

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN MEDICINA VETERINARIA, MENCIÓN EN CLÍNICA Y CIRUGÍA DE PEQUEÑAS ESPECIES COHORTE 2023

**Evaluación de diferentes dietas ácido-básicas sobre la salud renal en conejos
(*Oryctolagus cuniculus*)**

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister
en Medicina Veterinaria, Mención en Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies

Modalidad del Trabajo de Titulación: Trabajo de investigación

Autor: MVZ. Augusto Iván Tello Arellano

Directora: MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio, Mg.

Ambato – Ecuador

2026

A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPEGUARIAS

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Carlos Luis Vásquez Freytez, PhD, e integrado por los señores: Ingeniero Oscar Patricio Núñez Torres, PhD. y la MVZ Diana Fernanda Avilés Esquivel, PhD, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “**Evaluación de diferentes dietas ácido-básicas sobre la salud renal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*)**” elaborado y presentado por el señor MVZ. Augusto Iván Tello Arellano, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Medicina Veterinaria, Mención en Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Carlos Luis Vásquez Freytez, PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Oscar Patricio Núñez Torres, PhD
Miembro del Tribunal

MVZ. Diana Fernanda Avilés Esquivel, PhD
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “**Evaluación de diferentes dietas ácido-básicas sobre la salud renal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*)**”, le corresponde exclusivamente a: MVZ. Augusto Iván Tello Arellano, Autor bajo la Dirección de la MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio, Mg., Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

MVZ. Augusto Iván Tello Arellano

c.c.: 0502339237

AUTOR

MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio, Mg.

c.c.: 0502366552

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

MVZ. Augusto Iván Tello Arellano
c.c.: 0502339237

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	xii
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes investigativos	6
2.2. Fundamentación científica.....	13

2.2.1.	El conejo como modelo en estudios nutricionales	13
2.2.2.	Anatomía y fisiología renal del conejo	14
2.2.3.	Aditivos ácido-básicos y su relación con la dieta	16
2.2.4.	Influencia de la dieta sobre la salud renal en conejos	17
2.2.5.	Análisis fisicoquímico de la orina como indicador de salud renal.....	19
2.2.6.	Evaluación histológica renal como complemento diagnóstico	20
2.2.7.	Enfoque costo-beneficio en la evaluación de dietas	22
CAPÍTULO III		23
MARCO METODOLÓGICO		23
3.1.	Lugar de investigación, ubicación	23
3.2.	Tipo de investigación	23
3.3.	Prueba de Hipótesis	24
3.4.	Población o muestra	24
3.5.	Tratamientos	24
3.6.	Recolección de información	27
3.6.1.	Recolección de muestra para uroanálisis	27
3.6.2.	Análisis histológico de los riñones.....	29
a.	Procedimiento de necropsia	29
b.	Preparación de las muestras	29
c.	Evaluación de alteraciones renales.....	29
3.6.3.	Cálculo de costos.....	34
3.7.	Procesamiento de la información y análisis estadístico	35
3.8.	Variables respuesta	35
CAPÍTULO IV		36

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.2. Cualidades físicas y químicas de la orina de conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación mediante el uso de tirillas reactivas	36
4.2.1. Características físicas de la orina	36
4.2.2. Características químicas de la orina	38
4.3. Análisis histológico de las posibles alteraciones renales en conejos sometidos a distintos tipos de dietas alimenticias	59
4.4. Costo-beneficio.....	71
CAPÍTULO V	74
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS.	74
5.1. Conclusiones.....	74
5.2. Recomendaciones.....	75
5.3. Bibliografía.....	76
5.4. Anexos.....	82
Anexo 1	82
Tabla para el registro de resultados del urianálisis y contenido de urea y creatinina en sangre.....	82
Anexo 3	84
Informe histopatológico de riñón de conejos	84
Anexo 4	85
Imágenes de recolección de muestras de sangre, orina y procedimiento ecográfico.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del estudio de sedimentos en orina	28
Tabla 2. Color y aspecto de la orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	37
Tabla 3. Comparación descriptiva de densidad urinaria y pH en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	39
Tabla 4. Comparación de marcadores químicos positivos en orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	40
Tabla 5. Comparación microscópica de la orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	43
Tabla 6. Comparación de cristales urinarios en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	44
Tabla 7. Efecto del tipo de alimentación sobre densidad urinaria y pH al final del experimento.....	57
Tabla 8. Asociación entre tipo de alimentación y marcadores químicos/microscópicos positivos al final del experimento	57
Tabla 9. Resumen histopatológico renal en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios.....	59
Tabla 10. Escala semicuantitativa de lesiones histopatológicas renales en conejos sometidos a diferentes tratamientos dietéticos	69
Tabla 11. Relación costo-beneficio de los tratamientos aplicados	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista macroscópica de los riñones derecho (RD) e izquierdo (RI) y su irrigación arterial a partir de la aorta abdominal (AA) en <i>Oryctolagus cuniculus</i> . Tomado de Santos-Sousa et al. (2015).....	15
Figura 2. Mapa de la provincia de Cotopaxi y ubicación de la parroquia San Miguel del Cantón Salcedo.	23
Figura 3. Elaboración de bloques de parafina con muestra histopatológica.....	30
Figura 4. Corte del bloque con micrótopo 31	31
Figura 5. Tejido en el molde con parafina líquida (A) y bloques preparados en la placa fría para su solidificación.....	31
Figura 6. Equipo de tinción automática de muestras histológicas.....	33
Figura 7. Microscopio con la preparación histológica (A) y observación microscópica de un corte histológico.....	33
Figura 8. Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa	47
Figura 9. Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza	48
Figura 10. Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza y ácido cítrico.....	49
Figura 11. Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza y carbonato de calcio	50
Figura 12. Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa.....	51
Figura 13. Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementado con melaza	52
Figura 14. Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementado con melaza y ácido cítrico	53
Figura 15. Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementado con melaza y carbonato de calcio.....	54

Figura 16. Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se observa infiltrado inflamatorio intersticial mononuclear focal, con conservación general de la arquitectura renal. Hematoxilina-eosina, 10x.	60
Figura 17. Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se evidencia dilatación tubular marcada con material eosinofílico intraluminal compatible con cilindros proteináceos. Hematoxilina-eosina, 10x.	61
Figura 18. Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se observa nefritis intersticial mononuclear moderada asociada a congestión vascular, sin evidencia de cristales intratubulares. Hematoxilina-eosina, 10x.	62
Figura 19. Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa arquitectura renal conservada con cambios leves compatibles con inflamación intersticial incipiente. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.	63
Figura 20. Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa infiltrado inflamatorio mononuclear leve, asociado a cambios túbulo-intersticiales, incluyendo dilatación tubular, tumefacción epitelial, cilindros proteináceos y congestión vascular. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.	63
Figura 21. Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa lesión túbulo-intersticial activa caracterizada por infiltrado inflamatorio mononuclear moderado, congestión vascular, dilatación tubular y cambios degenerativos del epitelio tubular. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.	64
Figura 22. Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y ácido cítrico. Se observa arquitectura tubular conservada, epitelio íntegro y ausencia de lesiones degenerativas o necróticas relevantes. Hematoxilina-eosina, 10x.	65
Figura 23. Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y ácido cítrico. Se observan glomérulos conservados y túbulos renales bien definidos,	

con arquitectura general preservada (A) y infiltrado inflamatorio intersticial mononuclear, asociado a ligera separación tubular y congestión vascular leve (B). Hematoxilina-eosina, 10x. 67

Figura 24. *Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y carbonato de calcio. Se observa proceso inflamatorio túbulo-intersticial moderado, con cambios reactivos del epitelio tubular, dilatación tubular discreta, material eosinofílico intraluminal y congestión vascular. Hematoxilina-eosina, 10x..... 68*

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato.

Al señor Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Dr. Carlos Vásquez, quien con su extraordinaria calidad humana y profesional ha estado siempre pendiente que los estudiantes cumplan con su objetivo anhelado.

A mi directora de tesis, la MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio Mg, por su guía, paciencia y valiosos conocimientos compartidos durante el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes de la maestría, por su sacrificio, dedicación y su invaluable aporte de conocimientos, que engrandecieron mi formación académica y profesional.

A mi querida familia por su amor infinito, su apoyo incondicional, comprensión y motivación permanente, que fueron fundamentales para culminar con este importante propósito en mi vida.

Finalmente quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos, con quienes compartimos conocimientos e inolvidables momentos, llenos de solidaridad y alegría durante el desarrollo de la maestría.

Augusto Iván Tello Arellano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo profesional a Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y ser la fuente de energía espiritual para seguir adelante en cada etapa de este camino académico.

A mi hijo Diego Francisco, la perla más preciosa que me ha dado la vida, el cual con su sonrisa resplandece como un maravilloso tesoro que vivifica día a día mi alma.

A mi querida sobrina Roxanita, que con sus ocurrencias y alegrías llena de luz y amor mi vida.

A mi madre Anita María, aunque ya no esté presente físicamente en esta vida, con su sabiduría y amor me enseñó a enfrentarme a mis miedos y creer siempre que con la ayuda de Dios todo es posible de alcanzarlo.

A mi padre Humberto, que siempre ha estado pendiente del bienestar de sus hijos apoyándonos en cada uno de los propósitos emprendidos.

A mis muy queridas hermanas: Maíto, Rosita y Arita. (Mis tres amores), Que sin su profundo amor de verdaderos hermanos y su apoyo incondicional no habría podido alcanzar este nuevo logro en mi vida.

Y finalmente a mi querido hermanito Diego, que por cosas de la vida no pudo ver la luz del mundo, siempre es el lucero que ilumina mi vida y guía mi caminar.

Augusto Iván Tello Arellano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN MEDICINA VETERINARIA
COHORTE 2023

TEMA: *EVALUACIÓN DE DIFERENTES DIETAS ÁCIDO-BÁSICAS SOBRE LA SALUD RENAL EN CONEJOS (ORYCTOLAGUS CUNICULUS)*

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Trabajo de investigación

AUTOR: MVZ. Augusto Iván Tello Arellano

DIRECTORA: MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio, Mg.

FECHA:

RESUMEN EJECUTIVO

La salud renal en conejos está estrechamente relacionada con la composición nutricional de la dieta por lo que alteraciones prolongadas en la composición de la dieta pueden modificar las características fisicoquímicas de la orina y predisponer a trastornos urinarios y renales. En este contexto, el estudio tuvo como objetivo evaluar diferentes dietas ácido-básicas y su efecto sobre la salud renal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*). La investigación incluyó 36 conejos mestizos, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos dietéticos: un grupo control alimentado con concentrado comercial y alfalfa *ad libitum* (T0); un grupo suplementado con melaza de caña (T1); un grupo suplementado con melaza de caña y ácido cítrico (T2); y un grupo suplementado con melaza de caña y carbonato de calcio (T3). Se realizaron evaluaciones fisicoquímicas y microscópicas de la orina mediante tirillas reactivas y análisis de sedimento urinario, además de determinaciones séricas de urea y creatinina. Complementariamente, se efectuaron estudios histológicos renales mediante tinciones de hematoxilina-eosina, PAS y tricrómico de Masson. Finalmente, se realizó un análisis costo-beneficio de cada tratamiento. Las dietas evaluadas provocaron modificaciones en las características urinarias y en algunos indicadores bioquímicos relacionados con la función renal. Los tratamientos acidificante y alcalinizante produjeron variaciones en el pH urinario, densidad y presencia de sedimentos minerales. Histológicamente, se observaron alteraciones leves compatibles con

adaptación metabólica renal. Desde el punto de vista económico, todos los tratamientos fueron viables; sin embargo, la suplementación con melaza de caña presentó la mejor eficiencia costo-beneficio. Los tratamientos dietarios se asociaron con cambios descriptivos en algunos indicadores urinarios e histológicos; sin embargo, no se demostraron diferencias significativas para pH y densidad urinaria. Los hallazgos sugieren que los desequilibrios prolongados podrían favorecer alteraciones subclínicas del tracto urinario.

DESCRIPTORES: CONEJOS, SALUD RENAL, DIETAS ÁCIDO-BÁSICAS, UROANÁLISIS, HISTOPATOLOGÍA RENAL, NUTRICIÓN ANIMAL, *ORYCTOLAGUS CUNICULUS*.

*EVALUATION OF DIFFERENT ACID-BASE DIETS ON RENAL HEALTH IN
RABBITS (ORYCTOLAGUS CUNICULUS)*

DEGREE MODALITY: Research Project

AUTHOR: MVZ. Augusto Iván Tello Arellano

ADVISOR: MVZ. Blanca Jeaneth Villavicencio Villavicencio, Mg.

DATE:

ABSTRACT

Renal health in rabbits is closely related to the nutritional composition of the diet; therefore, prolonged alterations in dietary composition can modify the physicochemical characteristics of urine and predispose rabbits to urinary and renal disorders. In this context, the objective of this study was to evaluate different acid-base diets and their effect on renal health in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). The study used 36 mixed-breed rabbits, randomly assigned to four dietary treatments: a control group fed commercial concentrate and alfalfa *ad libitum* (T0); a group supplemented with sugarcane molasses (T1); a group supplemented with sugarcane molasses and citric acid (T2); and a group supplemented with sugarcane molasses and calcium carbonate (T3). Physicochemical and microscopic evaluations of urine were performed using reagent strips and urinary sediment analysis, in addition to serum urea and creatinine determinations. Complementary renal histological studies were carried out using hematoxylin-eosin, PAS, and Masson's trichrome stains. Finally, a cost-benefit analysis was performed for each treatment. The diets evaluated caused changes in urinary characteristics and in some biochemical indicators related to renal function. The acidifying and alkalinizing treatments produced variations in urinary pH, specific gravity, and the presence of mineral sediments. Histologically, mild alterations compatible with renal metabolic adaptation were observed. From an economic standpoint, all treatments were viable; however, supplementation with sugarcane molasses showed the best cost-benefit efficiency. Dietary treatments were associated with descriptive changes in several urinary and histological indicators; however, no

significant differences were detected in urinary pH or urine specific gravity. Our findings suggest that prolonged imbalances could promote subclinical alterations of the urinary tract.

KEYWORDS: RABBITS, RENAL HEALTH, ACID-BASE DIETS, URINALYSIS, RENAL HISTOPATHOLOGY, ANIMAL NUTRITION, *ORYCTOLAGUS CUNICULUS*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es criado con propósitos muy diferentes desde la producción de carne, con fines científicos para la investigación en medicina humana y veterinaria (Fels et al., 2024).

En años recientes, se ha observado un incremento en el número de consultas para atención de rutina y de emergencia en clínicas veterinarias (Brandão et al., 2020). Entre los principales problemas de salud en conejos se incluyen las enfermedades que afectan el aparato urinario, las cuales pueden ser originadas no solo por los cambios en los hábitos de ingesta de agua y la micción, sino también porque existe una predisposición de esta especie a sufrir problemas del tracto urinario (Smith, 2021).

A diferencia de la mayoría de los demás mamíferos, los riñones en conejos son unipapilados (una papila y un cáliz se unen directamente en el uréter) y se encuentran en el espacio retroperitoneal, con el riñón derecho ubicado en la zona dorsal del abdomen, detrás de las costillas, mientras que el riñón izquierdo se encuentra más caudalmente (Smith, 2021a). En consecuencia, el perineo es una zona extremadamente sensible en los conejos, puesto que la infección e inflamación de la piel perineal pueden provocar retención de orina, por lo que, es crucial abordar la causa subyacente de la incontinencia urinaria, la cistitis, las dificultades de aseo o los cecotrofos no consumidos para prevenir la recurrencia de infecciones urogenitales (Smith, 2023).

Los conejos tienen peculiaridades fisiológicas únicas, como el metabolismo del calcio, el equilibrio ácido-base y las tasas de filtración glomerular, por lo tanto, es común que ocurran trastornos del tracto urinario que pueden ser detectados a través de imágenes que permiten realizar el diagnóstico temprano de este tipo de enfermedades, lo que permitiría establecer protocolos terapéuticos adecuados y oportunos (Buch et al.,

2022). Adicional a esta predisposición fisiológica, la inclusión de dietas basadas en heno de alfalfa y alimentos concentrados con altos contenidos de calcio, junto con una ingesta insuficiente de agua pueden favorecer la formación de cálculos urinarios puesto que, el exceso de calcio puede llevar a la formación de urolitos (Gamage et al., 2020). Por otra parte, dietas con altos contenidos de proteínas y fósforo pueden sobrecargar la función renal en conejos, debido a que el exceso de proteínas genera una mayor producción de desechos nitrogenados que deben ser filtrados por los riñones, mientras que niveles elevados de fósforo generan un equilibrio mineral del organismo que puede desencadenar enfermedades renales (Shabani et al., 2023). Por lo tanto, es importante asegurar el suministro una dieta rica en fibra y con niveles moderados de proteínas y minerales, asegurar una hidratación adecuada, para mantener la salud óptima de sus riñones y prevenir afecciones relacionadas (Gamage et al., 2020; Shabani et al., 2023).

En general, los estudios han demostrado el efecto de factores como la dieta, el estado de salud y las condiciones ambientales sobre las características físico-químicas de la orina en conejos, las cuales pueden ser indicativas de problemas de salud. Así, valores ácidos en el pH de la orina, así como la presencia de sangre, exceso en el contenido de proteínas o cambios en la densidad urinaria podrían sugerir alteraciones metabólicas asociadas con afecciones renales (Gamage et al., 2020; He et al., 2022; M. Park et al., 2015). Por ello, el monitoreo regular de las características de la orina mediante análisis complementarios es fundamental para garantizar el bienestar y la salud óptima de los conejos.

Finalmente, la diversidad anatómica y fisiológica del conejo plantea un desafío particular en su cuidado y tratamiento, por lo cual, los médicos veterinarios deben conocer estas características únicas para brindarles el cuidado. En este sentido, esta investigación pretende valorar las cualidades físico-químicas de la orina de conejos sometidos a diferentes patrones de alimentación, que servirán como base para la prevención y aplicación de tratamientos favorables que vayan en beneficio de la salud de este tipo de animales.

1.2. Justificación

La salud renal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) constituye un factor importante tanto en la clínica veterinaria como en los sistemas de producción, debido a los rasgos anatómicos y fisiológicos característicos de esta especie (Park et al., 2025; Washington & Van Hoosier, 2012). El metabolismo del calcio en los conejos muestra una alta susceptibilidad a los trastornos a nivel del tracto urinario, lo que afecta la regulación del equilibrio ácido-base y las tasas de filtración glomerular y, en consecuencia, se desencadenan una serie de alteraciones renales de origen nutricional, especialmente cuando la dieta no es formulada usando criterios adecuados desde el punto de vista fisiológico (Clauss et al., 2012; Kiwull-Schöne et al., 2005).

En este contexto, la evaluación de diferentes dietas ácido-básicas y su efecto sobre la salud renal en conejos responde a una problemática clínica, ya que, aunque varios estudios han mostrado el efecto de la alimentación sobre la aparición de urolitiasis, nefropatías y alteraciones urinarias, aún existen vacíos sobre la caracterización del impacto de las dietas ácido-base sobre la función y estructura renal en esta especie.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio se justifica por la necesidad de establecer de manera sistemática las características físico-químicas de la orina en conejos sometidos a distintas dietas, mediante el uso de tirillas reactivas para el diagnóstico de una forma accesible y de aplicación clínica. En este sentido, el análisis de parámetros como el pH, la densidad urinaria, la presencia de proteínas, sangre, entre otros permitiría la identificación de alteraciones metabólicas que podrían aportar información útil para el monitoreo preventivo de la salud renal en esta especie.

Asimismo, uno de los aspectos más importante de esta investigación radica en la posibilidad de establecer la posible relación entre el tipo de alimentación y la composición fisicoquímica de la orina, permitiendo de esa manera establecer asociaciones entre el tipo de dieta y el perfil ácido-básico y cambios en la homeostasis urinaria.

Adicionalmente, los análisis histológicos de conejos sometidos a diferentes dietas proveen evidencias estructurales sobre potenciales alteraciones a nivel renal, tales como degeneración renal inducida por las dietas ácido-básicas.

Finalmente, la información derivada del análisis costo-beneficio de los distintos tratamientos sirven de base en la toma de decisiones sobre recomendaciones nutricionales con criterios de eficiencia económica y bienestar animal, tanto en unidades de producción como en clínicas veterinarias.

En tal sentido, el presente estudio se justifica por su aporte científico, clínico y aplicado, al integrar análisis fisicoquímicos, histológicos y económicos para una evaluación integral del efecto de las dietas ácido-básicas sobre la salud renal en conejos, fomentando la optimización de estrategias de alimentación con énfasis en la prevención y diagnóstico de enfermedades renales en especies no convencionales dentro de la medicina veterinaria.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Evaluar diferentes dietas ácido-básicas y su efecto sobre la salud renal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*).

1.3.2. Específicos

- a.** Establecer las cualidades físicas y químicas de la orina de conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación mediante el uso de tirillas reactivas.
- b.** Establecer la relación entre el tipo de alimentación y la composición fisicoquímica de la orina en conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación.
- c.** Analizar histológicamente las posibles alteraciones renales en conejos sometidos a distintos tipos de dietas alimenticias.

- d.** Evaluar el costo-beneficio que se obtiene con los distintos grupos de tratamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

A nivel internacional existen pocos estudios relacionados con el efecto de la dieta suplementada con elementos ácidos y básicos sobre la orina y riesgo urolitiásico en conejos.

En Finlandia, Mäkitäipale et al. (2025) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la biodisponibilidad del calcio dietario y su excreción urinaria en conejos alimentados con distintas fuentes de calcio. Se empleó un diseño cruzado con conejos adultos alimentados con dietas suministradas en pelets que contenían carbonato de calcio convencional o fuentes alternativas de calcio. Se cuantificaron las pérdidas urinarias y fecales, así como parámetros sanguíneos y urinarios relacionados con el metabolismo mineral. Los resultados demostraron diferencias significativas en la digestibilidad y retención de calcio entre las fuentes evaluadas, observándose una mayor excreción urinaria en función de la biodisponibilidad del mineral. Se determinó que la fuente de calcio dietario influye directamente sobre la carga renal y la composición fisicoquímica de la orina, lo que puede tener implicaciones importantes en la prevención de sedimento urinario y urolitiasis en conejos.

En Grecia, Tsouloufi (2024) analizó el impacto de la composición de la dieta y de contaminantes alimentarios sobre la fisiología renal y metabólica en conejos. El estudio evaluó conejos sometidos a dietas con diferentes perfiles nutricionales, incluyendo variaciones en minerales y compuestos potencialmente tóxicos. Se analizaron parámetros bioquímicos sistémicos y urinarios, así como cambios fisiológicos asociados a la función renal. Los resultados evidenciaron que algunas formulaciones en la dieta provocaron alteraciones en el equilibrio metabólico e indujeron modificaciones en la excreción renal, lo cual se reflejó en cambios en la composición fisicoquímica de la orina. La investigación demostró que la dieta constituye un factor

determinante en la homeostasis renal y que la evaluación urinaria permite identificar de manera temprana alteraciones funcionales inducidas por el alimento. El estudio destaca la necesidad de controlar la calidad nutricional de las dietas para prevenir trastornos renales subclínicos.

