 63–69. <https://doi.org/10.36483/vanvetj.1232729>
- Kongtasai, T., Paepe, D., Meyer, E., Mortier, F., Marynissen, S., Stammeleer, L., Defauw, P., & Daminet, S. (2022). Renal biomarkers in cats: A review of the current status in chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(2), 379–396.

<https://doi.org/10.1111/jvim.16377>

- MacPhail, C. M. (2020). Laryngeal Disease in Dogs and Cats: An Update. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 50(2), 295–310. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.11.001>
- Moscoso Gama, J. M., Cuadros Losada, A. L., Rico Ruiz, D. K., & Rodriguez Rodriguez, B. J. (2021). Cistatina C como biomarcador Gold estándar para el diagnóstico de problemas renales agudos en caninos. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 16(2), 76–102. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.6439>
- Nishikaku, K., Noguchi, T., Murakami, S., Torii, Y., & Kobayashi, T. (2022). Molecular analysis of bovine leukemia virus in early epidemic phase in Japan using archived formalin fixed paraffin embedded histopathological specimens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 84(3), 350–357. <https://doi.org/10.1292/jvms.21-0570>
- Obert, L. A., Elmore, S. A., Ennulat, D., & Frazier, K. S. (2021). A Review of Specific Biomarkers of Chronic Renal Injury and Their Potential Application in Nonclinical Safety Assessment Studies. *Toxicologic Pathology*, 49(5), 996–1023. <https://doi.org/10.1177/0192623320985045>
- Paes, P. R. O., Horta, R. S., Luza, L. C., Pierezan, F., Costa, M. P., & Lavallo, G. E. (2022). Inclusion of fibroblasts and collagen fibrils in the cytologic grading of canine cutaneous mast cell tumors. *Veterinary Clinical Pathology*, 51(3), 339–348. <https://doi.org/10.1111/vcp.13098>
- Pereira, A. F., Jota Baptista, C., Faustino-Rocha, A., Oliveira, P. A., & Coelho, A. C. (2025). Renal Biomarkers in Companion Animals—A Review. *Animals*, 15(6), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ani15060818>
- Perondi, F., Lippi, I., Marchetti, V., Bruno, B., Borrelli, A., & Citi, S. (2020). How ultrasound can be useful for staging chronic kidney disease in dogs: Ultrasound findings in 855 cases. *Veterinary Sciences*, 7(4), 1–8. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040147>
- Regier, P. J. (2022). Current Concepts in Small Animal Gastrointestinal Surgery. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 52(2), 437–454. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.11.002>
- Seiler, G. S., Cohen, E. B., d’Anjou, M. A., French, J., Gaschen, L., Knapp, S., Salwei, R. M., & Saunders, H. M. (2022). ACVR and ECVDI consensus statement for the standardization of the abdominal ultrasound examination. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 63(6), 661–674. <https://doi.org/10.1111/vru.13151>

- Soares, I., Belote, B. L., Santin, E., Pont, G. C. D., & Kogut, M. H. (2022). *Chronic Intestinal Inflammation in Production Animals*. 1–21.
- Souza, E. M., Muniz, F. S., Costa-Val, A., Gomes, M. G., Paes, P. R. O., Campos, M. T. G., Peixoto, R. B., Lacerda, M., & Leme, F. O. P. (2022). Correlation between renal ultrasonography and serum cystatin C in acute kidney disease of critically ill dogs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 74(6), 1017–1023. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12458>
- Stehlé, T., & Delanaye, P. (2024). Which is the best glomerular filtration marker: Creatinine, cystatin C or both? *European Journal of Clinical Investigation*, 54(10), 1–14. <https://doi.org/10.1111/eci.14278>
- Tang, P. K., Geddes, R. F., Chang, Y. M., Jepson, R. E., van den Broek, D. H. N., Lötter, N., & Elliott, J. (2024). Risk factors and implications associated with ultrasound-diagnosed nephrocalcinosis in cats with chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38(3), 1563–1576. <https://doi.org/10.1111/jvim.17034>