En Alemania, Kiwull-Schöne et al. (2005) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el impacto de la ingesta de una dieta alta versus baja en álcalis sobre el equilibrio ácido-base y el control renal de conejos. Para ello, se utilizaron conejos adultos mantenidos en jaulas metabólicas, a los cuales se les suministraron dietas con alta, media y baja dosis alcalina, determinadas a partir de su composición mineral. Se recolectaron muestras de sangre arterial y orina de 24 horas para evaluar parámetros como pH sanguíneo, pH urinario, bicarbonato, carbonatos y excreción renal de bases. Los resultados evidenciaron que los cambios en la dieta fueron más evidentes en la orina que en la sangre, observándose orinas muy alcalinas y con elevados contenidos de bicarbonato y carbonatos en animales alimentados con dietas ricas en bases. En contraste, las dietas con menor carga alcalina indujeron mecanismos compensatorios renales orientados a la conservación de bases. Los hallazgos evidenciaron que el riñón del conejo desempeña un papel central en la adaptación al balance ácido-base dietario y que la evaluación fisicoquímica de la orina constituye un indicador sensible del impacto nutricional.

En Suiza, Clauss et al. (2012) desarrollaron un estudio longitudinal con el objetivo de analizar el efecto de dietas con diferente contenido de calcio sobre el metabolismo mineral, la composición fisicoquímica de la orina y la salud renal en conejos. El estudio incluyó 28 conejos híbridos distribuidos en cuatro grupos, alimentados durante 25 semanas con dietas basadas en heno de alfalfa, heno de alfalfa con avena, heno de gramíneas y heno de gramíneas con avena. Se evaluaron parámetros de consumo, excreción urinaria, presencia de sedimento, análisis ecográfico, radiográfico e histopatológico renal. Se determinó que las dietas ricas en alfalfa incrementaron significativamente la excreción urinaria de calcio y la formación de sedimento urinario, aunque no se evidenció un aumento sistemático de urolitiasis ni de calcificación renal.

severa. La histología reveló depósitos cálcicos esporádicos sin patrón patológico consistente. Los hallazgos evidenciaron que la dieta influye de manera directa en la composición de la orina, pero que factores como la ingesta de agua y la actividad física modulan la expresión clínica de los trastornos urinarios.

Adicionalmente, se han realizado estudios relacionados con el uroanálisis y parámetros fisicoquímicos como biomarcadores de función renal o daño. En Taiwán, (Sze-Yu et al., 2025) realizaron un estudio clínico comparativo con el objetivo de caracterizar los parámetros urinarios en conejos sanos y en conejos con sospecha de enfermedad renal crónica. Se analizaron muestras de orina obtenidas mediante métodos clínicos estándar y evaluadas mediante tirillas reactivas y análisis bioquímicos, incluyendo pH, proteínas, densidad urinaria, creatinina y relación proteína-creatinina. Los resultados mostraron diferencias significativas entre ambos grupos, observándose proteinuria, alteraciones en la densidad urinaria y cambios en el pH en los animales con compromiso renal. Con base en estos resultados, se señala que el análisis fisicoquímico de la orina constituye una herramienta sensible y no invasiva para la detección temprana de alteraciones renales en conejos, y resalta su utilidad como método de monitoreo clínico asociado a factores nutricionales y metabólicos.

En España, Gallego (2019) realizó un estudio observacional con el objetivo de establecer valores de referencia para calcio urinario y otros parámetros fisicoquímicos de la orina en conejos de compañía sanos de distintas edades y sexos, a los cuales se les recolectaron muestras de orina espontánea para su análisis mediante tirillas reactivas y métodos colorimétricos. Se evaluaron parámetros como pH, densidad urinaria, proteínas, calcio urinario y la relación calcio-creatinina. Los resultados demostraron una elevada excreción de calcio a través de la orina en conejos, sin embargo, se observó una alta variabilidad individual, influenciada principalmente por la dieta y la edad, pero no se encontró una asociación significativa con enfermedades infecciosas concomitantes. Estos hallazgos indican que el análisis fisicoquímico de la orina constituye una herramienta diagnóstica fundamental para la evaluación del metabolismo mineral y la función renal en conejos, y que los valores obtenidos pueden

ser utilizados como referencia clínica para detectar alteraciones subclínicas relacionadas con la alimentación.

Adicionalmente, en Perú existen algunos estudios sobre este tema. Mariños Paredes (2022) realizaron la evaluación de la función renal y sus factores de alteración en *Oryctolagus cuniculus* atendidos en cinco centros veterinarios de Trujillo. Para ello, se evaluó la creatinina sérica y se hizo un análisis de orina, utilizando técnicas de extracción de muestras sanguíneas a través de venopunción y cistocentesis ecoguiada para la obtención de orina en 37 conejos aparentemente sanos. De acuerdo con los resultados, se encontró asociación entre la alimentación mixta y los niveles de creatinina sérica, lo que permitió concluir que, aunque no se observaron alteraciones de la función renal en los conejos estudiados; existe un riesgo asociado a alimentación mixta y el aumento en los niveles de creatinina.

Con relación al efecto de la dieta y las condiciones metabólicas sobre la aparición de alteraciones renales estructurales. En Italia, Palumbo & Dalle Zotte (2025) evaluaron el efecto de diferentes niveles de proteína cruda en la dieta sobre el rendimiento productivo, el balance energético-proteico y el estado de salud de conejos de compañía en estado adulto. El estudio incluyó 117 conejos adultos (machos y hembras) de raza enana coloreada, los cuales fueron alimentados durante 18 semanas con tres dietas isoenergéticas que diferían únicamente en su contenido de proteína cruda (165, 173 y 175 g/kg). Los parámetros evaluados incluyeron el consumo de alimento, el peso corporal, la digestibilidad aparente de nutrientes, el balance de energía digestible y proteína digestible, así como indicadores indirectos de salud y condición corporal. La reducción del contenido proteico no afectó negativamente el mantenimiento del peso corporal ni la digestibilidad global de los nutrientes. Sin embargo, las dietas con mayor nivel proteico generaron un exceso de proteína digestible en relación con la energía disponible, especialmente en hembras, lo que condujo a un balance energético negativo. Asimismo, se evidenciaron diferencias fisiológicas entre sexos en el uso de nutrientes y la deposición de grasa. Estos hallazgos mostraron que una dieta con 165 g/kg de proteína cruda es adecuada para conejos adultos, destacando la importancia de

formular dietas ajustadas al estado fisiológico para evitar sobrecarga metabólica y potencial estrés renal.

En Camerún, Noumbissi et al. (2025) desarrollaron un estudio con el fin de evaluar el efecto de la incorporación de pulpa de café en la dieta sobre el desempeño zootécnico, la digestibilidad de nutrientes, el peso relativo de órganos y el costo de producción en conejos (*Oryctolagus cuniculus*). El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar e incluyó un total de 80 conejos, distribuidos en un ensayo de digestibilidad con 20 animales adultos y un ensayo de crecimiento con 60 conejos jóvenes. Se formularon cuatro raciones: una dieta control sin pulpa de café y tres dietas con inclusión del 10 %, 20 % y 30 % de pulpa de café seca y molida. Se evaluaron el consumo de alimento, la digestibilidad aparente de fibra y proteína, la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia, el rendimiento de canal, el peso relativo de hígado y riñón, y el costo de producción por kilogramo de peso vivo. Entre los resultados más relevantes se tiene que la inclusión de pulpa de café incrementó significativamente la ingestión y digestibilidad de la fibra y la proteína, sin afectar negativamente la ganancia de peso ni el rendimiento de canal. Sin embargo, se observó un aumento significativo en el peso relativo de hígado y riñón a mayores niveles de inclusión, lo que sugiere una mayor carga metabólica y funcional de estos órganos. Con base en estos hallazgos, se concluye que la pulpa de café puede incorporarse hasta en un 10 % en la dieta de conejos como una alternativa económicamente viable, aunque niveles más altos podrían implicar adaptaciones fisiológicas renales relevantes para estudios posteriores.

En España, Marín-García et al. (2024) realizaron un estudio para identificar biomarcadores metabólicos asociados al concepto de “proteína ideal” en dietas para conejos en crecimiento, empleando al conejo como modelo. La investigación se estructuró en dos experimentos independientes. En el primero, 24 conejos en crecimiento fueron alimentados con dietas balanceadas y desbalanceadas en lisina, mientras que en el segundo se incluyeron 53 conejos sometidos a dietas con variaciones controladas en lisina, aminoácidos azufrados y treonina. Se aplicaron análisis de metabolómica dirigida y no dirigida en muestras de plasma sanguíneo, utilizando

técnicas avanzadas de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS), junto con análisis estadísticos multivariados. La investigación demostró que las dietas con desequilibrios aminoacídicos provocaron alteraciones significativas en el perfil metabólico, reflejadas en incrementos de urea, creatinina, albúmina y ácidos grasos no esterificados, indicadores indirectos de sobrecarga metabólica y mayor excreción nitrogenada. Asimismo, se identificaron metabolitos como ácido hidroxipropiónico y ácido hidroxiioctadecadienoico como potenciales biomarcadores de desequilibrios proteicos. Los hallazgos evidenciaron que la composición aminoacídica de la dieta influye de manera directa en el metabolismo proteico y en marcadores relacionados con la función renal, aportando evidencia relevante para la formulación de dietas más seguras y eficientes en conejos.

Por otra parte, pocos estudios han evaluado el papel de la imagenología del sistema urinario como base diagnóstica y de referencia anatómica. Dimitrov et al. (2024) evaluaron el parénquima renal del conejo y del sistema colector, los uréteres y la vejiga urinaria a través de estudios con resonancia magnética. En el estudio se incluyeron 12 conejos blancos de Nueva Zelanda clínicamente sanos y sexualmente maduros. La resonancia magnética transversal con imagen ponderada en T2 a través de L1 mostró solo el riñón derecho, mientras que la imagen transversal ponderada en T2 a través de L2 mostró ambos riñones. El área craneal de la vejiga urinaria se observó flexionada hacia la izquierda en las exploraciones transversales ponderadas en T1 a través de L4, mientras que la imagen sagital ponderada en T2 a 30 mm a la derecha del plano medio mostró el riñón derecho, el uréter derecho y la vejiga urinaria. La imagen sagital ponderada en T2 a 30 mm a la izquierda del plano medio mostró parte del riñón izquierdo, el uréter izquierdo y la vejiga urinaria. La imagen sagital ponderada en T2 a 45 mm a la izquierda del plano medio presentó la parte lateral del riñón izquierdo. La imagen de resonancia magnética dorsal (secuencia ponderada en T2) a través del plano horizontal 30 mm ventral a la columna vertebral mostró todos los órganos. Estos datos son útiles para evaluar la anatomía por imágenes y en los estudios de diagnóstico de diversas patologías del sistema excretor en conejos y otras especies de mamíferos.

Buch et al. (2022) señalan que existen pocos estudios que describan las características del tracto urinario en conejos mediante tomografía computarizada (TC), por lo tanto, realizaron un estudio para describir las características principales del tracto urinario a través de una tomografía computarizada simple y con contraste en 23 conejos sanos bajo anestesia general. En este estudio se observó una longitud renal normal de 3,27-3,43 cm; los uréteres pudieron ser identificados durante la fase previa al contraste, pero fueron mejor delineados en la fase de contraste. Se observaron algunos defectos de llenado focales en el tercio medio y caudal de los uréteres en más del 50% de los animales en los exámenes posteriores al contraste. Por otra parte, hubo desacuerdo con respecto a las mediciones de la pelvis renal, los uréteres y la posición exacta de los riñones en relación con las vértebras lumbares. En conclusión, este estudio permitió obtener la descripción anatómica detallada del tracto urinario en conejos a partir de imágenes de TC y valores de referencia para futuras investigaciones.

Finalmente, algunos estudios han diseñado modelos experimentales del tracto urinario e infecciones como metodología de estudios en el ámbito de los problemas urinarios en conejos. Nissanka et al. (2024) realizaron una revisión con el objetivo de comparar los modelos de vejiga experimentales *in vitro* e *in vivo* en la investigación de las infecciones del tracto urinario (ITU). Para ello, los autores revisaron tanto los estudios clínicos, así como a los pacientes (animales) y analíticos desde 1959 hasta finales de 2023. Como resultados de la revisión encontraron que los modelos *in vitro* proporcionan entornos controlados para estudiar aspectos específicos de la biología de las ITU y también probar posibles tratamientos, mientras que los modelos *in vivo* ofrecen información sobre cómo se manifiestan y progresan las ITU dentro de los organismos vivos. Por tanto, ambos tipos de modelos están conduciendo al desarrollo de herramientas de diagnóstico e intervenciones terapéuticas más eficaces contra las ITU. También se han utilizado metodologías avanzadas que involucran organoides de vejiga tridimensionales para estudiar la biología de la vejiga, modelar trastornos relacionados con la vejiga y explorar nuevos tratamientos para cánceres de vejiga, ITU e incontinencia urinaria.

En Brasil, Pinto Filho et al. (2016) realizaron un estudio para caracterizar los cálculos y la orina en 24 conejos blancos de Nueva Zelanda tratados con células madre derivadas de tejido adiposo mesenquimal (CMAM) después del alotrasplante parcial de vejiga urinaria. Veinticuatro conejos fueron sometidos a cirugía y tratados postoperatoriamente con ciclosporina o CMAM para inmunosupresión. No se observaron signos de rechazo del injerto en ninguno de los grupos de tratamiento 30 días después de la cirugía y se observó menor incidencia de cálculos vesicales en animales tratados con células madre derivadas de tejido adiposo mesenquimal (33,3%) en comparación con el grupo tratado con ciclosporina (58,3%). El análisis de orina no reveló hematuria o bacteriuria en el grupo tratado con células madre, pero sí se presentó en los conejos tratados con ciclosporina. Con base en los resultados, las células madre representan una alternativa atractiva para la inmunosupresión después del alotrasplante de vejiga.

Con relación a la investigación en Ecuador, los estudios realizados han sido enfocados a la producción y nutrición de conejos, pero hasta la fecha no existen estudios que evalúen el efecto del tipo de alimentación sobre el perfil renal en conejos. Es por ello, que la presente propuesta pretende evaluar el efecto de la variación del tipo de ración sobre las características anatómicas, físicas y químicas en conejos.

2.2. Fundamentación científica

2.2.1. El conejo como modelo en estudios nutricionales

El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es un herbívoro monogástrico de gran relevancia debido no solo a su valor económico en sistemas de producción animal sino también por su uso como modelo en la investigación biomédica, debido a sus características fisiológicas particulares y a su sensibilidad metabólica frente a cambios dietarios (Chen et al., 2019; Miller et al., 2014). Desde el punto de vista nutricional, el conejo muestra una elevada eficiencia para el aprovechamiento de la fibra de la dieta debido la fermentación microbiana cecal y al fenómeno de la cecotrofia, los cuales influyen

directamente en el metabolismo energético, proteico y mineral (Alvarenga et al., 2017; Wu et al., 2019).

Estas características hacen del conejo un modelo ideal para evaluar las posibles interacciones entre factores relacionados con la dieta, el metabolismo y la función renal, dado que, estos lagomorfos muestran respuestas fisiológicas frente a pequeñas variaciones en la composición del alimento, especialmente a nivel del sistema urinario. En este sentido, el conejo ha sido utilizado como modelo experimental en estudios sobre variaciones en la fisiología renal y el equilibrio ácido-base debido a su adaptación natural a dietas ricas en minerales, lo que facilita la evaluación de mecanismos compensatorios renales frente a cambios nutricionales (Kiwull-Schöne et al., 2005).

2.2.2. Anatomía y fisiología renal del conejo

El estudio de la anatomía y fisiología renal en conejos es de gran relevancia científica, especialmente porque estos lagomorfos sirven como modelos biológicos fundamentales en la investigación urológica y nefrológica, facilitando el estudio de diversas patologías y tratamientos (Santos-Sousa et al., 2015) (Fig. 1). Anatómicamente, los riñones del conejo son órganos unipapilados, localizados en el espacio retroperitoneal y con una disposición asimétrica en la cavidad abdominal, lo que ha sido descrito mediante técnicas avanzadas de imagen como resonancia magnética y tomografía computarizada (Buch et al., 2022; Dimitrov et al., 2024).

A diferencia de otras especies, el conejo presenta una elevada tasa de excreción renal de calcio, como consecuencia de una absorción intestinal pasiva proporcional a la concentración dietaria del mineral (Clauss et al., 2012). Esta característica fisiológica implica una mayor carga funcional renal y una estrecha relación entre dieta y composición fisicoquímica de la orina, haciendo que el riñón sea particularmente sensible a desequilibrios nutricionales prolongados.

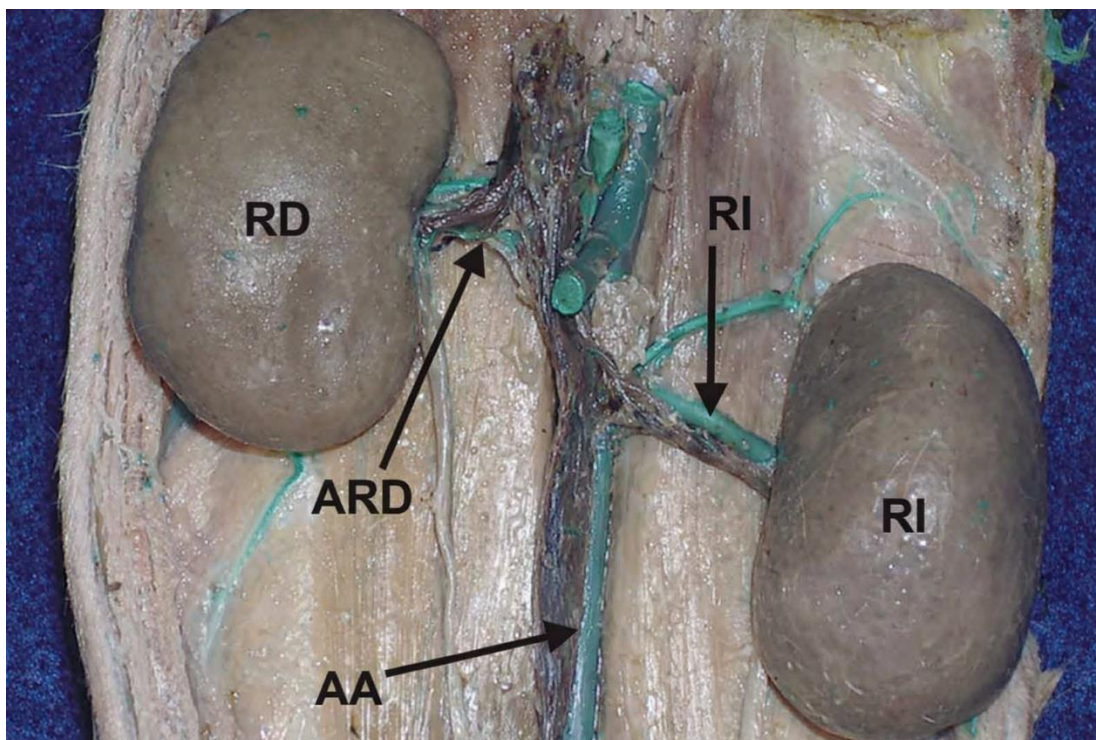


Figura 1

Vista macroscópica de los riñones derecho (RD) e izquierdo (RI) y su irrigación arterial a partir de la aorta abdominal (AA) en Oryctolagus cuniculus. Tomado de Santos-Sousa et al. (2015).

Las características morfológicas y el peso relativo de los órganos renales en conejos son parámetros cruciales para estudios farmacológicos y toxicológicos, además de tener aplicaciones en la industria química y alimentaria (Santos-Sousa et al., 2015). El estudio morfométrico y la vascularización renal en conejos revelan particularidades anatómicas que los distinguen de otros modelos, como la organización específica de su sistema vascular medular y la presencia de túbulos renales que pueden aislarse con membranas basales intactas, lo que es ventajoso para estudios funcionales (Lossi et al., 2016; Santos-Sousa et al., 2015).

Es por ello que, estos animales son frecuentemente incluidos en estudios sobre nefrotoxicidad debido a su alta sensibilidad, lo cual favorece la realización de

evaluaciones detalladas de los efectos de diversas sustancias sobre la función renal (Selcuk et al., 2020). Además, su tamaño relativamente mayor en comparación con otros roedores pequeños permite la aplicación de técnicas, como la evaluación ecográfica y la recolección de muestras de tejido para análisis histopatológico detallado (Honorato et al., 2022).

2.2.3. Aditivos ácido-básicos y su relación con la dieta

El fundamento fisiológico del uso de dietas ácido-básicas se explica mediante el Balance Cation-Anión Dietario (conocido como DCAD por sus siglas en inglés *Dietary Cation-Anion Difference*). Este concepto expresa la diferencia entre los principales cationes y aniones fuertes aportados por la dieta, principalmente sodio, potasio, cloro y azufre, y permite estimar la carga acidogénica o alcalinizante del alimento. De forma general, el DCAD se calcula como: $DCAD = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + S^{2-})$, expresado habitualmente en mEq/kg de materia seca. Un DCAD positivo refleja una dieta con predominio de cationes y, por tanto, con mayor efecto alcalinizante; mientras que un DCAD bajo o negativo indica una mayor carga aniónica, con potencial efecto acidificante sobre el metabolismo. En este sentido, el DCAD constituye una herramienta nutricional clave para interpretar cómo la composición mineral de la dieta modifica el equilibrio ácido-base, la excreción renal de iones, el pH urinario y la homeostasis sistémica (Kiwull-Schöne et al., 2005).

En consecuencia, la dieta tiene una influencia clave sobre el equilibrio ácido-base, dado que es capaz de modificar el Balance Cation-Anión Dietario (DCAD) de los alimentos. Por ejemplo, el uso de dietas con DCAD bajo o con mayor predominio de aniones puede reducir el pH de la orina y el exceso de bases en sangre, mientras que dietas con DCAD positivo o mayor predominio de cationes tienden a elevar el pH urinario en conejos. Esto indica la ocurrencia de una respuesta renal dependiente de la carga de electrolitos en la dieta y, a su vez, demuestra la capacidad del organismo para intentar restablecer el equilibrio ácido-base a través de la excreción de iones y ajustes en la composición urinaria (Heer et al., 2017).

El sistema renal juega un papel crítico en la regulación del equilibrio ácido-base al excretar iones hidrógeno y conservar iones bicarbonato, aunque en conejos algunos mecanismos el intercambio de estos iones en la sangre y orina son más limitados en comparación con otras especies domésticas. Esta característica fisiológica puede influir en la susceptibilidad a trastornos del equilibrio ácido-base cuando la carga en la dieta es muy alta o inadecuada, especialmente en situaciones de estrés metabólico o enfermedad (Nowland et al., 2015).

Además, el metabolismo del calcio está estrechamente relacionado con el equilibrio ácido-base en conejos, por lo tanto, su absorción en el tracto digestivo es proporcional al contenido en la dieta sin participación de la vitamina D, resultando en un mayor nivel de excreción renal del calcio con la consecuente formación de precipitados de carbonato de calcio en la orina. Esta particularidad fisiológica relaciona la carga de minerales en la dieta con la capacidad del organismo para manejar las cargas ácido-base y mantener la homeostasis, lo que puede predisponer al animal a sufrir alteraciones urinarias cuando se pierde el equilibrio nutricional (Kiwull-Schöne et al., 2005).

En conjunto, la evidencia científica indica que una formulación de la dieta que considere cuidadosamente el perfil ácido-base y mineral es fundamental para preservar la homeostasis y la salud renal en conejos. Los ajustes en la composición de electrolitos y la atención a la carga de ácidos y bases en la dieta son estrategias nutricionales clave para evitar desbalances metabólicos que puedan comprometer la función renal o provocar condiciones como acidosis crónica o alteraciones urinarias. En especies herbívoras como el conejo, la dieta habitual se caracteriza por una elevada carga alcalina, derivada del alto contenido de cationes como calcio, potasio y magnesio presentes en forrajes y heno (Kiwull-Schöne et al., 2005).

2.2.4. Influencia de la dieta sobre la salud renal en conejos

El sistema renal de los conejos posee características fisiológicas distintivas que los hacen sensibles a la composición de la dieta, particularmente en lo que respecta al

metabolismo de minerales como el calcio. Ellos presentan una capacidad de absorción intestinal de calcio muy eficiente, lo que conlleva una excreción urinaria del excedente mineral que predispone a la formación de sedimentos y cálculos de calcio (Clauss et al., 2012). Esta condición metabólica hace que cantidad de calcio excretada es directamente proporcional a la cantidad ingerida, lo que hace que los conejos puedan eliminar hasta un 45-60% del calcio consumido en la dieta, lo cual los diferencia de otras especies de mamíferos, cuya capacidad de excreción no supera el 2% (Rodrigues et al., 2019).

La precipitación de carbonato de calcio en la orina es un proceso normal en conejos, la cual se caracteriza por ser de aspecto denso con un pH básico y de coloración cremosa, aunque puede mostrar variaciones de acuerdo con los pigmentos vegetales ingeridos (Rodrigues et al., 2019). Sin embargo, en casos cuando la ingesta de calcio supera la capacidad de dilución renal, se observa la acumulación de un exceso en la vejiga que, sumado a factores como la disfuncionalidad del esfínter uretral o hipertonía vesical, puede derivar en urolitiasis clínica (Rodrigues et al., 2019; Tarif et al., 2023).

En tal sentido, la composición nutricional de la dieta ejerce una influencia directa sobre la salud renal del conejo, particularmente en lo referente al contenido de proteínas, calcio y fósforo. Dietas con exceso de proteína incrementan la producción de desechos nitrogenados como urea y creatinina, aumentando la carga de filtración glomerular y la actividad tubular renal (Palumbo & Dalle Zotte, 2025). De manera similar, las dietas ricas en calcio favorecen una mayor excreción urinaria del mineral, lo que puede predisponer a la formación de sedimento urinario y urolitiasis (Clauss et al., 2012; Gallego, 2019).

Estudios recientes han evidenciado que la fuente y biodisponibilidad de los nutrientes también influyen en la respuesta renal, observándose adaptaciones fisiológicas del riñón frente a dietas con ingredientes alternativos o subproductos agroindustriales (Noumbissi et al., 2025). De acuerdo con esto, el balance del contenido ácido-base en

la dieta es un factor que contribuye con la modulación de la salud renal, condicionando la magnitud y el tipo de solutos excretados por la orina.

2.2.5. Análisis fisicoquímico de la orina como indicador de salud renal

El análisis fisicoquímico de la orina constituye una herramienta diagnóstica fundamental para la evaluación de la función renal y metabólica en conejos. Parámetros como pH, densidad urinaria, presencia de proteínas, sangre y sedimento permiten identificar alteraciones funcionales incluso en ausencia de signos clínicos evidentes (Sze-Yu et al., 2025). Por ejemplo, el pH urinario normal en esta especie suele ser alcalino, con valores que oscilan frecuentemente entre 8,0 y 9,0, lo que puede favorecer la precipitación de sales de estruvita y fosfato cálcico si la concentración de solutos es elevada (Rodrigues et al., 2019).

La hiperestenuria o aumento de la densidad urinaria y gravedad específica de la orina por el aumento de solutos, tales como urea, electrolitos, glucosa, proteínas, entre otros, puede desencadenar problemas de deshidratación u otras complicaciones renales que constituyen indicativos tempranos de litogénesis que reflejan un desequilibrio en la excreción de minerales excedentes (Santarosa et al., 2021). En consecuencia, cualquier desequilibrio en la proporción calcio:fósforo de la dieta es un factor determinante en la patogenia de estas alteraciones, ya que una ingesta elevada de fósforo puede inducir acidosis metabólica, lo que a su vez altera la cinética de excreción renal y promueve la desmineralización ósea para compensar la carga ácida sistémica (Espinoza Pomares et al., 2023; Walsh & O'Donovan, 2020). Esta capacidad limitada para generar amortiguadores de amoníaco hace que el conejo muestre una tolerancia muy pobre a la carga ácida inorgánica sistémica en comparación con otros mamíferos como el hombre, los roedores o los cánidos, dificultando la regulación del equilibrio ácido-base en situaciones de estrés metabólico (Walsh & O'Donovan, 2020).

Además, los episodios de estrés o dolor agudo pueden activar respuestas adrenérgicas que reducen el flujo plasmático renal y la tasa de filtración glomerular, comprometiendo aún más la función renal en un contexto de estrés metabólico

(Rodrigues et al., 2019). Aunque los cambios en el peso específico de la orina pueden reflejar variaciones en la hidratación, la persistencia de una orina isostenúrica suele ser indicativa de una pérdida significativa de la capacidad de concentración tubular (Verde et al., 2017).

El uso de tirillas reactivas representa una metodología práctica, económica y reproducible para la evaluación inicial de la orina, siendo ampliamente utilizada tanto en clínica veterinaria como en estudios experimentales (Gallego, 2019). Su uso ha sido principalmente popularizado en mascotas como perros, en los que se ha evaluado su utilidad en la evaluación de nitritos y esterasa leucocitaria (Farris et al., 2022).

Además de ser práctica y económica, la utilidad de las tirillas depende de que la lectura sea reproducible. En este sentido, se ha comparado la lectura visual frente a la lectura automatizada de tirillas, mostrando que el método automatizado puede reducir parte de la variabilidad asociada al observador y estandarizar la interpretación de ciertos analitos. Esta evidencia refuerza que las tirillas, especialmente cuando se integran a flujos de trabajo controlados, constituyen una metodología reproducible y adecuada para la evaluación inicial en clínica veterinaria y también para protocolos donde la estandarización es clave (Smyroglou et al., 2023).

Finalmente, este método también es útil en estudios experimentales porque facilitan el seguimiento seriado de variables urinarias con mínima instrumentación. Un ejemplo es la evaluación de proteinuria, en la cual se ha estudiado el desempeño del uso de tirillas reactivas como estrategia de detección inicial de proteínas en la orina. Esto apoya su uso como herramienta de cribado accesible y repetible, siempre integrada a confirmaciones posteriores cuando el objetivo clínico o experimental lo requiera (Barchilon et al., 2024a).

2.2.6. Evaluación histológica renal como complemento diagnóstico

La evaluación histológica del riñón permite identificar alteraciones estructurales que no siempre se manifiestan de forma inmediata en los parámetros urinarios. Cambios

como degeneración tubular, depósitos minerales, inflamación intersticial o fibrosis constituyen indicadores de daño renal crónico o de adaptaciones prolongadas a cargas metabólicas elevadas (Clauss et al., 2012).

En conejos, esto es especialmente útil para diferenciar inflamación tubulointersticial, fibrosis, mineralización, necrosis o lesiones vasculares, y para estimar cronicidad y severidad, lo cual cambia el pronóstico y orienta el manejo clínico. En poblaciones de conejos silvestres se han descrito hallazgos microscópicos como inflamación leve y fibrosis, aun cuando no se evidenciaban alteraciones macroscópicas, lo que demuestra la importancia de la histología para detectar patologías subclínicas (Lamalle et al., 2023).

Así mismo, la histopatología renal también aporta valor como parte del diagnóstico integral de causas de enfermedad y mortalidad en conejos de compañía, puesto que permite relacionar los signos clínicos con lesiones tisulares específicas. En una serie retrospectiva de 100 conejos mascota que fueron sometidos a evaluación anatomopatológica permitió hacer diferenciación clara de la ocurrencia de procesos infecciosos y no infecciosos y así establecer un diagnóstico seguro (Espinosa García-San Román et al., 2024).

Adicionalmente, la histología renal es especialmente poderosa para estandarizar diagnósticos y describir patrones de enfermedad. Un estudio retrospectivo de 2.583 casos recibidos en laboratorios de diagnóstico (autopsias, biopsias y citologías) demostró que los análisis patológicos constituyen un elemento clave en la confirmación de etiologías y lesiones que permiten obtener estadísticas robustas de enfermedad en conejos (Oliver-Guimera et al., 2024).

Finalmente, la histología renal también puede contribuir a identificar agentes y patologías que no pueden ser confirmadas por procedimientos ecográficos o de análisis de laboratorio. En este sentido, un reporte de absceso renal en un conejo Lionhead, la aproximación diagnóstica combinó pruebas clínicas y la confirmación anatomopatológica, con evidencia de coinfección asociada a *Encephalitozoon cuniculi*

y *Escherichia coli*, lo que demuestra el rol principal de la histopatología en la obtención de diagnósticos seguros (Tangchang et al., 2024).

La integración del análisis histopatológico con los resultados del urinálisis fortalece la interpretación de los hallazgos experimentales, permitiendo establecer relaciones causales entre la dieta, la función renal y la integridad estructural del tejido renal. Este enfoque integral resulta especialmente relevante en estudios nutricionales de mediano y largo plazo.

2.2.7. Enfoque costo-beneficio en la evaluación de dietas

Desde una perspectiva aplicada, la evaluación del costo–beneficio de las dietas ácido–básicas es fundamental para la toma de decisiones en sistemas productivos y en el manejo clínico del conejo. Dietas nutricionalmente adecuadas deben no solo preservar la salud renal, sino también ser económicamente viables y sostenibles (Noël Bertine et al., 2025).

El análisis costo-beneficio permite identificar formulaciones dietarias que optimicen recursos, reduzcan riesgos sanitarios y minimicen costos asociados a tratamientos veterinarios derivados de enfermedades urinarias, contribuyendo a un manejo más eficiente y responsable.

De acuerdo con esto, los estudios demuestran que la composición ácido–básica y contenido nutricional de la dieta influye sobre la función renal del conejo, manifestándose en cambios fisicoquímicos de la orina y, potencialmente, en alteraciones histológicas renales (Kiwull-Schöne et al., 2005; Clauss et al., 2012; Sze-Yu et al., 2025), lo que, junto con el análisis económico, proporciona información sobre su efecto sobre la salud renal en *Oryctolagus cuniculus*.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Lugar de investigación, ubicación

El presente estudio se llevó a cabo en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo en la provincia de Cotopaxi (Fig. 1), ubicada a una altura de 2683 msnm, con una precipitación media anual de 46 mm a 227 mm, temperatura promedio de 14,2 °C y humedad relativa entre 75-86 % (GAD Municipal Salcedo, 2025).

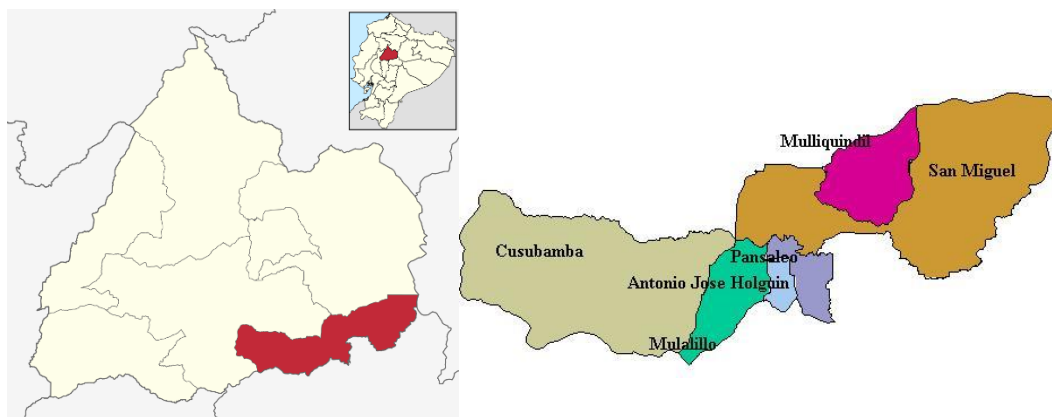


Figura 2

Mapa de la provincia de Cotopaxi y ubicación de la parroquia San Miguel del Cantón Salcedo.

Fuente. GAD Municipal Salcedo, 2025

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se aplicó en este estudio es de tipo experimental, bajo un diseño cuantitativo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El diseño experimental se aplica a aquellos tipos de estudios en los que el investigador manipula de manera intencional una o más variables independientes para evaluar su efecto en la variable dependiente.

3.3. Prueba de Hipótesis

H₁: La suplementación dietaria con melaza de caña, melaza de caña más ácido cítrico o melaza de caña más carbonato de calcio modifica al menos un indicador urinario, sérico, ecográfico o histopatológico de salud renal en conejos mestizos machos en crecimiento.

H₀: La suplementación dietaria no modifica los indicadores urinarios, séricos, ecográficos o histopatológicos de salud renal evaluados.

3.4. Población o muestra

La recolección y evaluación de muestras se realizó en 36 conejos mestizos machos en etapa de crecimiento de 3 meses de edad que fueron alimentados con una ración base, alfalfa *ad libitum* más balanceado comercial controlado (tratamiento testigo), a la cual se agregó un aditivo alimenticio como (melaza de caña) (T1), (melaza de caña + ácido cítrico) acidificante (T2) y (melaza de caña + carbonato de calcio) alcalinizante (T3).

3.5. Tratamientos

Para el ensayo se seleccionaron 36 conejos machos mestizos en crecimiento, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos dietéticos, con nueve animales por tratamiento. Cada conejo fue considerado una unidad experimental, debido a que la suplementación de las dietas fue administrada de forma individual y las variables respuesta urinarias, sanguíneas e histológicas fueron registradas por animal.

Los animales fueron alojados en jaulas grupales, con tres conejos por jaula, por lo que cada tratamiento estuvo conformado por tres jaulas de alojamiento. Todos los grupos recibieron una dieta base común, compuesta por alfalfa suministrada *ad libitum* y un concentrado comercial en cantidad controlada. La diferenciación entre los tratamientos se basó en el tipo de suplementación diaria con un aditivo específico, aplicado directamente mediante un dosificador individual:

- a. Tratamiento 0 (T0 – Testigo): dieta base (concentrado comercial + alfalfa *ad libitum*)
- b. Tratamiento 1 (T1): dieta base (concentrado comercial + alfalfa *ad libitum*) + 1 ml de melaza de caña.
- c. Tratamiento 2 (T2): Dieta base (concentrado comercial + alfalfa *ad libitum*) + 1 ml de melaza de caña + 1 g de ácido cítrico por conejo (Lin et al., 2023).
- d. Tratamiento 3 (T3): dieta base (concentrado comercial + alfalfa *ad libitum*) + 1 ml de melaza de caña + 1 g de carbonato de calcio por conejo (Ali et al., 2016).

El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de la acidificación del ácido cítrico o alcalinización del carbonato de calcio en la dieta sobre las variables productivas y fisiológicas de los conejos, comparando los resultados con el grupo control que fue alimentado con una dieta base que consistió de alimento balanceado comercial + alfalfa *ad libitum*.

Con relación a la dosis de los productos acidificantes y alcalinizantes, el uso de 1 g de ácido cítrico y de carbonato de calcio por conejo equivale aproximadamente a 0,35 g/kg PV/día, considerando un peso final promedio 2,82 kg.

Desde el punto de vista operacional, en el presente estudio se empleó el término dietas ácido-básicas para describir la alimentación con una dieta basal común que estuvo compuesta por concentrado comercial y alfalfa ofrecidos *ad libitum*, la cual estuvo suplementada con aditivos de potencial acidificante o alcalinizante. En este sentido, el ácido cítrico fue considerado como un suplemento con potencial acidificante, mientras que el carbonato de calcio fue considerado como un suplemento con potencial alcalinizante. No se realizó el cálculo experimental del balance catión-anión dietario de las raciones, por lo que la interpretación de los resultados se limita al efecto de los tratamientos suplementados sobre los indicadores urinarios, microscópicos, ecográficos e histológicos evaluados.

Distribución de los tratamientos:

T0R7	T1R4	T2R2	T3R5
T0R2	T1R1	T2R5	T3R1
T0R8	T1R3	T2R7	T3R8
T0R4	T1R6	T2R3	T3R3
T0R5	T1R9	T2R8	T3R9
T0R6	T1R2	T2R6	T3R6
T0R1	T1R7	T2R1	T3R2
T0R3	T1R8	T2R4	T3R7
T0R9	T1R5	T2R9	T3R4

Cada uno de los pasos de la fase experimental se muestran a continuación

Actividades	Año 2025					
	Etapa de adaptación (días)		Toma de muestras	Etapa de experimentación	Días de experimentación	Pesaje y Toma de muestra n
	1	1 - 15	15 – 16 días	Día (1)	60 días	Día 60 y 61
Ingreso de conejos a la granja.	●					
Pesaje de conejos para distribución.	●					
Distribución por tratamientos (jaulas)	●					
Adaptación al alimento (alfalfa+ balanceado)		●				
Administración de antiparasitarios, antiprotozoarios y vitaminas.		●				

1ra recolección de muestras			●			
Pesaje de los conejos para el inicio de la experimentación .				●		
Tiempo de experimentación : uso de acidificante y alcalinizante en la dieta.					●	
Pesaje conejos final de experimentación .						●
2da recolección de muestras.						●

3.6. Recolección de información

3.6.1. *Recolección de muestra para uroanálisis*

Para el ensayo se seleccionaron 36 conejos machos mestizos en crecimiento que fueron divididos en cuatro grupos, cada grupo consistió en tres unidades de observación en las cuales se colocaron tres conejos por jaula. Una vez dispuestos los tratamientos en el campo, los conejos fueron alimentados diariamente con cada una de las raciones a ser evaluadas, para lo cual se suministró el 15 % del peso vivo (Paz, 2012).

El estudio fue desarrollado durante 60 días, en los cuales se tomaron muestras de orina y sangre al inicio y al final del experimento. Las muestras de orina fueron obtenidas por cistocentesis ecoguiada. Este procedimiento es recomendado en roedores pequeños, para lo cual el paciente se colocó en decúbito supino y la vejiga es sujeta entre los dedos mientras se introduce la aguja por la línea media en un ángulo de 45° en dirección caudodorsal (Brown, 2006).

Una vez obtenida la orina, se realizó la evaluación fisicoquímica. Con relación a las características físicas, la evaluación consideró el color y aspecto de la muestra, mientras que la evaluación química se llevó a cabo mediante el uso de tirillas reactivas, las cuales fueron sumergidas por corto tiempo en la orina fresca bien mezclada. Luego la tirilla fue retirada y colocada sobre una toalla de papel para eliminar el exceso de orina (Abeje Abebayehu, 2023). Las almohadillas de prueba fueron comparadas con la tabla en el recipiente de la tira reactiva y los resultados fueron registrados (Abeje Abebayehu, 2023; Pohanka & Zakova, 2024).

Adicionalmente, de cada tratamiento se tomaron muestras de sangre que fueron recolectadas a partir de la vena safena lateral, para determinar el contenido de urea y creatinina. Finalmente, se realizaron ecografías al 50% de los grupos para evaluar la ecogenicidad renal y vesical. El registro de resultados fue hecho de acuerdo con la tabla mostrada en anexo 1.

El análisis del sedimento se llevó a cabo mediante el uso de un microscopio óptico. Para ello, se tomaron muestras de orina que fueron sometidas a centrifugación a 2.000 rpm durante 5 min, luego el sobrenadante fue vertido y el sedimento fue resuspendido con unas gotas de sobrenadante que quedó en el tubo. Luego se colocó una gota del sedimento en un portaobjetos y se colocó un cubre objeto (Chen et al., 2024). Los datos fueron registrados en la tabla 1.

Tabla 1

Resultados del estudio de sedimentos en orina

Estudio microscópico de sedimento
Observación directa: Presencia de leucocitos: Presencia de eritrocitos: Células epiteliales: Cristales de carbonato de calcio:

3.6.2. *Análisis histológico de los riñones*

a. Procedimiento de necropsia

Al finalizar el período experimental, los conejos fueron sacrificados, mediante anestesia y eutización siguiendo los protocolos éticos aprobados por el Comité de Ética en Investigación Animal. Los riñones de los conejos fueron disecados cuidadosamente y procesados para su análisis histológico.

b. Preparación de las muestras

Los riñones fueron fijados en formol al 10% y luego deshidratados en una serie de concentraciones de alcohol, seguida de embebido en parafina. Posteriormente, se procedió a realizar corte histológicos de las muestras en secciones de 4-5 micrómetros utilizando un micrótopo rotatorio (Al-Sabawy et al., 2021). Una vez obtenidos los cortes, la muestra fue sometida a tinción con hematoxilina-eosina (H&E) para la observación de estructuras generales de los riñones, como los glomérulos, túbulos renales, y el intersticio. Además, se utilizó la tinción de PAS (ácido peryódico de Schiff) para identificar alteraciones en la matriz extracelular y tinción de tricómia de Masson para la evaluación de fibrosis renal (Kawai et al., 2024).

c. Evaluación de alteraciones renales

Las secciones histológicas fueron examinadas mediante microscopía óptica para identificar y clasificar alteraciones estructurales renales de acuerdo con criterios histopatológicos previamente establecidos. La evaluación consideró cambios glomerulares, tubulares, intersticiales y vasculares, siguiendo una escala semicuantitativa de lesión renal adaptada a partir de criterios estandarizados de evaluación histológica (Gunawardena et al., 2021):

Para el estudio histopatológico, se tomaron muestras de tejido renal de conejos durante el examen post mortem. Los fragmentos obtenidos fueron seleccionados cuidadosamente, procurando incluir zonas representativas del órgano y posibles

alteraciones macroscópicas observables. Posteriormente, las muestras fueron fijadas por inmersión en formaldehído al 4 %, con el fin de detener los procesos de autólisis y putrefacción, conservar la arquitectura tisular y mantener las características celulares lo más cercanas posible a su estado original.

Una vez fijadas, se realizó la descripción macroscópica, considerando el tipo de material remitido, dimensiones, morfología, aspecto, coloración y presencia de lesiones visibles. A partir de esta evaluación se seleccionaron las áreas más representativas para el análisis microscópico. Los tejidos fueron cortados en fragmentos pequeños, con un espesor aproximado no mayor a 3–5 mm, y colocados en casetes plásticos debidamente identificados (Fig. 3). Posteriormente, las muestras fueron sometidas a deshidratación en una gradiente de alcohol, aclaramiento con xileno e infiltración con parafina líquida.

Figura 3

Elaboración de bloques de parafina con muestra histopatológica



Este procedimiento permitió realizar cortes finos en el micrótomó mediante bloques histológicos (Fig. 4). Las muestras fueron orientadas adecuadamente de acuerdo con el plano de corte requerido. Luego, los moldes fueron colocados sobre una superficie fría, aproximadamente a 4 °C, hasta lograr la solidificación completa de la parafina (Fig. 5 A-B).

Figura 4.

Corte del bloque con micrótopo



Figura 5

Tejido en el molde con parafina líquida (A) y bloques preparados en la placa fría para su solidificación



Una vez obtenidos los bloques, se realizaron cortes histológicos mediante el uso de un micrótopo y fueron colocados en un baño de flotación a una temperatura aproximada de 35–45 °C, con el propósito de extenderlos adecuadamente. Posteriormente, los cortes fueron recogidos sobre portaobjetos.

Finalmente, las láminas fueron sometidas a tinción histológica con hematoxilina-eosina, PAS y tricrómico de Masson (Fig. 6) y posteriormente montadas y observadas al microscopio óptico bajo aumento 10x, para evaluar la estructura renal, la presencia de alteraciones glomerulares, tubulares, intersticiales o vasculares, y establecer el diagnóstico histopatológico correspondiente (Fig. 7 A-B). La tinción con hematoxilina-eosina permitió valorar la estructura general parénquima renal (presencia de infiltrado inflamatorio, congestión vascular, necrosis, degeneración tubular, dilatación tubular, pérdida del epitelio tubular, presencia de cilindros intratubulares y alteraciones glomerulares), mientras que, con la tinción PAS es posible observar las membranas basales glomerulares y tubulares, la integridad del ovillo glomerular, el engrosamiento de membranas, la esclerosis glomerular, la atrofia tubular y posibles alteraciones del borde epitelial tubular. Por su parte, el tricrómico de Masson se empleó para identificar y estimar la fibrosis intersticial, debido a su utilidad para diferenciar el depósito de colágeno del parénquima renal conservado.

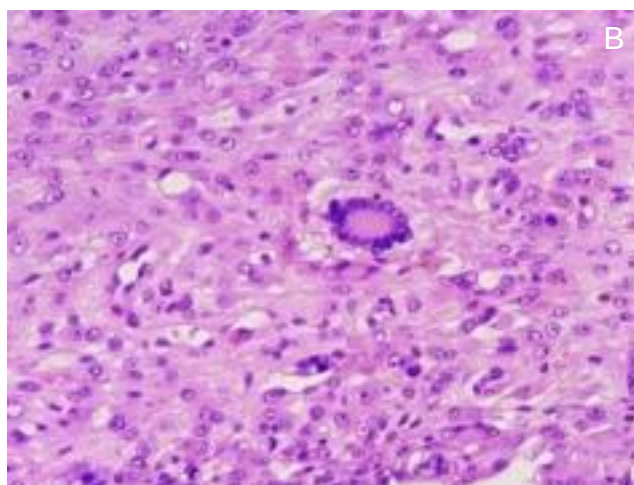
Figura 6

Equipo de tinción automática de muestras histológicas



Figura 7

Microscopio con la preparación histológica (A) y observación microscópica de un corte histológico



La valoración microscópica se efectuó mediante una escala semicuantitativa de lesión renal, con el propósito de estandarizar la interpretación histopatológica. Para cada muestra se evaluaron varios campos microscópicos representativos. Las lesiones

fueron clasificadas según su extensión e intensidad en una escala de 0 a 4, donde: 0 = ausencia de lesión; 1 = lesión mínima o focal, menor al 10 % del campo evaluado; 2 = lesión leve, entre 10 y 25 % del tejido observado; 3 = lesión moderada, entre 26 y 50 %; y 4 = lesión severa, mayor al 50 % del parénquima evaluado.

3.6.3. Cálculo de costos

La evaluación del costo se centró en el análisis de los costos directos de tratamiento, incluyendo las dietas, los suplementos necesarios, el tiempo de manejo veterinario, y las intervenciones médicas.

Los costos directos asociados con cada tratamiento se estimaron utilizando los siguientes criterios:

Costo de las dietas: se calculó el costo por conejo de cada tipo de dieta experimental (dieta ácida, neutra, alcalina, y control) durante el periodo del estudio. Esto incluyó el costo de los ingredientes utilizados, así como los costos de preparación de las dietas. Los precios fueron obtenidos de proveedores de ingredientes veterinarios.

Costo de suplementos y medicamentos: se calcularon los costos relacionados la adquisición y con la compra de equipo para la administración de suplementos o medicamentos adicionales durante el experimento.

Costo del manejo veterinario: se incluyeron los costos derivados del tiempo del personal veterinario encargado de la supervisión y el monitoreo de los animales y la realización de las pruebas diagnósticas (como análisis de sangre y análisis histológicos de riñones).

Costo de la eutanasia y necropsia: Se calcularon los costos asociados con el sacrificio humanitario de los conejos y el análisis histológico, incluyendo los honorarios del personal especializado, el equipo y materiales necesarios para las necropsias y la preparación de las muestras de riñón.

Análisis Costo-Beneficio

El análisis de costo-beneficio se realizó utilizando el método de análisis económico comparativo, en el cual se calculó la relación entre el costo total y el beneficio obtenido para cada grupo experimental. La fórmula general para el análisis de costo-beneficio usada fue la siguiente:

$$\text{Relación Costo-Beneficio (RCB)} = \text{Costo Total} / \text{Beneficio Total}$$

Donde:

Costo Total es la suma de los costos directos de tratamiento por conejo, incluyendo dietas, suplementos, manejo veterinario, y procedimientos de necropsia.

Beneficio Total es la suma de los beneficios derivados de la venta de las canales de acuerdo con el precio en el mercado.

3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico

El estudio fue realizado bajo un diseño completamente al azar, cuya única fuente de variación estuvo representada por el tipo de dietas suministradas a los tres grupos de conejos. Una vez tabulados, se comprobó si los datos siguen una distribución normal (Schober & Schwarte, 2018) y posteriormente analizados mediante ANOVA de una vía. Las variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante una prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$).

3.8. Variables respuesta

Fueron evaluadas características fisicoquímica de la orina en conejos que incluyeron variables físicas como el color, aspecto, densidad, mientras que en las variables químicas consideradas fueron leucocitos, nitritos, urobilinógeno, proteínas, pH, sangre en orina, gravedad específica, cetonas, bilirrubinas, glucosa, cristales de carbonato de calcio. Además, se determinó el contenido de urea y creatinina en sangre.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2. Cualidades físicas y químicas de la orina de conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación mediante el uso de tirillas reactivas

4.2.1. Características físicas de la orina

De forma general, el color amarillo fue la característica predominante en todos los tratamientos, tanto al inicio como al final del ensayo (Tabla 2). Al inicio del ensayo, el 100,0% de los conejos alimentados con la dieta control, a base de concentrado comercial + alfalfa *ad libitum* (T0) presentaron una coloración amarilla, con una reducción de la turbidez de 66,7% al inicio a 28,6% al final, observándose muestras de aspecto claro, ligeramente turbias y transparentes, mostrando la mejor evolución descriptiva del aspecto urinario, debido a la reducción de muestras turbias al finalizar el ensayo.

En conejos alimentados con concentrado comercial + alfalfa *ad libitum* y suplementados con melaza de caña, se observó predominio del color amarillo al inicio del ensayo, con predominio de muestras de orina turbia, seguida de muestras claras, ligeramente turbias y transparentes. Por otra parte, se observó un bajo porcentaje de muestras de color blanquecino y lechoso (11,1% cada una), lo que sugiere que existía una variabilidad en algunos animales. Al final del estudio, incrementó la proporción de muestras de color amarillo, sin embargo, el aspecto turbio continuó siendo frecuente y proporcionalmente mayor que al inicio.

En el tratamiento donde los conejos fueron alimentados con concentrado comercial + alfalfa *ad libitum* y suplementados con melaza de caña más 1 gr de ácido cítrico, aunque la evaluación inicial mostró un predominio de muestras de color amarillo, también se observaron muestras de color lechoso, marrón y blanquecino. Al contrario, todas las muestras registradas fueron de color amarillo con mayor número de muestras de aspecto turbio o ligeramente turbio al final del ensayo.

Tabla 2

Color y aspecto de la orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento	Momento	n	Color de la orina		Aspecto de la orina			
			Amarillo n (%)	Otros n (%)	Turbio n (%)	Ligeramente turbio n (%)	Claro n (%)	Transparente n (%)
CC + alfalfa	Inicial	9	9 (100,0%)	0 (0,0%)	6 (66,7%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)	0 (0,0%)
	Final	7	6 (85,7%)	Pajizo 1 (14,3%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	1 (14,3%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Inicial	9	7 (77,8%)	Blanquecino: 1 (11,1%); lechoso: 1 (11,1%)	5 (55,6%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)
	Final	8	7 (87,5%)	Blanquecino: 1 (12,5%)	5 (62,5%)	2 (25,0%)	0 (0,0%)	1 (12,5%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Inicial	9	6 (66,7%)	Lechoso: 1 (11,1%); marrón: 1 (11,1%); blanquecino: 1 (11,1%)	4 (44,4%)	2 (22,2%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)
	Final	8	8 (100,0%)	0 (0,0%)	4 (50,0%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Inicial	9	8 (88,9%)	Blanquecino: 1 (11,1%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	0 (0,0%)
	Final	8	6 (75,0%)	Pajizo: 1 (12,5%); amarillo intenso: 1 (12,5%)	6 (75,0%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)	1 (12,5%)

CC: concentrado comercial; alfalfa fue suministrada *ad libitum* en todos los tratamiento

De manera similar, las muestras de orina tomadas de conejos alimentados con concentrado comercial + alfalfa *ad libitum* y suplementados con melaza de caña + 1 g de carbonato de calcio, también se observó mayor proporción de muestras de color amarillo tanto al inicio como al final del ensayo y cuyo aspecto se mantuvo entre muestras turbias al final del ensayo.

4.2.2. Características químicas de la orina

Con relación a los valores de la densidad urinaria y el pH, estos se mantuvieron, en términos generales, dentro de los valores de referencia establecidos para la especie, lo que sugiere que las dietas evaluadas no produjeron alteraciones marcadas en estos dos parámetros durante el periodo experimental (Tabla 3). En el tratamiento con concentrado comercial más alfalfa, la densidad urinaria aumentó ligeramente de 1,006 al inicio a 1,009 al final, manteniéndose dentro del rango fisiológico. En cuanto al pH, se observó una disminución discreta de 8,33 a 8,14, con un rango final de 7 a 9.

En el tratamiento con concentrado comercial, alfalfa y 1 ml de melaza de caña, la densidad urinaria aumentó de 1,009 a 1,012, manteniéndose igualmente dentro del rango de referencia, mientras que el pH mostró una variación mínima (de 8,56 a 8,50), con un rango constante entre 8 y 9. En el tratamiento con concentrado comercial, alfalfa, 1 ml de melaza de caña y ácido cítrico, la densidad urinaria y el pH también mostraron un ligero incremento de 1,008 a 1,012 y en el pH de 8,44 a 8,50, manteniéndose el rango entre 8 y 9. Finalmente, en el tratamiento con concentrado comercial, alfalfa, 1 ml de melaza de caña y carbonato de calcio, la densidad urinaria se mantuvo prácticamente estable, con valores de 1,009 durante el estudio, mientras que el pH se incrementó de 8,44 a 8,62, siendo el valor más alto entre todos los tratamientos, lo cual se debe al efecto alcalinizante del carbonato de calcio.

Tabla 3

Comparación descriptiva de densidad urinaria y pH en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento dietético	Momento	Densidad urinaria $\pm$ DE	Rango de densidad	pH $\pm$ DE	Rango de pH
CC + alfalfa	Inicial	1,006 $\pm$ 0,004a	1,003–1,015	8,33 $\pm$ 0,50b	8–9
	Final	1,009 $\pm$ 0,006b	1,005–1,020	8,14 $\pm$ 0,69a	7–9
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Inicial	1,009 $\pm$ 0,005a	1,004–1,020	8,56 $\pm$ 0,53a	8–9
	Final	1,012 $\pm$ 0,005b	1,005–1,020	8,50 $\pm$ 0,53a	8–9
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Inicial	1,008 $\pm$ 0,004a	1,003–1,015	8,44 $\pm$ 0,53a	8–9
	Final	1,012 $\pm$ 0,007b	1,005–1,025	8,50 $\pm$ 0,53a	8–9
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Inicial	1,009 $\pm$ 0,006a	1,003–1,020	8,44 $\pm$ 0,53b	8–9
	Final	1,009 $\pm$ 0,008a	1,000–1,025	8,62 $\pm$ 0,52a	8–9

CC: concentrado comercial; alfalfa fue suministrada ad libitum en todos los tratamientos. Valores promedio en una columna seguidos de la misma letra, no mostraron diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En cuanto a los marcadores químicos urinarios, los valores al inicio del estudio fueron predominantemente negativos en todos los tratamientos, sin embargo, se observó un incremento en el contenido de proteínas, sangre, leucocitos y cuerpos cetónicos al final del periodo experimental (Tabla 4).

Tabla 4

Comparación de marcadores químicos positivos en orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento dietético	Momento	Leucocitos positivos	Proteína positiva	Sangre positivo	Cuerpos cetónicos positivos	Nitritos, urobilinógeno, bilirrubina y glucosa positivos
CC + alfalfa	Inicial	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Final	0 (0,0%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	1 (14,3%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Inicial	0 (0,0%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Final	0 (0,0%)	4 (50,0%)	2 (25,0%)	2 (25,0%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Inicial	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Final	2 (25,0%)	5 (62,5%)	4 (50,0%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Inicial	0 (0,0%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Final	4 (50,0%)	5 (62,5%)	4 (50,0%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)

CC: concentrado comercial; alfalfa fue suministrada ad libitum en todos los tratamientos.

En el tratamiento con concentrado comercial más alfalfa, todos los marcadores fueron negativos al inicio, mientras que al final, el 28,6% de las muestras mostraron casos positivos para proteína y sangre y el 14,3% de cuerpos cetónicos. En el tratamiento que incluía la suplementación con 1 ml de melaza de caña, se observó proteína positiva en el 11,1% al inicio del ensayo, el cual se incrementó hasta el 50,0% al final, además se

observó sangre positiva en el 22,2 y 25,0 % de las muestras al inicio y al final del estudio, respectivamente.

En el tratamiento donde los conejos fueron alimentados con la dieta base suplementada con 1 ml de melaza de caña y ácido cítrico, al inicio solo se observó sangre positiva en el 11,1% de los animales. Al final, los cambios fueron más evidentes, puesto que se observaron leucocitos positivos en el 25,0%, proteína positiva en el 62,5%, sangre positiva en el 50,0% y cuerpos cetónicos en el 12,5%, lo que indica una mayor frecuencia de alteraciones químicas urinarias, especialmente proteinuria y hematuria al final del estudio. Una tendencia similar fue observada en las muestras obtenidas de conejos alimentados con la dieta basal más 1 ml de melaza de caña y carbonato de calcio. Por el contrario, los contenidos de nitritos, urobilinógeno, bilirrubina y glucosa permanecieron negativos en todos los tratamientos, tanto al inicio como al final. Esto sugiere que no hubo evidencia mediante tirillas de glucosuria, bilirrubinuria, alteraciones del metabolismo del urobilinógeno ni positividad de nitritos.

Adicionalmente, el examen microscópico del sedimento urinario permitió complementar el uroanálisis químico, ya que permitió identificar elementos celulares, bacterias, moco y cilindros que pueden orientar sobre procesos inflamatorios, irritativos o sedimentarios en el tracto urinario (Tabla 5).

En el tratamiento con concentrado comercial más alfalfa, se observó un incremento final del número de células epiteliales bajas de 22,2% a 42,9% y de hematíes de 11,1% a 28,6%. Sin embargo, los piocitos desaparecieron al final y la presencia de bacterias disminuyó de 55,6% a 42,9%. En el caso de muestras de orina tomadas de conejos alimentados con concentrado comercial, alfalfa y 1 ml de melaza de caña, se observaron cambios moderados, puesto que las células epiteliales bajas aumentaron de 22,2% a 37,5%, mientras que los piocitos y hematíes se mantuvieron en proporciones similares. Las bacterias aumentaron ligeramente de 55,6% a 62,5% y se registró un caso de cilindros positivos al final, equivalente al 12,5%.

En conejos suplementados con melaza de caña y ácido cítrico, se observaron cambios más evidentes, con un incremento de las células epiteliales bajas de 22,2% a 62,5%,

los piocitos de 0,0% a 37,5%, los hematíes de 11,1% a 62,5% y las bacterias de 22,2% a 62,5%, lo que es indicativo de procesos inflamatorios, lo que es compatible con una respuesta urinaria más activa o irritativa. Por último, en el grupo de conejos suplementados con melaza de caña y carbonato de calcio, las células epiteliales bajas se mantuvieron casi estables, de 22,2% a 25,0%, sin embargo, se observó un incremento en el conteo de piocitos (de 22,2% a 50,0%), hematíes (de 44,4% a 50,0%) y bacterias (de 66,7% a 75,0%), sugiriendo mayor compromiso microscópico del sedimento urinario.

Por último, el análisis de cristales urinarios demostró algún grado de cristaluria tanto al inicio como al final del estudio en todos los tratamientos, con predominio de cristales de carbonato de calcio y fosfatos amorfos, hallazgo esperable en conejos debido a su metabolismo particular del calcio y a la naturaleza alcalina de la orina (Tabla 6).

En el tratamiento con concentrado comercial más alfalfa, los cristales de carbonato de calcio se mantuvieron elevados, con un ligero incremento de 66,7% a 71,4%, los cristales de fosfato de amonio mostraron un incremento ligero (de 11,1% a 14,3%), mientras que los fosfatos amorfos casi se duplicaron (de 22,2% a 42,9%).

Tabla 5

Comparación microscópica de la orina en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento dietético	Momento	Células epiteliales bajas	Piocytes aumentados	Hematíes aumentados	Bacterias positivas	Moco positivo	Cilindros positivos
CC + alfalfa	Inicial	2 (22,2%)	1 (11,1%)	1 (11,1%)	5 (55,6%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)
	Final	3 (42,9%)	0 (0,0%)	2 (28,6%)	3 (42,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Inicial	2 (22,2%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)	5 (55,6%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)
	Final	3 (37,5%)	1 (12,5%)	2 (25,0%)	5 (62,5%)	0 (0,0%)	1 (12,5%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Inicial	2 (22,2%)	0 (0,0%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)
	Final	5 (62,5%)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	5 (62,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Inicial	2 (22,2%)	2 (22,2%)	4 (44,4%)	6 (66,7%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)
	Final	2 (25,0%)	4 (50,0%)	4 (50,0%)	6 (75,0%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)

CC: concentrado comercial; alfalfa fue suministrada *ad libitum* en todos los tratamientos

Tabla 6

Comparación de cristales urinarios en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento dietético	Momento	Cristales de carbonato de calcio	Cristales de fosfato de amonio	Cristales de fosfatos amorfos
CC + alfalfa	Inicial	6 (66,7%)	1 (11,1%)	2 (22,2%)
	Final	5 (71,4%)	1 (14,3%)	3 (42,9%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Inicial	2 (22,2%)	3 (33,3%)	4 (44,4%)
	Final	5 (62,5%)	1 (12,5%)	4 (50,0%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Inicial	5 (55,6%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)
	Final	4 (50,0%)	2 (25,0%)	5 (62,5%)
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Inicial	3 (33,3%)	2 (22,2%)	2 (22,2%)
	Final	6 (75,0%)	2 (25,0%)	5 (62,5%)

CC: concentrado comercial; alfalfa fue suministrada ad libitum en todos los tratamientos.

En conejos suplementados con melaza de caña, se observó un claro aumento del número de cristales de carbonato de calcio (de 22,2% a 62,5%), mientras que, los cristales de fosfato de amonio disminuyeron (de 33,3% a 12,5%) y los cristales de fosfatos amorfos se mantuvieron relativamente estables (44,4% a 50,0%).

Contrariamente, se observó disminución de los cristales de carbonato de calcio disminuyeron ligeramente (de 55,6% a 50,0%) en conejos alimentados con concentrado comercial, alfalfa, melaza de caña y ácido cítrico, mientras que los cristales de fosfato de amonio se mantuvieron prácticamente estables. Sin embargo, se observó un incremento importante en los fosfatos amorfos (de 11,1% a 62,5%).

4.2.3. Variables séricas

Los valores de urea sérica mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($F = 5,318$; $p = 0,0052$), con el menor valor observado en el grupo de conejos suplementados con melaza de caña (4,37 mmol/L), mientras que los grupos suplementados con ácido cítrico y carbonato de calcio presentaron valores promedio de 6,41 y 6,17 mmol/L, respectivamente. De forma similar, el BUN presentó diferencias significativas entre tratamientos ($F = 5,308$; $p = 0,0052$), con el menor promedio en el tratamiento con melaza de caña y valores superiores en los tratamientos suplementados con ácido cítrico y carbonato de calcio.

En contraste, la creatinina sérica no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($F = 1,770$; $p = 0,1767$), aunque se observaron valores promedio numéricamente superiores en los grupos suplementados con ácido cítrico y carbonato de calcio.

4.2.4. Hallazgos ecográficos en la vejiga urinaria

Las ecografías realizadas en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa muestran imágenes de vejiga medianamente llenas donde se observa una vejiga de pared fina con orina (anecóica) y escaso sedimento, se muestra artefacto ecográfico que aparenta ser sedimento vesical (Fig. 9 A-B) comparado con una vejiga medianamente llena, sin evidencia aparente de sedimento vesical. A los 60 días del experimento se observa vejiga aparentemente llena con orina y sedimento vesical en mediana cantidad con ecogenicidad (hipoecoica) y de apariencia medianamente fina, mostrándose un aumento evidente del sedimento urinario y la pared vesical con mayor grosor (1,23 mm) y en otros especímenes se observó escaso sedimento urinario y pared fina (0,61 mm) (Fig. 9 C-D).

Figura 8

Variación en los valores de urea, BUN y creatinina séricas en conejos sometidos a diferentes tratamientos dietéticos.

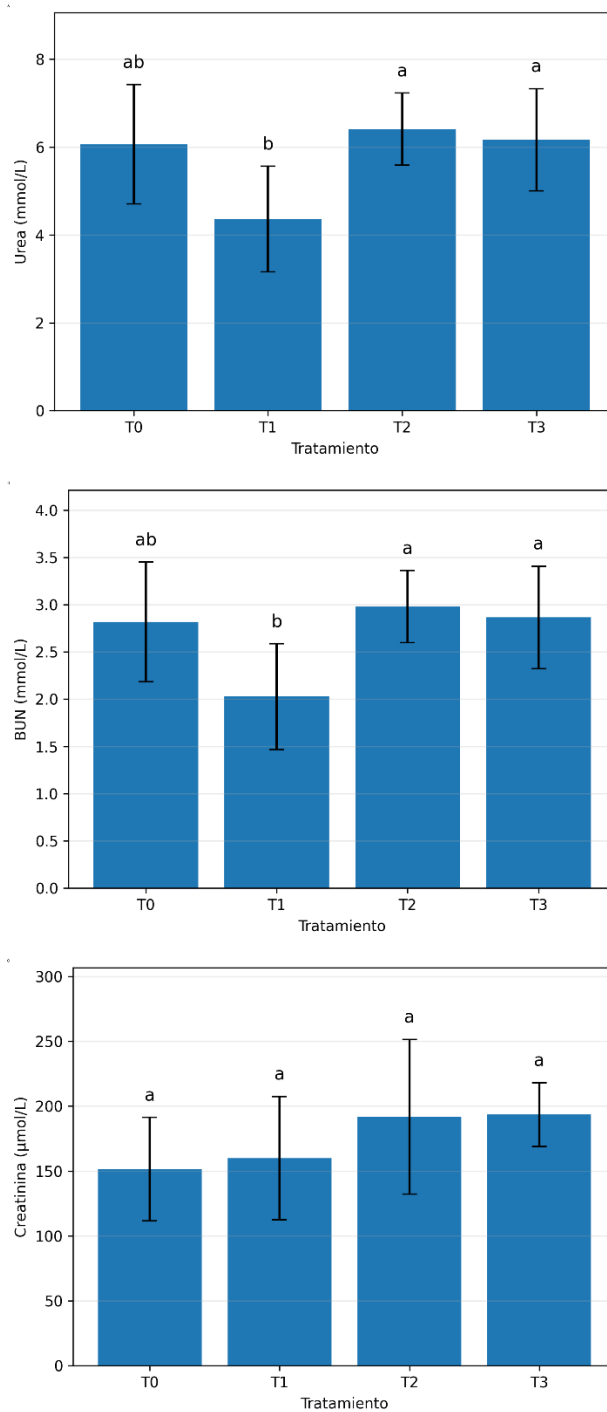
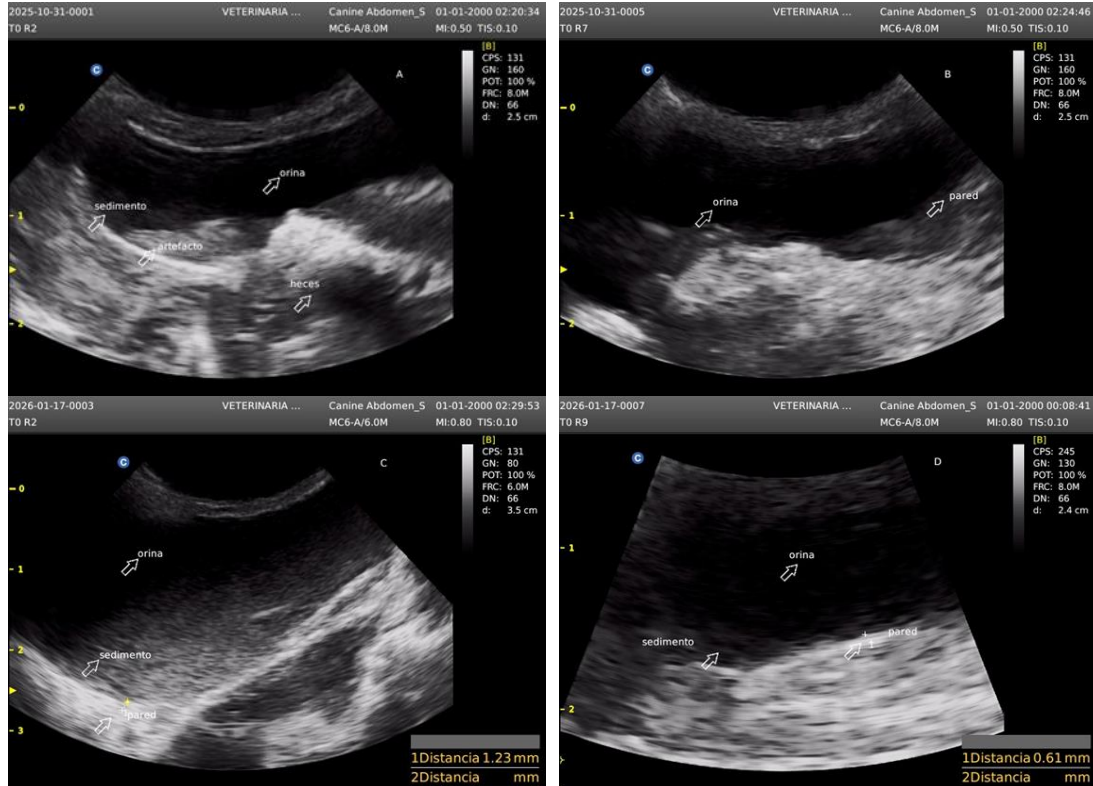


Figura 9

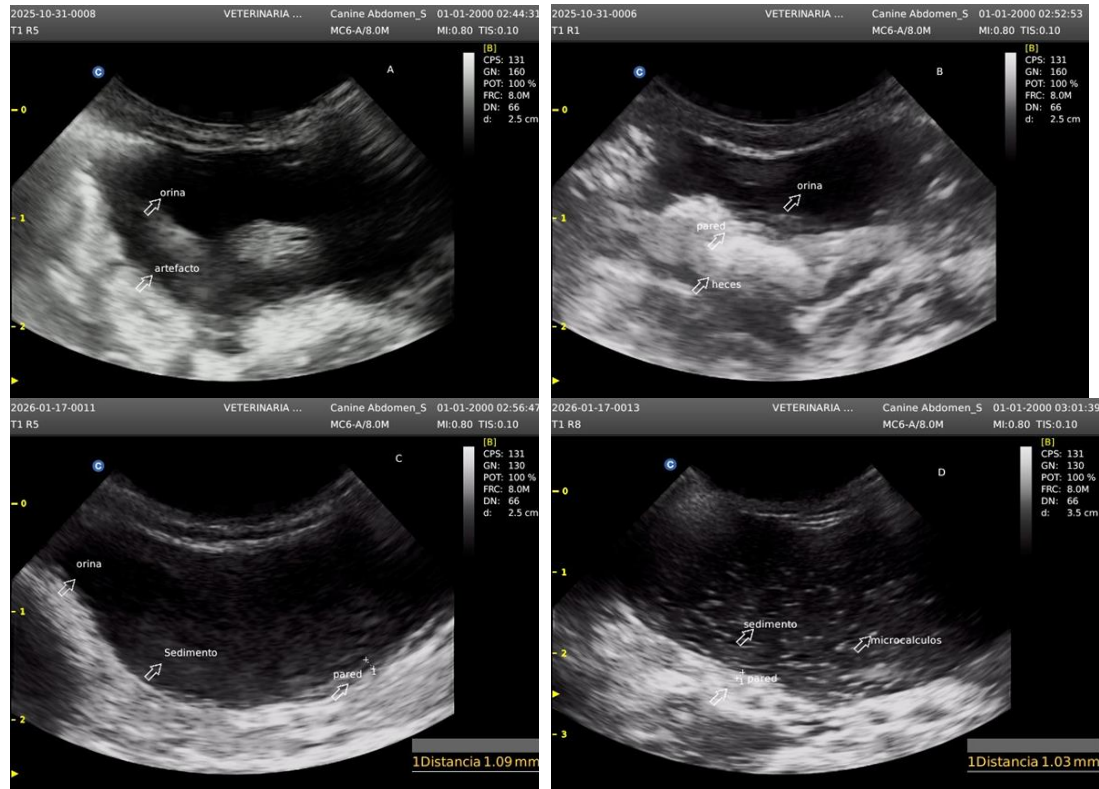
Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa



En conejos suplementados con melaza, las ecografías tomadas al inicio del ensayo no se observó presencia de sedimento urinario, encontrando claramente solo orina (anecóica) con presencia de artefactos ecográficos (refracción del colon descendente) (Figs. 10 A-B), mientras que en las imágenes tomadas al final del experimento se evidenció un claro aumento de sedimento, pared fina (1,09 mm de grosor) con notorio aumento del sedimento vesical proyectados como focos hiperecogénicos (microcálculos) flotando en gran parte de la orina (Figs. 10 C-D).

Figura 10

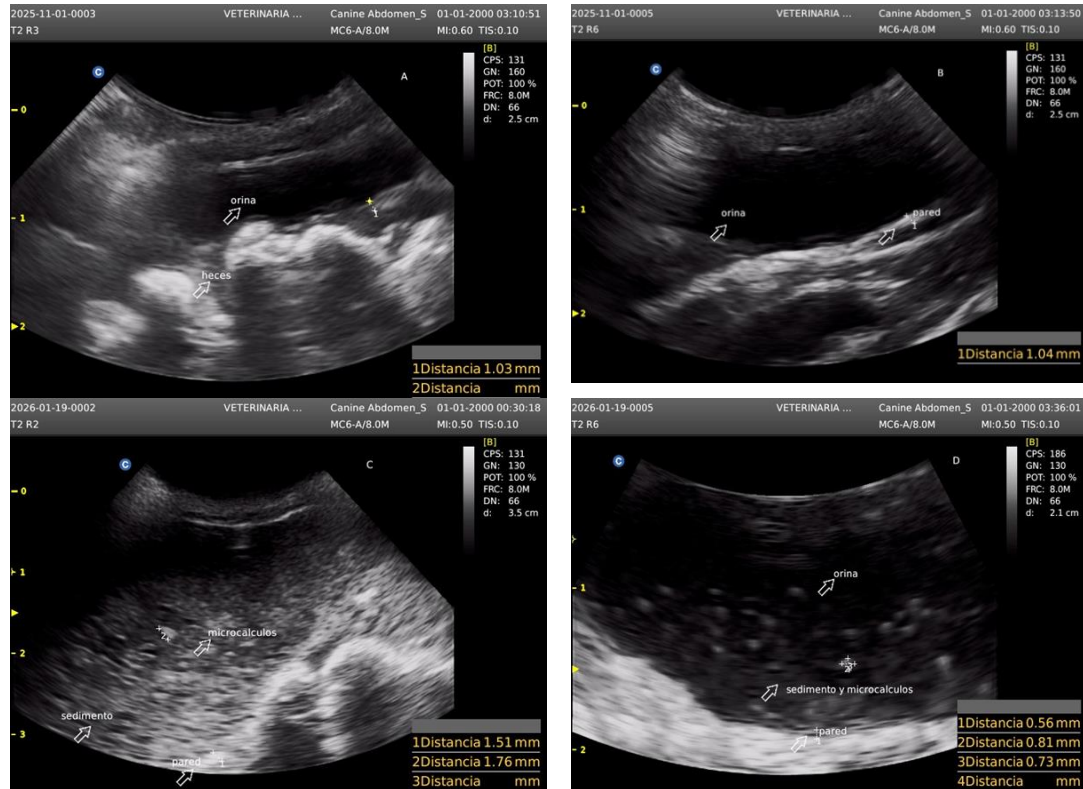
Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza



En cuanto a los conejos suplementados con melaza de caña y ácido cítrico no se evidenció la presencia de sedimento vesical durante la etapa inicial del ensayo, observándose una vejiga medianamente llena con pared vesical fina (1,03-1,04 mm) y acúmulo de heces en colon descendente (Figs. 11 A-B). Contrariamente, en imágenes ecográficas tomadas al final de la experimentación, se observa aumento en la pared vesical (1,51 mm), con sedimento heterogéneo abundante (lodo vesical), microcálculos como partículas hiperecogénicas, donde resalta una partícula con forma de punta de flecha con una longitud de 1,76 mm (Figs. 11 C-D). Adicionalmente, la imagen en zoom con vejiga llena muestra la pared vesical de 0,56 mm y sedimento heterogéneo con focos hiperecogénicos de apariencia esférica con diámetro 0,81mm (distancia 2) y 0,73 mm (distancia 3), que resaltan dentro del sedimento más fino.

Figura 11

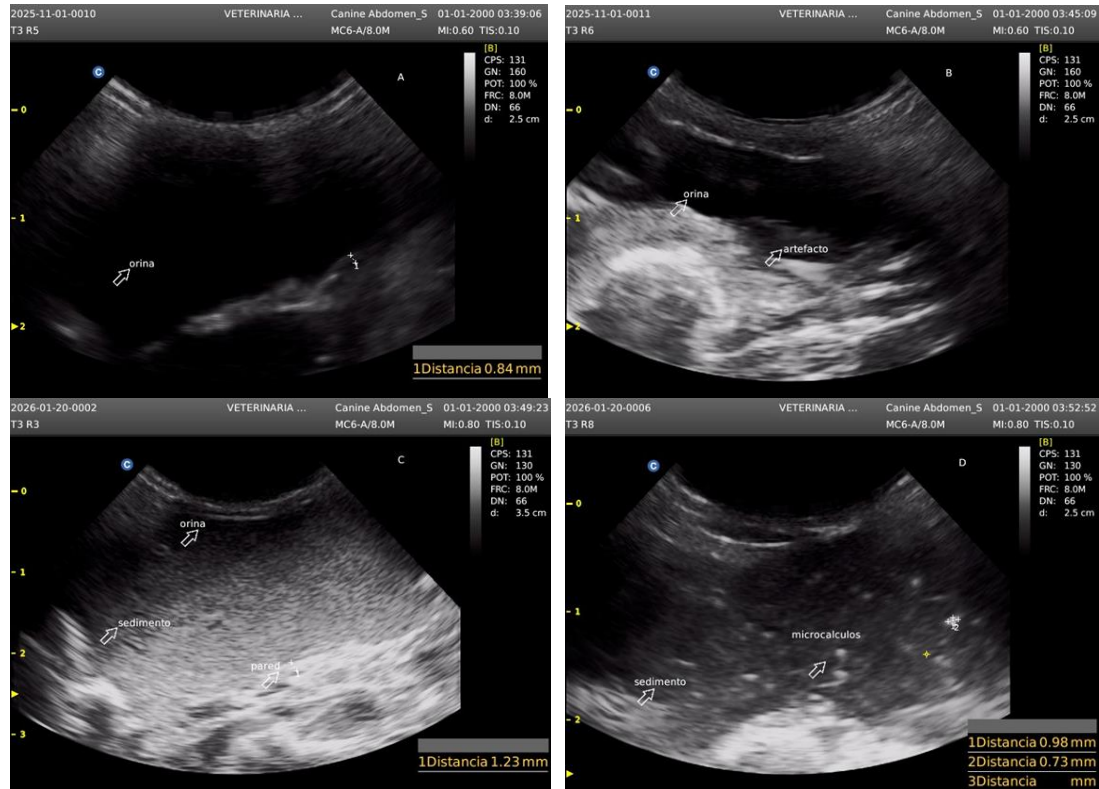
Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza y ácido cítrico



De manera similar, al inicio del experimento no se observaron evidencias ecográficas de sedimento vesical en conejos suplementados con melaza de caña y carbonato de calcio, con una vejiga con orina (anecóica) de pared fina (0,84 mm) (Fig. 12 A), mientras que en una vejiga con mediana cantidad de orina se observó un artefacto ecográfico refractario del colon descendente (Fig. 12 B). En las imágenes de vejiga llena tomadas en postexperimentación se observó una abundante cantidad de sedimento (barro urinario), de partículas finas de apariencia homogénea que reflejan alta hiperecogenicidad y pared vesical con un grosor de 1,23 mm (Fig. 12 C), además de sedimento vesical heterogéneo, con focos hiperecogénicos de mayor tamaño (microcálculos) que resaltan entre el sedimento más fino, con diámetro de 0,98 mm (distancia 1) y 0,73 mm (distancia 2) (Fig. 12 D).

Figura 12

Ecografía de vejiga en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa suplementados con melaza y carbonato de calcio



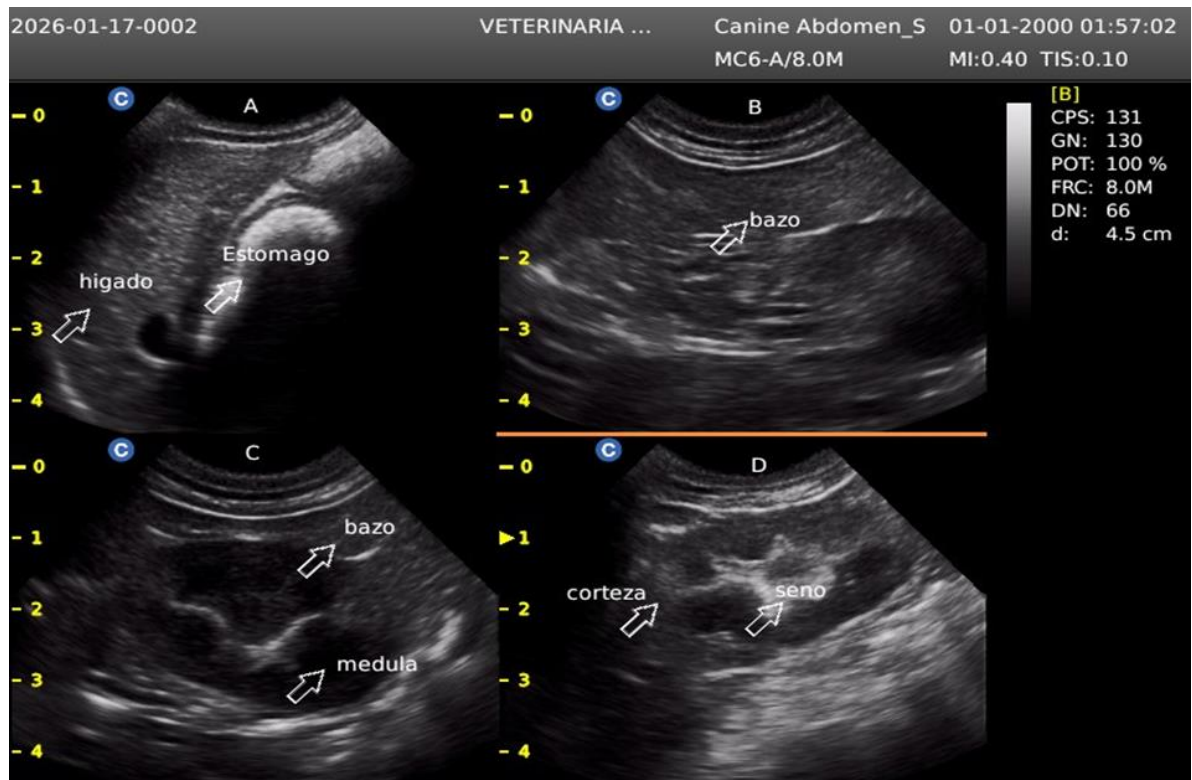
4.2.5. Hallazgos ecográficos renales

De acuerdo con los hallazgos ecográficos en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa, se observó un parénquima hepático homogéneo con baja ecogenicidad (hipoecogénico). De manera similar, se observó en bazo como una estructura alargada plana y fina dentro de una capsula esplénica hiperecogénica (Figs. 13 A-B). En las figuras 13 C-D se muestra el riñón izquierdo y derecho con forma ovoide, de bordes lisos y regulares con cápsula renal hiperecogénica. Además, se observa una clara diferenciación córtico-medular, con la corteza renal hiperecogénica en relación con el bazo. Estos resultados son compatibles con nefropatía renal difusa

bilateral, caracterizada por aumento de la ecogenicidad de la corteza renal al compararla con hígado/bazo, lo que puede asociarse a enfermedad renal crónica o a procesos inflamatorios o nefropatías agudas.

Figura 13

Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos alimentados con concentrado comercial más alfalfa

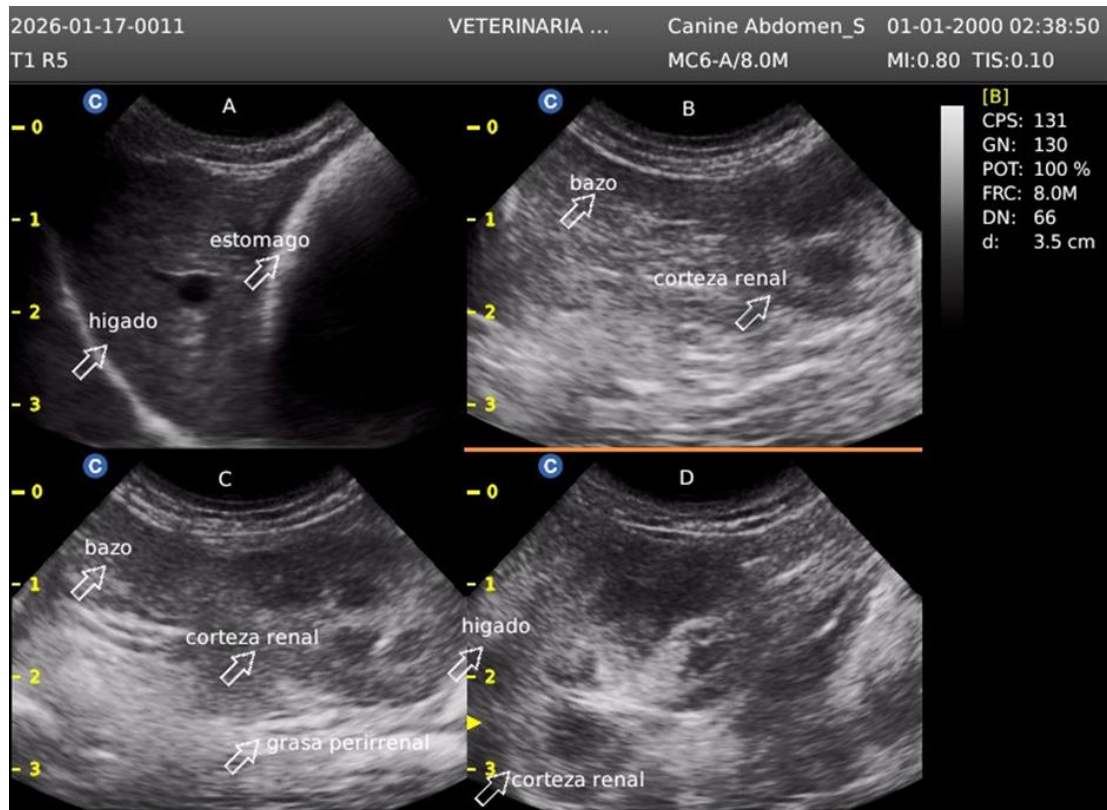


En conejos suplementados con melaza, las imágenes ecográficas muestran un hígado de bordes lisos y parénquima homogéneo y ecogenicidad hipoecogénica, riñón en corte transversal con buena diferenciación cortico medular, corteza renal isoecogénica en relación con el parénquima esplénico (Fig. 14 A-B). El riñón izquierdo en corte longitudinal muestra corteza renal isoecogénica en relación con el parénquima del bazo, con abundante grasa perirrenal (flecha parte inferior de la imagen) (Fig. 14 C) y el riñón derecho en corte longitudinal con forma ovoide, bordes lisos y buena

diferenciación córtico-medular, corteza renal isoecogénica en relación con el parénquima hepático (Fig. 14 D).

Figura 14

Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementados con melaza

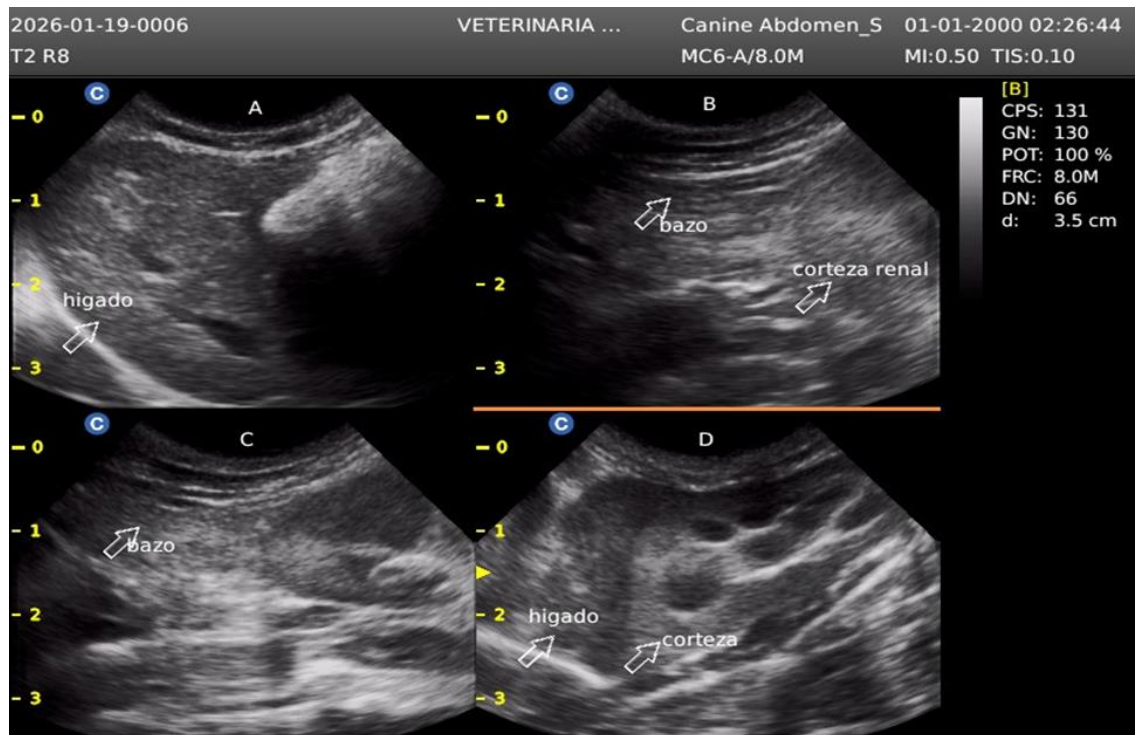


En conejos suplementados con melaza de caña y ácido cítrico se observó un hígado con parénquima hepático de grano fino y bordes lisos, con ecogenicidad aumentada respecto al bazo que se observa ligeramente más hipoeecogénico (Fig. 15 A) y la corteza renal hipereecogénica en relación con el bazo (Fig. 15 B). El riñón izquierdo visto en corte longitudinal, se observa de forma ovoide, con bordes lisos y regulares, con buena diferenciación córtico-medular, presentando una corteza renal hipereecogénica en relación con una parte del parénquima esplénico e isoecogénica con otra zona del parénquima esplénico, lo que indica que la reflexión de la grasa perirrenal afecta la

ecogenicidad del bazo y la corteza renal (Fig. 15 C). En el caso del riñón derecho visto en corte longitudinal, se observa con bordes lisos y corteza renal homogénea, con buena diferenciación córtico medular, corteza renal con relación al parénquima hepático y al bazo se observa más hiperecogénica (Fig. 15 D).

Figura 15

Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementado con melaza y ácido cítrico

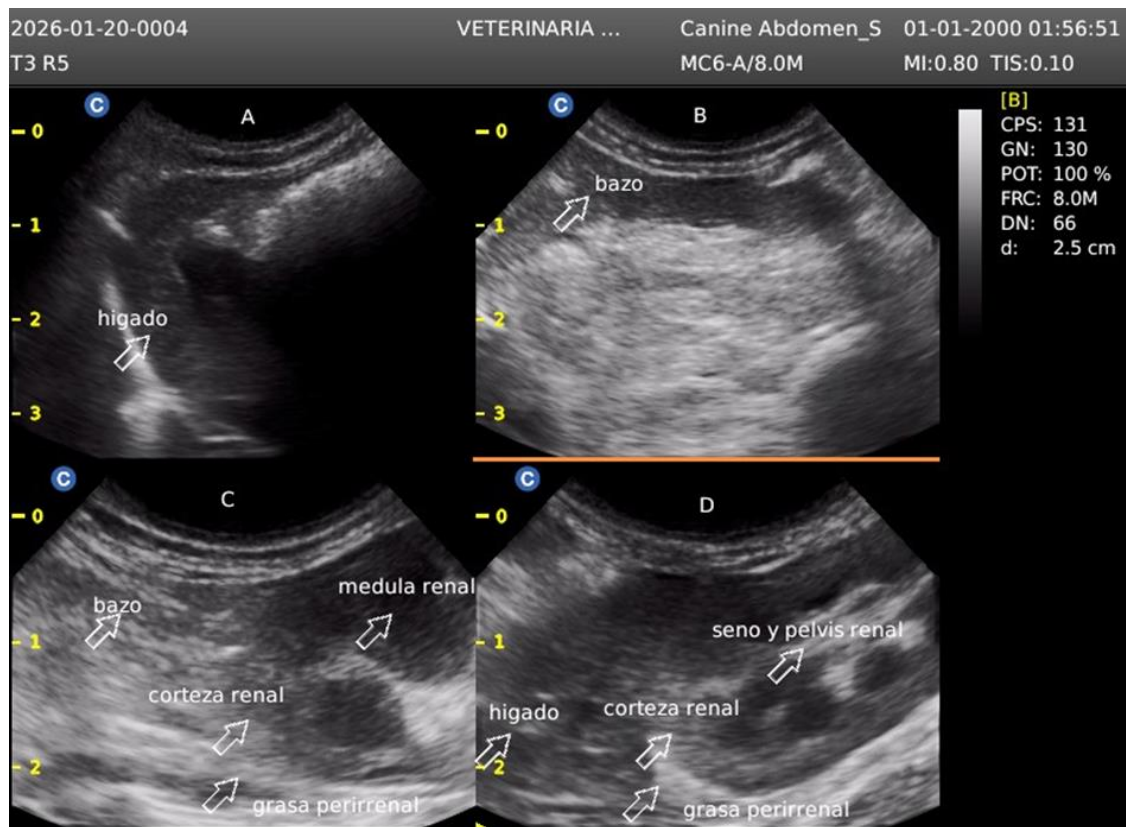


Finalmente, en conejos suplementados con melaza de caña y carbonato de calcio se observó el hígado cercano al estómago, un bazo alargado y plano de bordes lisos y parénquima esplénico homogéneo con ecogenicidad (hipoecogénico) (Figs. 16 A-B). Riñón izquierdo con clara diferenciación córtico-medular, con corteza renal isoecogénica en relación con parénquima esplénico, abundante grasa perirrenal (hiperecogénica) parte inferior de la imagen (Fig. 16 C). Riñón derecho de forma ovoide en corte longitudinal, con bordes lisos y una clara diferenciación córtico-medular con una corteza renal isoecogénica en relación con el parénquima hepático

con isoecogenicidad. También es notorio la presencia de grasa perirrenal (hiperecogénica) (flecha parte inferior de la imagen), se observa también el seno y pelvis renal (hiperecogénicas) (Fig. 16 D).

Figura 16

Comparación ecográfica de la ecogenicidad de la corteza renal en conejos suplementado con melaza y carbonato de calcio



Basado en los resultados, las variaciones en las dietas no produjeron una modificación marcada del color de la orina, lo que sugiere que, en términos generales, las dietas no generaron alteraciones metabólicas expresadas como cambios intensos de pigmentación urinaria. Sin embargo, el aspecto de la orina sí mostró diferencias entre tratamientos, observándose que, en los grupos suplementados con melaza, ácido cítrico o carbonato de calcio, la proporción de muestras turbias se mantuvo o se incrementó al final del ensayo. En conejos, la orina puede ser fisiológicamente turbia por la excreción de sales de calcio; además, el color puede variar de amarillo a naranja, rojizo o marrón

por factores dietarios, sin que esto implique necesariamente hematuria (Smith, 2021; Sze-Yu et al., 2025).

La persistencia de turbidez en los grupos suplementados puede estar relacionada con la interacción entre la alfalfa con los aditivos, puesto que este tipo de forraje es una fuente importante de calcio, y el conejo es capaz de absorber una proporción considerable del calcio de la dieta y eliminar el excedente principalmente por vía renal (Smith, 2021). Por ello, una mayor carga mineral en la dieta pudo haber favorecido la formación de sales cálcicas y aumentar el aspecto turbio o “lechoso” de la orina, incluso en ausencia de enfermedad clínica manifiesta (Sze-Yu et al., 2025). Esto se asocia con la cristaluria observada en todos los tratamientos, especialmente por cristales de carbonato de calcio y fosfatos amorfos, lo cual es consistente con la fisiología del conejo cuya orina es naturalmente alcalina y elevada excreción urinaria de calcio (Di Girolamo & Selleri, 2020; Lossi et al., 2016).

En cuanto a la densidad urinaria y el pH, los valores se mantuvieron dentro de rangos compatibles con la fisiología del conejo, los cuales concuerdan con estudios recientes en conejos donde se reportan pH urinarios alcalinos cercanos a 8,2–8,3 y rangos de densidad variables, dependientes del consumo de agua, volumen urinario y estado fisiológico (Siburian et al., 2021).

Entre los hallazgos más relevantes se observó que el ácido cítrico no redujo el pH urinario, por el contrario, en el tratamiento donde se suplementó con melaza más ácido cítrico, el valor de pH se mantuvo dentro del rango alcalino (8,44-8,50), lo que indica que su efecto acidificante no fue suficiente para superar la capacidad tampón de la dieta y de la fisiología renal del conejo. Sin embargo, estudios previos han demostrado que la suplementación con ácidos orgánicos en conejos Nueva Zelanda no modificó significativamente el consumo de materia seca, la ganancia diaria ni la conversión alimenticia, aunque sí mejoró algunos coeficientes de digestibilidad y redujo el pH fecal (Dharavath et al., 2026).

Por su parte, la suplementación con carbonato de calcio provocó en incremento del pH final, lo cual tiene relevancia sanitaria porque la precipitación de carbonato de calcio y

fosfatos se favorece en medios alcalinos. Los urolitos en conejos se asocian principalmente con cristales de carbonato de calcio y fosfato triple, especialmente cuando el pH se eleva hacia 8,5–9,5; también menciona como factores predisponentes el desequilibrio nutricional, la ingesta hídrica insuficiente, infecciones y alteraciones metabólicas (Volk et al., 2018). Por lo tanto, aunque el incremento de pH observado no permite diagnosticar enfermedad, sí sugiere que la suplementación con CaCO_3 podría aumentar el ambiente químico favorable para sedimentación mineral, particularmente cuando se combina con una dieta rica en alfalfa.

Con relación a los marcadores químicos urinarios, se observó un incremento de la frecuencia de proteína, sangre, leucocitos y cuerpos cetónicos, especialmente en los grupos con melaza más ácido cítrico y melaza más carbonato de calcio, donde se verificó proteinuria positiva en 62,5% de las muestras y sangre positiva en 50,0%; además, el grupo con CaCO_3 presentó leucocitos positivos en 50,0% y el grupo con ácido cítrico en 25,0%. Esta combinación de proteinuria, hematuria y leucocituria puede interpretarse como indicativa de irritación, inflamación o compromiso del tracto urinario, aunque no debe asumirse como diagnóstico definitivo sin cultivo, relación proteína:creatinina urinaria, evaluación clínica y confirmación microscópica (Barchilon et al., 2024).

Finalmente, los resultados aportan evidencia preliminar relevante sobre el efecto de la suplementación con modificadores del pH urinario. Sin embargo, esta debe evaluarse con cautela, ya que la fisiología mineral de la especie y la naturaleza alcalina de la orina pueden limitar el efecto esperado de los aditivos y favorecer cambios sedimentarios. En tal sentido, las investigaciones futuras deberían evaluar el contenido de calcio y fósforo en la orina, la relación proteína:creatinina, urocultivo, consumo de agua, volumen urinario, análisis estadístico inferencial y seguimiento clínico, para determinar si las alteraciones observadas representan respuestas fisiológicas transitorias o signos tempranos de compromiso urinario.

4.2. Relación entre el tipo de alimentación y la composición fisicoquímica de la orina en conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación

No se detectó relación entre el tipo de alimentación y la composición fisicoquímica de la orina, por lo tanto, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la densidad urinaria ($F = 0,531$ y $p = 0,665$) ni en el pH ($F = 0,978$ y $p = 0,417$) por efecto del tipo de alimentación al final del estudio (Tabla 7), aun cuando, se observó un pH final más alcalino en la orina obtenida de conejos dentro del tratamiento con carbonato de calcio.

Tabla 7

Efecto del tipo de alimentación sobre densidad urinaria y pH al final del experimento

Variable	gl	F	p-valor	Tamaño del efecto η^2
Densidad de la orina	3; 27	0,531	0,665	0,056 ^{ns}
pH urinario	3; 27	0,978	0,417	0,098 ^{ns}

En las variables categóricas del uroanálisis y del sedimento urinario, la presencia de leucocitos fue el único marcador que mostró una asociación estadísticamente significativa con el tipo de alimentación ($\chi^2 = 8,577$, $p = 0,041$ y V de Cramer = 0,526), lo que evidenció una relación entre la dieta suministrada y la leucocituria, observándose mayor frecuencia de casos positivos en conejos alimentados con dieta base suplementados con ácido cítrico y carbonato de calcio (Tabla 8).

Tabla 8

Asociación entre tipo de alimentación y marcadores químicos/microscópicos positivos al final del experimento

Variable	χ^2	P valor	V de Cramer
Leucocitos positivos	8,577	0,041	0,526*
Proteína positiva	2,256	0,592	0,270 ^{ns}
Sangre positiva	1,797	0,630	0,241 ^{ns}
Cuerpos cetónicos positivos	0,639	1,000	0,144 ^{ns}
Células epiteliales bajas aumentadas	2,399	0,539	0,278 ^{ns}

Piocitos aumentados	6,192	0,131	0,447 ^{ns}
Hematíes aumentados	3,059	0,438	0,314 ^{ns}
Bacterias positivas	1,646	0,695	0,230 ^{ns}
Cristales de carbonato de calcio	1,281	0,848	0,203 ^{ns}
Cristales de fosfato de amonio	0,683	1,000	0,148 ^{ns}
Cristales de fosfatos amorfos	0,861	0,891	0,167 ^{ns}

Por otra parte, la presencia de proteína, sangre, cuerpos cetónicos, células epiteliales, piocitos, hematíes, bacterias y cristales urinarios no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes regímenes dietarios aplicados a los conejos en experimentación. Sin embargo, desde el punto de vista descriptivo, los tratamientos con ácido cítrico y carbonato de calcio mostraron las mayores frecuencias de proteinuria, hematuria, piocitos y cristaluria. Dado que no se observaron diferencias estadísticas, estos hallazgos deben interpretarse como tendencias biológicas relevantes que requieren integración con el análisis histológico renal.

La falta de relación entre el tipo de alimentación y la densidad urinaria y el pH de la orina sugiere que los compuestos de la dieta en cualquiera de los tratamientos no fueron suficientes para alterar de forma marcada los parámetros fisicoquímicos generales de la orina. En este sentido, la falta de diferencias significativas en pH y densidad puede explicarse por el efecto dominante de la dieta basal, compuesta por concentrado comercial y alfalfa *ad libitum* en todos los tratamientos.

Por otra parte, la asociación entre el tipo de alimentación y la presencia de leucocitos en orina sugiere que los tratamientos con ácido cítrico y carbonato de calcio pudieron inducir una mayor respuesta inflamatoria o irritativa en el tracto urinario. Aunque esta evidencia no permite establecer por sí sola un diagnóstico de enfermedad urinaria, sí constituye una señal biológica importante, especialmente porque se acompañó de mayores frecuencias de proteinuria, hematuria, piocitos y cristaluria en estos mismos tratamientos.

4.3. Análisis histológico de las posibles alteraciones renales en conejos sometidos a distintos tipos de dietas alimenticias

En general, se observó que el parénquima renal mostró una organización estructural parcialmente conservada en la mayoría de los tratamientos, con alteraciones leves que van desde una nefritis intersticial mononuclear leve a moderada, congestión vascular, dilatación tubular multifocal y cilindros proteináceos en algunos conejos (Tabla 9).

Tabla 9

Resumen histopatológico renal en conejos alimentados con diferentes regímenes dietarios

Tratamiento dietético	Hallazgos histopatológicos predominantes	Interpretación general
CC + alfalfa	Nefritis intersticial mononuclear leve a moderada, congestión vascular, dilatación tubular multifocal y cilindros proteináceos en una muestra	Alteraciones inflamatorias intersticiales frecuentes, con compromiso tubular en algunos casos
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña	Arquitectura parcialmente conservada, infiltrado inflamatorio intersticial leve a moderado, dilatación tubular, cilindros proteináceos, congestión vascular y necrosis tubular focal en una muestra	Cambios túbulo-intersticiales más evidentes, con lesión tubular focal en una muestra
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + ácido cítrico 1 g/conejo	Predominio de arquitectura renal conservada, nefritis intersticial leve a moderada, congestión leve y mínima alteración estructural	Lesiones predominantemente leves, con menor evidencia de daño tubular severo
CC + alfalfa + 1 ml de melaza de caña + CaCO ₃ 1 g/conejo	Arquitectura renal mayormente conservada, infiltrado inflamatorio intersticial focal leve a moderado, cambios	Patrón variable, con inflamación intersticial y cambios túbulo-intersticiales moderados en casos puntuales

Las muestras renales tomadas de conejos del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa mostraron una estructura conservada en la mayoría de los casos; sin embargo, se identificaron lesiones microscópicas compatibles con un proceso inflamatorio intersticial (Fig. 17). Entre los hallazgos más relevantes se incluyeron infiltrado inflamatorio mononuclear, congestión vascular y dilatación tubular multifocal, mientras que en una de las muestras se observó dilatación tubular moderada a severa con material eosinofílico intraluminal compatible con cilindros proteináceos, hallazgo que puede relacionarse con proteinuria o concentración urinaria aumentada (Fig. 18).

Figura 17

Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se observa infiltrado inflamatorio intersticial mononuclear focal, con conservación general de la arquitectura renal. Hematoxilina-eosina, 10x.

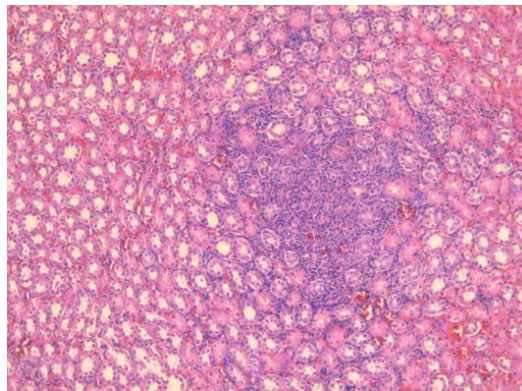
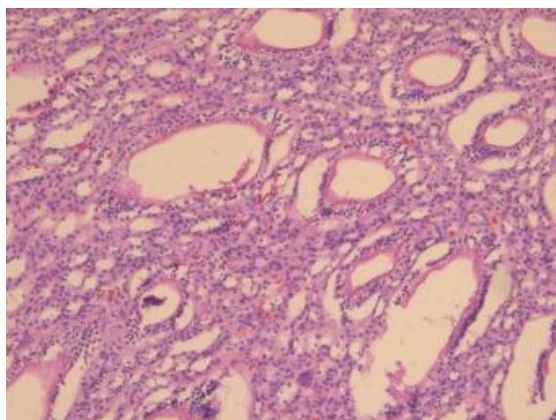


Figura 18

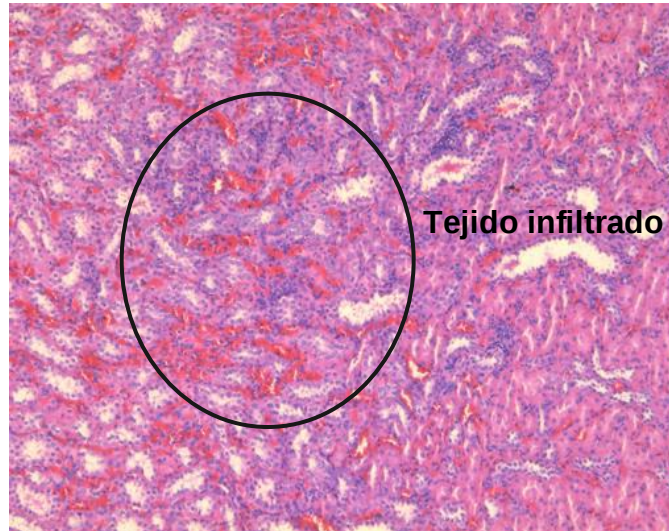
Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se evidencia dilatación tubular marcada con material eosinofílico intraluminal compatible con cilindros proteináceos. Hematoxilina-eosina, 10x.



Adicionalmente, la lesión que se observó con mayor frecuencia fue una nefritis intersticial mononuclear de intensidad leve a moderada, acompañada en algunos casos de congestión vascular (Fig. 19). Los glomérulos se mantuvieron relativamente conservados y no se observaron cristales intratubulares ni intersticiales. Desde el punto de vista histopatológico, estos hallazgos indican que existieron alteraciones inflamatorias renales, aunque sin evidencia de necrosis extensa, mineralización visible o daño glomerular significativo.

Figura 19

Corte histológico de riñón de conejo del grupo alimentado con concentrado comercial más alfalfa. Se observa nefritis intersticial mononuclear moderada asociada a congestión vascular, sin evidencia de cristales intratubulares. Hematoxilina-eosina, 10x.



En el grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña, se evidenció mayor variación a nivel histológico, puesto que algunas muestras mostraron una estructura renal conservada, con cambios leves que son compatibles con síntomas de inflamación intersticial incipiente; sin embargo, otras presentaron alteraciones túbulo-intersticiales más evidentes (Fig. 20). Además, se observaron infiltrados inflamatorios mononucleares focales o difusos, dilatación tubular leve a moderada, tumefacción epitelial, presencia de cilindros proteináceos y congestión vascular (Fig. 21).

Figura 20

Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa arquitectura renal conservada con cambios leves compatibles con inflamación intersticial incipiente. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.

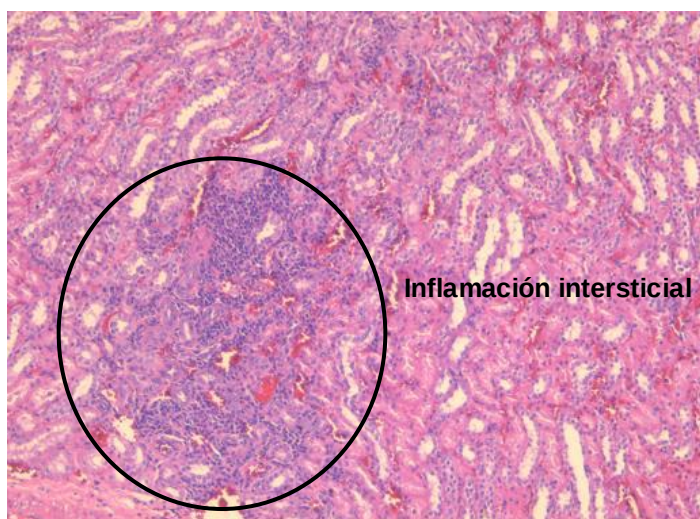
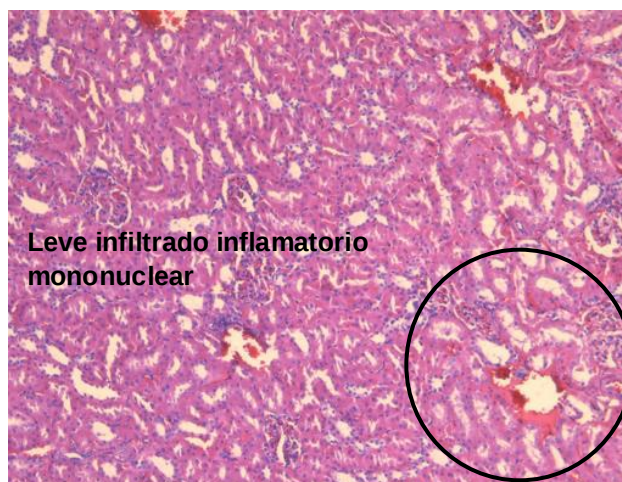


Figura 21

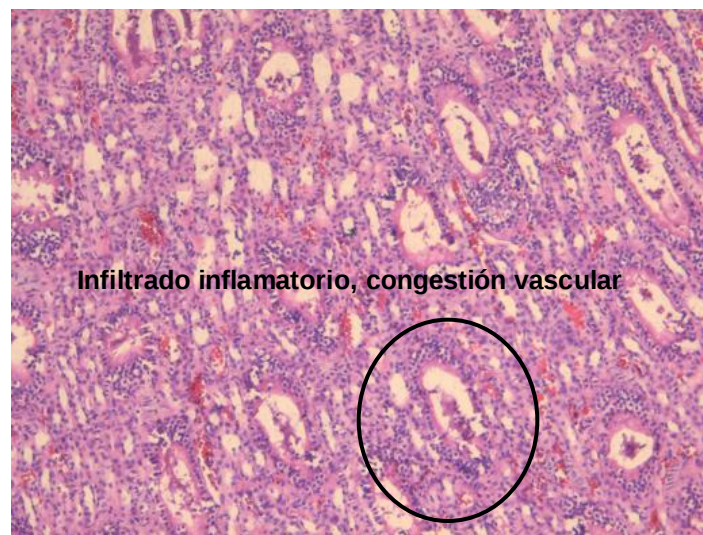
Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa infiltrado inflamatorio mononuclear leve, asociado a cambios túbulo-intersticiales, incluyendo dilatación tubular, tumefacción epitelial, cilindros proteináceos y congestión vascular. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.



Por otra parte, se observó una muestra con una estructura cortical parcialmente conservada, túbulos dilatados, cambios degenerativos epiteliales, detritos celulares intraluminales, infiltrado inflamatorio mononuclear moderado, congestión vascular marcada, extravasación focal de eritrocitos y áreas de necrosis tubular focal (Fig. 22), lo que sugiere la existencia de una lesión renal más activa de tipo túbulo-intersticial.

Figura 22

Corte histológico de riñón de conejo del grupo suplementado con 1 ml de melaza de caña. Se observa lesión túbulo-intersticial activa caracterizada por infiltrado inflamatorio mononuclear moderado, congestión vascular, dilatación tubular y cambios degenerativos del epitelio tubular. Tinción hematoxilina-eosina, 10x.

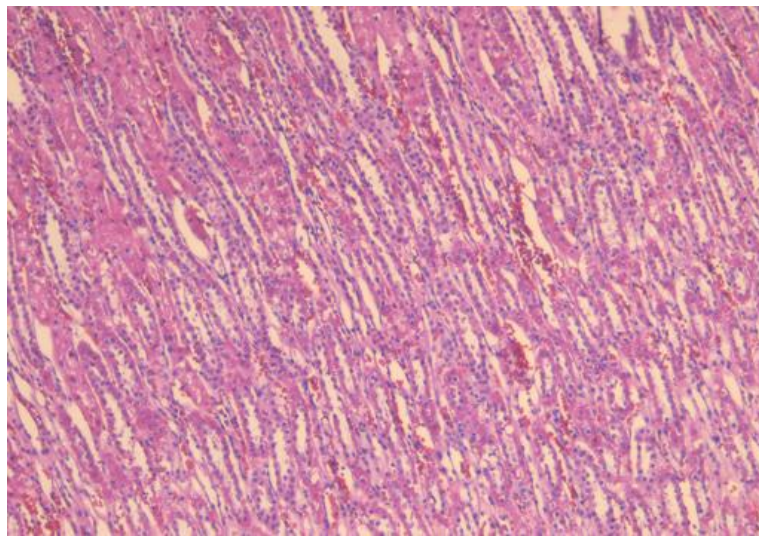


De manera similar, se observó una estructura renal conservada en los cortes histológicos de conejos suplementados con melaza de caña más ácido cítrico. Las muestras mostraron glomérulos y túbulos bien definidos, epitelio tubular mayormente íntegro y ausencia de necrosis tubular marcada (Fig. 23). Sin embargo, se verificó la presencia de infiltrado inflamatorio intersticial mononuclear, generalmente de intensidad leve, aunque una muestra presentó inflamación intersticial leve a moderada con congestión vascular leve (Fig. 24). A diferencia del resto de tratamientos, en este

grupo no se observaron cilindros proteináceos prominentes, necrosis tubular ni daño glomerular relevante.

Figura 23

Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y ácido cítrico. Se observa arquitectura tubular conservada, epitelio íntegro y ausencia de lesiones degenerativas o necróticas relevantes. Hematoxilina-eosina, 10x.



Por último, la mayoría de las muestras tomadas de riñones de conejos suplementados con carbonato de calcio presentó una estructura renal conservada, con glomérulos preservados y túbulos bien definidos, aunque se observaron lesiones intersticiales e inflamatorias en varios animales. Entre las lesiones se incluyeron infiltrado inflamatorio mononuclear focal leve, inflamación intersticial moderada y un proceso inflamatorio túbulo-intersticial moderado con cambios reactivos del epitelio tubular, dilatación tubular discreta, material eosinofílico intraluminal y congestión vascular en una sola muestra (Fig. 25).

Pese a la suplementación con carbonato de calcio y a la presencia de cristaluria descrita en el examen microscópico de orina, no se identificaron depósitos cristalinos intratubulares ni intersticiales en el tejido renal evaluado, lo que indica que la cristaluria

no se tradujo en mineralización renal evidente, al menos en las muestras histológicas analizadas.

La tinción PAS mostró que los glomérulos conservaron su estructura, sin evidencia clara de engrosamiento marcado de membranas basales, esclerosis glomerular o pérdida generalizada de la arquitectura glomerular. Así mismo, no se identificaron alteraciones PAS positivas, extensas compatibles con daño estructural severo a nivel tubular. Estos hallazgos complementan lo observado con hematoxilina-eosina, donde predominó un patrón túbulo-intersticial leve a moderado, con relativa conservación glomerular.

Con relación a la tinción tricrómica de Masson; en las muestras evaluadas no se observaron áreas extensas de fibrosis intersticial ni sustitución marcada del parénquima renal por tejido conectivo. En algunos casos, los cambios intersticiales fueron leves y focales, compatibles con procesos inflamatorios de menor intensidad, sin evidencia de fibrosis renal severa, lo que sugiere que no existieron lesiones crónicas fibróticas avanzadas.

El análisis histológico evidenció que la arquitectura del parénquima renal se mantuvo parcialmente conservada en la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, se observaron algunas lesiones, entre las más frecuentes se encontraron síntomas característicos de una nefritis intersticial mononuclear leve a moderada, acompañado en algunos casos por congestión vascular, dilatación tubular, cilindros proteináceos y cambios reactivos del epitelio tubular. Desde el punto de vista histopatológico, este patrón indica un compromiso predominantemente túbulo-intersticial, más que glomerular, debido a que los glomérulos se conservaron en la mayoría de las muestras y no se describieron lesiones glomerulares relevantes.

Figura 24

Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y ácido cítrico. Se observan glomérulos conservados y túbulos renales bien definidos, con arquitectura general preservada (A) e infiltrado inflamatorio intersticial mononuclear, asociado a ligera separación tubular y congestión vascular leve (B). Hematoxilina-eosina, 10x.

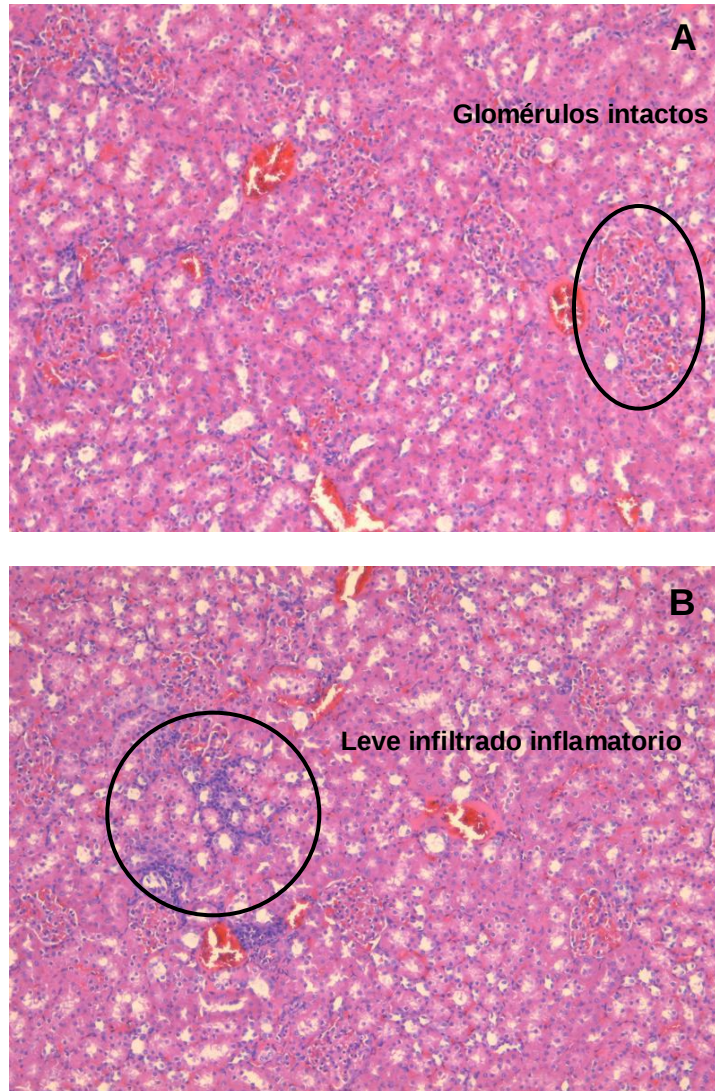
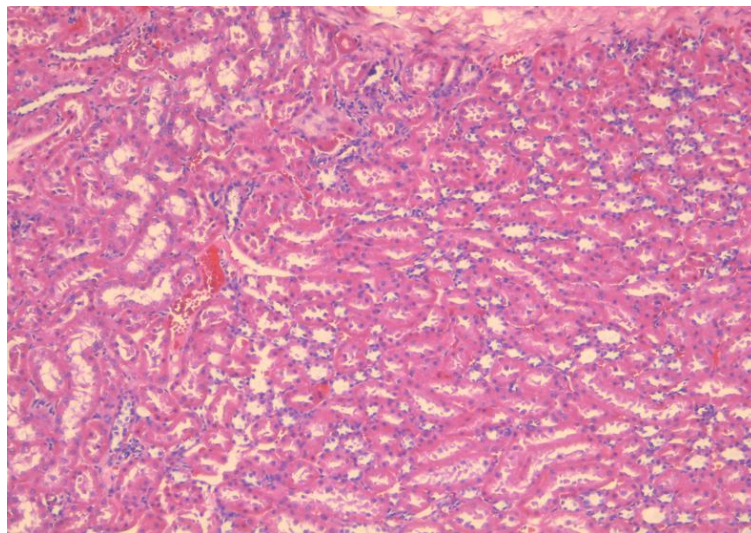


Figura 25

Corte histológico de riñón de conejo suplementado con melaza de caña y carbonato de calcio. Se observa proceso inflamatorio túbulo-intersticial moderado, con cambios reactivos del epitelio tubular, dilatación tubular discreta, material eosinofílico intraluminal y congestión vascular. Hematoxilina-eosina, 10x.



De acuerdo con los hallazgos histopatológicos, las lesiones renales observadas fueron presentadas mediante una escala semicuantitativa, considerando la arquitectura renal, el infiltrado inflamatorio intersticial, la congestión vascular, la dilatación tubular, la presencia de cilindros proteináceos, los cambios epiteliales tubulares, la necrosis tubular, las alteraciones glomerulares y la presencia de cristales o mineralización renal (Tabla 10).

Tabla 10

Escala semicuantitativa de lesiones histopatológicas renales en conejos sometidos a diferentes tratamientos dietéticos

Tratamiento	Arquitectura renal	Infiltrado inflamatorio intersticial	Congestión vascular	Dilatación tubular	Cilindros proteináceos	Cambios epiteliales tubulares	Necrosis tubular	Alteraciones glomerulares	Cristales/mineralización renal	Puntaje global predominante
T0	1	2	1–2	2	1	1	0	0	0	2
T1	1–2	2	2	2	2	2	1	0	0	2
T2	0–1	1–2	1	0–1	0	0–1	0	0	0	1
T3	1	1–2	1–2	1	1	1–2	0	0	0	1–2

Nota: 0 = ausencia de lesión; 1 = lesión mínima o focal, <10 % del campo evaluado; 2 = lesión leve, 10–25 % del tejido observado; 3 = lesión moderada, 26–50 %; 4 = lesión severa, >50 % del parénquima evaluado.

La predominancia de infiltrado mononuclear intersticial es un hallazgo importante, ya que sugiere una respuesta inflamatoria subaguda a crónica leve, más que una lesión renal aguda severa. En patología renal, las nefritis túbulo-intersticiales se caracterizan precisamente por inflamación del intersticio y afectación secundaria de los túbulos, con relativa preservación inicial del componente glomerular (Sahutoglu & Perazella, 2025).

Con base en estos estudios, la conservación glomerular observada sugiere una lesión renal de bajo grado, localizada principalmente en el compartimento intersticial y tubular, lo que puede relacionarse con el efecto de la dieta, irritación urinaria persistente, procesos infecciosos ascendentes o respuestas inflamatorias inespecíficas.

Aunque algunas muestras conservaron una arquitectura renal aceptable, otras presentaron dilatación tubular, tumefacción epitelial, cilindros proteináceos, congestión y, en un caso, necrosis tubular focal. Esto sugiere la ocurrencia de lesiones dado que, la necrosis tubular focal y los detritos celulares intraluminales son indicativos de daño epitelial tubular más activo (Tang et al., 2025).

Por otra parte, la presencia de cilindros proteináceos también merece especial atención, puesto que, desde el punto de vista histológico, estos cilindros reflejan acumulación de material proteico dentro de la luz tubular y pueden relacionarse con proteinuria, alteración de la permeabilidad tubular, concentración urinaria o daño epitelial (Abbate et al., 2006; Cortinovis et al., 2024). Esto sustenta la hipótesis de que existió cierto grado de compromiso funcional tubular. Sin embargo, esto debe ser confirmado con estudios complementarios sobre la relación proteína:creatinina urinaria.

Adicionalmente, la congestión vascular observada en varios tratamientos puede estar asociada con cambios hemodinámicos, manipulación tisular, estrés previo al sacrificio o procesos inflamatorios locales. Sin embargo, cuando aparece junto con infiltrado intersticial, dilatación tubular y cambios epiteliales, adquiere mayor relevancia como parte de un patrón de respuesta renal reactiva (Mazzeo et al., 2019). Sin embargo, en este estudio, la congestión vascular no estuvo acompañada de necrosis extensa, trombosis, hemorragia masiva ni colapso estructural, por lo que su importancia debe considerarse secundaria frente a las lesiones túbulo-intersticiales.

4.4. Costo-beneficio

El análisis económico de los tratamientos evaluados se realizó considerando el costo total de producción por conejo, el peso final promedio alcanzado por cada tratamiento y el ingreso estimado derivado de la comercialización de los animales de manera de determinar la eficiencia económica relativa de cada dieta experimental mediante el cálculo de la relación beneficio/costo (B/C) (Tabla 11). De acuerdo con este parámetro, se evidenció que todos los tratamientos presentaron una relación beneficio/costo superior a 1, indicando que las dietas evaluadas fueron económicamente viables bajo las condiciones experimentales del estudio.

El tratamiento donde se suministró concentrado comercial + alfalfa *ad libitum* más + 1 ml de melaza de caña presentó la mayor eficiencia económica, con una relación beneficio/costo de 1,15. Este resultado estuvo asociado al mayor peso final promedio registrado (2,89 kg), lo cual permitió incrementar el ingreso económico sin generar un aumento considerable en los costos de producción. Este resultado podría estar relacionado con una mejora en la palatabilidad y disponibilidad energética de la dieta por la inclusión de la melaza, favoreciendo una mayor ganancia de peso en los animales (Nhung et al., 2023).

Tabla 11

Relación costo-beneficio de los tratamientos aplicados

Tratamiento	Costo total/conejo (USD)	Peso final promedio (kg)	Ingreso estimado por animal (USD)	Relación B/C
Concentrado comercial + alfalfa ad libitum (T0)	25,10	2,86	28,60	1,14
Concentrado comercial + alfalfa ad libitum + 1	25,17	2,89	28,90	1,15

ml de melaza de caña				
(T1)				
Concentrado comercial	25,45	2,82	28,20	1,11
+ alfalfa ad libitum + 1				
ml de melaza de caña +				
1 g de ácido cítrico (T2)				
Concentrado comercial	25,42	2,85	28,50	1,12
+ alfalfa ad libitum + 1				
ml de melaza de caña +				
1 g de carbonato de				
calcio (T3)				

Por otra parte, el tratamiento donde los conejos fueron suplementado con ácido cítrico, presentó la menor relación beneficio/costo (1,11), debido principalmente al incremento de los costos asociados al acidificante y a un menor peso final promedio de los animales. Aunque este tratamiento pudo aportar beneficios fisiológicos relacionados con el equilibrio ácido-base y la salud renal, desde el punto de vista económico mostró una menor rentabilidad relativa. De manera similar, en el tratamiento que incluía el suplemento con carbonato de calcio, se obtuvo una relación beneficio/costo de 1,12, con resultados económicos ligeramente inferiores al tratamiento control y al tratamiento con melaza, lo que sugiere que la inclusión de alcalinizantes en la dieta no produjo mejoras productivas suficientes para compensar completamente el incremento del costo de suplementación.

Los tratamientos con acidificante y alcalinizante incrementaron los costos de suplementación sin generar mejoras productivas proporcionales. Esto coincide con reportes en conejos donde la suplementación con ácidos orgánicos modificó variables digestivas, pero no produjo diferencias significativas en consumo, ganancia diaria de peso ni conversión alimenticia. Por tanto, la inclusión de aditivos nutricionales debe evaluarse no solo por sus efectos fisiológicos, sino también por su capacidad de mejorar

el desempeño productivo o sanitario en magnitud suficiente para compensar el mayor costo de alimentación (Dharavath et al., 2026; Suliman et al., 2022).

Adicionalmente, aunque las dietas ácido-básicas pueden contribuir al mantenimiento de la salud renal y al equilibrio metabólico, la sostenibilidad económica continúa siendo un criterio fundamental para su aplicación en sistemas de producción animal. Por ello, la integración de variables productivas, clínicas y económicas constituye una herramienta útil para la evaluación integral de estrategias nutricionales en conejos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS.

5.1. Conclusiones

Las características físicas y químicas de la orina variaron entre los tratamientos evaluados, evidenciando que el uso de dietas ácido-básicas influye sobre parámetros urinarios como el pH, la densidad urinaria y la presencia de sedimentos minerales. El empleo de tirillas reactivas permitió identificar de manera práctica y reproducible cambios asociados al equilibrio metabólico y renal de los conejos sometidos a diferentes tipos de alimentación.

No se demostró ningún tipo de relación entre la composición de la dieta y el pH y densidad de la orina, sin embargo, se observó una asociación entre el contenido de leucocitos y el tipo de alimentación, observándose mayor frecuencia de casos positivos en conejos alimentados con dieta base suplementados con ácido cítrico y carbonato de calcio.

El análisis histológico renal evidenció que las dietas evaluadas no ocasionaron lesiones severas ni alteraciones estructurales irreversibles en el tejido renal. No obstante, se identificaron cambios leves compatibles con procesos adaptativos asociados a la excreción de minerales y a la carga metabólica generada por la dieta, sugiriendo que exposiciones prolongadas podrían favorecer alteraciones renales subclínicas.

El análisis costo-beneficio demostró que todos los tratamientos presentaron viabilidad económica bajo las condiciones del estudio; sin embargo, la suplementación exclusiva con melaza de caña mostró la mejor eficiencia económica relativa, debido a que permitió mantener un adecuado desempeño productivo sin incrementar significativamente los costos de producción. Por el contrario, la inclusión de ácido cítrico y carbonato de calcio aumentó el costo de las dietas sin generar ventajas económicas proporcionales.

5.2. Recomendaciones

Realizar estudios con una mayor duración para evaluar el efecto crónico de las dietas ácido-básicas sobre la función renal y la posible progresión de alteraciones histológicas subclínicas en conejos.

Complementar estas investigaciones con técnicas diagnósticas más específicas, como la relación proteína:creatinina en la orina, análisis microbiológicos y biomarcadores séricos y urinarios de daño renal temprano evaluados con estudios de imagenología renal, como ecografía Doppler o tomografía computarizada, con el fin de fortalecer la evaluación anatómica y funcional del sistema urinario en modelos experimentales.

Evaluar diferentes niveles de inclusión de acidificantes y alcalinizantes en la dieta para determinar dosis óptimas que permitan mantener la salud renal sin comprometer la eficiencia productiva y económica.

Promover el uso de estrategias nutricionales balanceadas que consideren el contenido mineral y el equilibrio ácido-base de la dieta, especialmente en sistemas intensivos de producción cunícola.

Por último, se sugiere incluir la aprobación de un Comité de Ética en Investigación Animal y en futuras investigaciones con animales.

5.3. Bibliografía

- Abeje Ababayehu. (2023). Urine test strip analysis, concentration range and its interpretations of the parameters. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 22(2), 001–013. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.22.2.0091>
- Ali, A., Thabet, M., & Fares, I. (2016). Consequences of calcium supplements on rabbit does maternal behaviour and productive performance. *Suez Canal Veterinary Medicine Journal*, 21(1), 81–90. <https://doi.org/10.21608/scvmj.2016.62760>
- Al-Sabawy, H. B., Rahawi, A. M., & Al-Mahmood, S. S. (2021). Standard techniques for formalin-fixed paraffin-embedded tissue: A Pathologist's perspective. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 35(1–3), 935–943. <https://doi.org/10.33899/IJVS.2021.131918.2023>
- Alvarenga, I. C., Aldrich, C. G., & Kohles, M. (2017). The effect of feed form on diet digestibility and cecal parameters in rabbits. *Animals*, 7, 95. <https://doi.org/10.3390/ani7120095>
- Barchilon, M., Perez-Nieves, N., & Palerme, J. S. (2024). Evaluation of a urine dipstick protein to urine specific gravity ratio for the detection of proteinuria in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38, 1060–1067. <https://doi.org/10.1111/jvim.17001>
- Brandão, J., Graham, J., & Quesenberry, K. E. (2020). Basic Approach to Veterinary Care of Rabbits. In K. E. Quesenberry, C. J. Orcutt, C. Mans, & J. W. Carpenter (Eds.), *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery* (Fourth Edition, pp. 150–161). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48435-0.00012-5>
- Brown, C. (2006). Diagnostic cystocentesis: Technique and considerations. *Lab Animal*, 35(4), 21–23. <https://doi.org/10.1038/labon0406-21>
- Buch, D., Saldanha, A., Muehlbauer, E., Oliveira, W. J. de, Gil, E. M. U., & Froes, T. R. (2022). Computed tomographic findings of the urinary tract in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Exotic Pet Medicine*, 40, 1–7.
- Chen, C.-I., Chen, C.-H., Wang, C.-M., Cai, J.-R., Li, P.-C., Suwandi, F. L., Kyler, J. S., Andrew, K. L., Kalu, F. C. U., Lin, B.-S., Tu, M.-H., Yeh, H.-T., Yang, C.-Y., Yu, C.-W., & Liu, L.-F. (2024). Evaluation of Urine Sediment in Automated Urinalysis System to Screen. *E-Da Medical Journal*, 11(242), 9–17. <https://doi.org/10.6966/EDMJ>
- Chen, S. Y., Deng, F., Jia, X., Liu, H., Zhang, G. W., & Lai, S. J. (2019). Gut microbiota profiling with differential tolerance against the reduced dietary fibre level in rabbit. *Scientific Reports*, 9, 288. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36534-6>
- Clauss, M., Burger, B., Liesegang, A., Del Chicca, F., Kaufmann-Bart, M., Riond, B., Hässig, M., & Hatt, J. M. (2012). Influence of diet on calcium metabolism, tissue

- calcification and urinary sludge in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(5), 798–807. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01185.x>
- Di Girolamo, N., & Selleri, P. (2020). Disorders of the urinary and reproductive system. In K. E. Quesenberry, C. J. Orcutt, C. Mans, & J. W. Carpenter (Eds.), *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery* (pp. 39–54). Elsevier.
- Dimitrov, R., Stamatova-Yovcheva, K., & Georgiev, G. (2024). MRI investigation of kidneys, ureters and urinary bladder in rabbits. *Veterinary Sciences*, 11, 575. <https://doi.org/10.3390/vetsci11110575>
- Espinoza Pomares, V. D., Hernández Rodríguez, J. A., & Chow Castro, W. M. (2023). Alteraciones ecográficas en caninos y felinos reportados en la clínica veterinaria de León y Chinandega, julio-diciembre 2020. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 9(17), 2118–2128. <https://doi.org/10.5377/universitas.v12i1.16405>
- Farris, J., Camus, M. S., & Krimer, P. M. (2022). Leukocyte esterase and nitrite urine reagent strip utility under altered assay conditions in dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 58(5), 240–248.
- Fels, M., Benato, L., & Whittaker, A. (2024). Editorial: Health and welfare of rabbits (on a farm, in the laboratory or as a pet). *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1522420. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1522420>
- Gallego, M. (2019). Urinary calcium assessment and its relation with age, sex and *Encephalitozoon cuniculi* serological status in otherwise healthy pet rabbits. *Veterinary Record Open*, 6, e000251. <https://doi.org/10.1136/vetreco-2017-000251>
- Gamage, K. N., Jamnadass, E., Sulaiman, S. K., Pietropaolo, A., Aboumarzouk, O., & Somani, B. K. (2020). The role of fluid intake in the prevention of kidney stone disease: A systematic review over the last two decades. *Turkish Journal of Urology*, 46, S92–S103. <https://doi.org/10.5152/tud.2020.20155>
- Gunawardena, S., Dayaratne, M., Wijesinghe, H., & Wijewickrama, E. (2021). A systematic review of renal pathology in chronic kidney disease of uncertain etiology. *Kidney International Reports*, 6, 1711–1728. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.03.898>
- He, Y., Xue, X., Terkeltaub, R., Dalbeth, N., Merriman, T. R., Mount, D. B., Feng, Z., Li, X., Cui, L., Liu, Z., Xu, Y., Chen, Y., Li, H., Ji, A., Ji, X., Wang, X., Lu, J., & Li, C. (2022). Association of acidic urine pH with impaired renal function in primary gout patients: a Chinese population-based cross-sectional study. *Arthritis Research and Therapy*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13075-022-02725-w>
- Heer, F., Dobenecker, B., & Kienzle, E. (2017). Effect of cation–anion balance in feed on urine pH in rabbits in comparison with other species. *Journal of Animal*

- Physiology and Animal Nutrition*, 101(6), 1324–1330.
<https://doi.org/10.1111/jpn.12653>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Interamericana Editores S.A.
- Honorato, R. dos A., Feitosa, M. L. T., Silva, L. dos S., Carvalho, M. A. M. de, Paredes, A. de O., Angelim, N. B. de A., & Souza, R. dos A. (2022). Obliteração sanguínea renal transitória como alternativa ao estudo da síndrome de isquemia-reperfusão renal em modelo animal. *Research, Society and Development*, 11(4), e43911427338. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27338>
- Kawai, M., Odate, T., Kasai, K., Inoue, T., Mochizuki, K., Oishi, N., & Kondo, T. (2024). Virtual multi-staining in a single-section view for renal pathology using generative adversarial networks. *Computers in Biology and Medicine*, 182, 109149. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2024.109149>
- Kiwull-Schöne, H., Kalhoff, H., Manz, F., & Kiwull, P. (2005). Food mineral composition and acid-base balance in rabbits. *European Journal of Nutrition*, 44(8), 499–508. <https://doi.org/10.1007/s00394-005-0553-z>
- Lamalle, A., Haverson, V. A., & Hughes, K. (2023). Renal pathology in wild European rabbits. *Veterinary Record*, 193, e2948. <https://doi.org/10.1002/vetr.2948>
- Lin, Z., Yang, G., Zhang, M., Yang, R., Wang, Y., Guo, P., Zhang, J., Wang, C., Liu, Q., & Gao, Y. (2023). Dietary supplementation of mixed organic acids improves growth performance, immunity, and antioxidant capacity and maintains the intestinal barrier of ira rabbits. *Animals*, 13, 3140. <https://doi.org/10.3390/ani13193140>
- Lossi, L., D'Angelo, L., De Girolamo, P., & Merighi, A. (2016). Anatomical features for an adequate choice of experimental animal model in biomedicine: II. Small laboratory rodents, rabbit, and pig. *Annals of Anatomy*, 204, 11–28. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2015.10.002>
- Mäkitaipale, J., Opsomer, H., Hatt, J. M., Riond, B., Clauss, M., & Liesegang, A. (2025). Rabbit teeth serve as a calcium source for rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinary Journal*, 309, 106268. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106268>
- Marín-García, P. J., Llobat, L., Cambra-López, M., Blas, E., Larsen, T., Pascual, J. J., & Hedemann, M. S. (2024). Biomarkers for ideal protein: rabbit diet metabolomics varying key amino acids. *Communications Biology*, 7, 712. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-06322-2>
- Mariños Paredes, I. (2022). *Evaluación de la función renal y sus factores de alteración en Oryctolagus cuniculus atendidos en cinco centros veterinarios de Trujillo*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Miller, I., Rogel-Gaillard, C., Spina, D., Fontanesi, L., & de Almeida, A. (2014). The Rabbit as an Experimental and Production Animal: From Genomics to

- Proteomics. *Current Protein & Peptide Science*, 15(2), 134–145. <https://doi.org/10.2174/1389203715666140221115135>
- Nhung, P. T. C., Thiet, N., & Trung, T. T. (2023). Effects of maize and molasses supplementation with different levels in diets on growth performance of New Zealand White crossbred rabbits. . Volume 35. *Livestock Research for Rural Development*, 35, 29.
- Nissanka, M. C., Dilhari, A., Wijesinghe, G. K., & Weerasekera, M. M. (2024). Advances in experimental bladder models: bridging the gap between in vitro and in vivo approaches for investigating urinary tract infections. *BMC Urology*, 24, 206. <https://doi.org/10.1186/s12894-024-01590-w>
- Dharavath, S., George, S. K., Ally, K., Shyama, K., Dipu, M. T., & Thomas, M. (2026). A study on evaluation of dietary supplementation of organic acids on growth performance and nutrient utilisation in New Zealand White rabbits. *Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 57(1), 79–84. <https://doi.org/10.51966/jvas.2026.57.1.79-84>
- Noumbissi, M. N. B., Miegoue, E., Mweugang Ngouopo, N., Nguema, N. A. J., Nounamo Langston, W. E., Tchouan Deffo, G., & Tendonkeng, F. (2025). Effect of in-feed coffee pulp on the zootechnical performance and production cost of rabbits (*Oryctolagus Cuniculus*). *International Journal of Animal Science and Technology*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.11648/j.ijast.20250901.11>
- Nowland, M. H., Brammer, D. W., Garcia, A., & Rush, H. G. (2015). Biology and diseases of rabbits. In J. G. Fox, L. C. Anderson, G. M. Otto, K. R. Pritchett-Corning, & M. T. Whary (Eds.), *Laboratory Animal Medicine* (Third Edit, Number 1997, pp. 411–461). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409527-4.00010-9>
- Oliver-Guimera, A., Asin, J., Imai, D. M., Casanova, M. I., Strunk, A., Keel, K., Uzal, F. A., & Reavill, D. R. (2024). Diseases of domestic rabbits by purpose; a retrospective study of 2,583 cases received at 4 diagnostic laboratories in California, USA, 2013–2022. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 36(5), 677–694. <https://doi.org/10.1177/10406387241262021>
- Palumbo, B., & Dalle Zotte, A. (2025). Effect of dietary protein levels on performance and health status of adult companion rabbits. *Animals*, 15, 2784. <https://doi.org/10.3390/ani15192784>
- Park, M., Jung, S. J., Yoon, S., Yun, J. M., & Yoon, H. J. (2015). Association between the markers of metabolic acid load and higher all-cause and cardiovascular mortality in a general population with preserved renal function. *Hypertension Research*, 38(6), 433–438. <https://doi.org/10.1038/hr.2015.23>
- Park, S. J., Cho, S. E., Huy, T. X. N., Kim, S., Kim, S. H., & Park, B. (2025). Comparative evaluation of point-of-care blood gas analysis in rabbit disease models. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1621912. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1621912>

- Paz, P. (2012). *Utilización de tres niveles de cascarilla de cacao (5, 10 y 15 %) en la alimentación de conejos mestizos durante el crecimiento y engorde*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Pinto Filho, S. T. L., Dalmolin, F., Pinho, R. M., Giglio, C. F., Felin, D. V., De Faria, K. L., Da Rosa Vargas, A., Brun, M. V., Vaz, M. A. B., & Pippi, N. L. (2016). Characterization of bladder calculi and urinalysis in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) treated with mesenchymal adipose-derived stem cells (ADSCs) after partial urinary bladder allotransplantation. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 867–876. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p867>
- Pohanka, M., & Zakova, J. (2024). Urine Test Strip Quantitative Assay with a Smartphone Camera. *International Journal of Analytical Chemistry*, 6004970. <https://doi.org/10.1155/2024/6004970>
- Rodrigues, N. S., Trentim, M. da S., Lunardelli, F., Pachaly, E. M. V., & Pachaly, J. R. (2019). Resolução espontânea de urolitíase uretral peniana severa em um coelho – relato de caso. *Enciclopedia Biosfera*, 16(29), 1688–1698. <https://doi.org/10.18677/EnciBio>
- Santarosa, B. P., Branchini, N. da S., Ferreira, D. O. L., Surian, S. R. S., Dabus, D. M. M., Hooper, H. B., Coelho, M. R., Fioratti, E. G., Lopes, R. S., & Gonçalves, R. C. (2021). Renal profile and urinary fractional excretion of calcium, phosphorus, and magnesium of lambs fed with different contents of phosphorus. *Acta Veterinaria Brasílica*, 15, 351–360. <https://doi.org/10.21708/AVB.2021.15.4.10228>
- Santos-Sousa, C. A., Stocco, A. V., Mencalha, R., Jorge, S. F., & Abidu-Figueiredo, M. (2015). Morphometry and vascularization of the rabbit kidneys (*Oryctolagus cuniculus*). *International Journal of Morphology*, 33(4), 1293–1298. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022015000400017>
- Schober, P., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Selcuk, M. L., Colakoglu, F., & Tipirdamaz, S. (2020). Stereological and histomorphological assessment of New Zealand rabbit kidneys. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 26(1), 121–126. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2019.22444>
- Shabani, E., Khorshidi, A., Sayehmiri, K., Moradi, K., & Nabi Abdolyousefi, E. (2023). The effect of nutritional factors on urolithiasis: A case-control study. *Journal of Medicine and Life*, 16(7), 1062–1069. <https://doi.org/10.25122/jml-2022-0321>
- Siburian, I. S., Diapari, D., & Retnani, Y. (2021). Evaluation of various salt addition levels in the pellets on performance and health of the domestic rabbit urination system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 888(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/888/1/012062>

- Smith, M. V. (2021). Diagnosing and treating urinary tract disease in rabbits. *In Practice*, 43(3), 143–151. <https://doi.org/10.1002/inpr.28>
- Smith, M. V. (2023). *Textbook of Rabbit Medicine*. Elsevier Ltd.
- Smyroglou, E. D., Athanasiou, L. V., Baka, R. D., & Polizopoulou, Z. S. (2023). Comparative evaluation between visual and automated dipstick urinalyses in dogs. *Veterinary Sciences*, 10, 284. <https://doi.org/10.3390/vetsci10040284>
- Suliman, M. A. E., Saber, D. M., El-Manyawi, M. A., & Ibrahim, M. R. (2022). Profitability of diets, nutritive value, performance and cecal activity of growing rabbits fed bean vein hay. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 12(5), 284–291. <https://doi.org/10.51227/ojafr.2022.39>
- Sze-Yu, Y., Chi-Hsuan, S., Pin-Chen, L., Ching-Fen, W., Tsai-Lu, L., Tsung-Li, C., & Chou, C. C. (2025). Urinary chemistry in healthy cross-bred pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and rabbits with suspected chronic kidney disease. *Translational Animal Science*, 9, txaf002. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf002>
- Tangchang, W., Kim, S. H., Park, S. Y., Jung, E. H., Kwon, H. J., & Son, H. Y. (2024). Renal abscess in a Lionhead rabbit due to *Encephalitozoon cuniculi* and *Escherichia coli*: A case report. *Open Veterinary Journal*, 14(8), 2085–2091. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i8.38>
- Tarif, C. M., Roy, S., Mukherjee, P., & Kesh, S. S. (2023). Calcium carbonate urolithiasis in a diabetic pet rabbit fed with high dietary calcium- Causal effect study and its surgical management. *Indian Journal of Animal Health*, 62(2), 408–410. <https://doi.org/10.36062/ijah.2023.03623>
- Tsouloufi, T. K. (2024). An overview of mycotoxicoses in rabbits. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 36(5), 638–654. <https://doi.org/10.1177/10406387241255945>
- Verde, G., García, M., Chavera, A., Gonzáles, C., & Falcón, N. (2017). Diagnóstico clínico de la hematuria vesical enzoótica bovina por urianálisis de la Provincia de Oxapampa, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(3), 522–529. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13286>
- Walsh, P. A., & O'Donovan, D. J. (2020). The kinetics of inorganic phosphate excretion in the acidotic rabbit during intravenous phosphate loading: a pseudo-ruminant model. *Scientific Reports*, 10, 3988. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61069-0>
- Washington, I. M., & Van Hoosier, G. (2012). Clinical biochemistry and hematology. In M. A. Suckow, K. A. Stevens, & R. P. Wilson (Eds.), *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents* (pp. 57–116). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00003-1>
- Wu, Z., Zhou, H., Li, F., Zhang, N., & Zhu, Y. (2019). Effect of dietary fiber levels on bacterial composition with age in the cecum of meat rabbits. *MicrobiologyOpen*, 8, e708. <https://doi.org/10.1002/mbo3.708>

5.4. Anexos

Anexo 1

Tabla para el registro de resultados del urianálisis y contenido de urea y creatinina en sangre

Fecha:		Especie:
Paciente:		Raza:
Propietario:		Sexo:
Mvz. Augusto Iván Tello A.		Edad
Análisis por medio de tiras reactivas		
Muestra	Cantidad	Método de muestreo
Orina		Cistocentesis ecoguiada
Características físicas		
Análisis	Resultado	Valores de referencia
Color		
Aspecto		
Densidad		
Características químicas		
Leucocitos		
Nitritos		
Urobilinógeno		
Proteínas		
pH		
Sangre en orina		
Gravedad específica		
Cetonas		
Bilirrubinas		
Glucosa		
Análisis hematológico		
Urea		
Creatinina		

Anexo 2

Resultado de análisis de orina



LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO VETERINARIO "SAN FRANCISCO"

Av. Olmedo y Padre Salcedo, Antiguo oficina de la empresa eléctrica
Salcedo - Ecuador

Porque la salud y bienestar de sus animales es muy importante...!

Lcda. María Lema

LABORATORIO CLÍNICA
DIPLOMADO EN SOCIOLOGÍA CLÍNICA VETERINARIA URM

Teléfono: 032420872 - 0992672539

lab.vetsanfrancisco@outlook.com

Nombre del paciente (código)	: Conejos-T3R7	Tipo de muestra	: Orina
Nombre del Propietario	:	Edad	:
Especie	: <i>Oryctolagus cuniculus</i>	Sexo	:
Raza	:	Clínica Veterinaria	:
Examen solicitado	: Examen de orina	Médico a cargo	: Iván Tello
Método	:	Fecha toma de muestra	: 12/01/2026
Anamnesis:		Tratamiento:	

URIANALISIS

METODO DE OBTENCION: MICCION () CATETERISMO () CISTOCENTESIS ()

ELEMENTAL Y MICROSCOPICO DE ORINA

ANALISIS FISICO	RESULTADO	UNIDADES	REFERENCIA
COLOR	AMARILLO INTENSO		AMARILLO CLARO A OSCURO
ASPECTO	TURBIO		TRANSPARENTE
ANALISIS QUIMICO			
DENSIDAD	1.010		1.003 - 1.036
PH	9		5.0 - 7.0
LEUCOCITOS	10-25 Leu/uL	Leu/uL	NEGATIVO
NITRITOS	NEGATIVO		NEGATIVO
UROBILINÓGENO	NEGATIVO	umol/L	NEGATIVO
PROTEINURIA	1.0 g/L	g/L	NEGATIVO
HEMOGLOBINURIA -SANGRE	5-10 Ery/uL	Ery/uL	NEGATIVO
CUERPOS CETONICOS	1 umol/L	umol/L	NEGATIVO
BILIRUBINA	NEGATIVO	umol/L	NEGATIVO
GLUCOSURIA	NEGATIVA	umol/L	NEGATIVO

Método: Refractancia

EXAMEN MICROSCOPICO

CÉLULAS ALTAS	NO SE OBSERVAN
CÉLULAS INTERMEDIAS	NO SE OBSERVAN
CÉLULAS EPITELIALES BAJAS	0 - 1
PIOCITOS	8 - 10
HEMATÍES	6 - 8
BACTERIAS	++
MOCO	+
CRISTALES DE OXALATO DE CALCIO MONOHIDRATADOS	++
CRISTALES DE FOSFATOS AMORFOS	+
CILINDROS	NO SE OBSERVAN

OBSERVACIONES:

Método: Microscopía Manual



Lcda. María Lema Benavides

LABORATORIO DE DIAGNOSTICO VETERINARIO "SAN FRANCISCO"

Salcedo - Ecuador

Anexo 3

Informe histopatológico de riñón de conejos

**HISTODIAGNÓSTICO
VETERINARIO**
0090030363

Informe Histopatológico

Fecha de Recepción: 03-02-2026

Muestra: Riñón

Número de Muestra: 1

Condición de la Muestra: Recibida en frascos con formol al 12%

Tipo de Muestra: TORL

Solicitante: Augusto Tello

Descripción de la Muestra:

La muestra corresponde a tejido renal fijado en formol al 12%, procesado mediante técnica histológica de rutina y teñido con Hematoxilina-Eosina.

Hallazgos Macroscópicos:

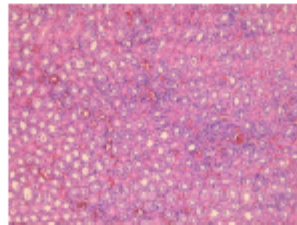
- El riñón se presenta en condiciones adecuadas para análisis histológico, con tamaño, forma y morfología típicos para la especie. No se observan alteraciones macroscópicas evidentes en la superficie capsular ni al corte longitudinal.

Hallazgos Microscópicos:

En la corteza renal se observa arquitectura general conservada con abundantes túbulos contorneados proximales y distales. Se identifica dilatación tubular multifocal y congestión vascular moderada. En el intersticio destaca un foco bien delimitado de infiltrado inflamatorio mononuclear denso, principalmente linfocitos, que rodea y comprime túbulos adyacentes causando ligera expansión intersticial. No se evidencian cristales ni áreas extensas de necrosis tubular ni daño celular severo.

Anexos:

Imágenes: Microfotografía de corte histológico de riñón de conejo teñido con hematoxilina-eosina (H&E). Aumento 10x.



Anexo 4

Imágenes de recolección de muestras de sangre, orina y procedimiento ecográfico.

