

Universidad Nacional de Río Negro

Escuela de Veterinaria y Producción Agroindustrial
Sede Alto Valle / Valle Medio

Trabajo final de Grado

**“Factores Predisponentes y Bases Genéticas de la Urolitiasis en Caninos de
Raza Schnauzer: Reporte de un Caso Clínico”**



Autora:

- Morales, Ariela Lilen
- Legajo UNRN: 32321

Directora:

- Beker, María Pía

Año: 2026

Agradecimientos

En primer lugar, a mi padre quien creyó en mí desde el primer minuto, por ser un gran ejemplo para mí y porque, aunque estaba lejos sin importar el día ni la hora podía contar con él. A mi madre por siempre estar acompañando, presente con un mensaje o llamada.

A mi hermano quien fue mi consejero por un largo periodo, quien me quiere de manera incondicional.

A mis tíos Alejandro y Paulina quienes estuvieron cerca de mí todos estos años, visitándome y alegrándose por cada uno de mis avances.

A mis amigos, por su incalculable amistad, quienes se mantuvieron siempre presentes a lo largo de la carrera. Javi, Anto, Eve y Flor, muchas gracias por que siempre se sintieron como si estuvieran cerca, por cada mensaje de éxitos antes de rendir y por siempre animarme a seguir.

Y por último y no menos importante, a mi tutora, quien tuve el privilegio de tener como profesora hace algunos años y que gusto poder conocerla, siempre dispuesta a solucionar cada duda o problema que se me presentó, gracias por su paciencia, persistencia y motivación.

Índice

Contenido

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Objetivos	9
Objetivos generales.....	9
Objetivos específicos	9
1. Marco Teórico	10
Sistema Urinario	10
Anatomía y fisiología del sistema urinario	10
Función Renal	12
Formación de orina	13
2. Urolitiasis	15
3. Etiología	16
4. Factores Predisponentes	16
5. Denominación de Urolitos	20
Conformación de urolitos	20
Destino de los urolitos	21
Ubicación y morfología de los urolitos:	23
Composición mineral de los urolitos:	24
6. Signos Clínicos	28
7. Diagnóstico	29
7.a Urianálisis	30
7.b Diagnóstico por imagen en la Urolitiasis	35
8. Estrategias terapéuticas y preventivas	39
Técnicas no quirúrgicas para el Tratamiento de la Urolitiasis	41
a) Hidropropulsión anterógrada	41
Técnicas quirúrgicas para el Tratamiento de la Urolitiasis	42
• Uretrostomía	42
• Ureterotomía	42
• Cistotomía	42
• Litotricia	43
9. Recaídas y Recurrencias post tratamiento de Urolitiasis Canina	44
10. Predisposición Genética a la Urolitiasis en el Schnauzer Miniatura	44

11. Reporte de caso clínico	46
Exámenes complementarios	48
Diagnósticos diferenciales para la Urolitiasis Vesical	49
Historial Clínico de Urolitiasis Recidivante	50
Tratamiento para UMA realizado en el año 2025	52
Protocolo de prevención	56
Pronóstico	56
12. Conclusiones	56
Bibliografía	58

Índice de figuras

Figura 1. Representación anatómica del aparato urinario canino	12
Figura 2. Nefrona: estructura funcional y vascularización.....	13
Figura 3. Efecto de la acidosis metabólica sobre la excreción de calcio en la orina.....	19
Figura 4. Representación de las capas concéntricas (núcleo, cuerpo y corteza) que conforman un urolito	20
Figura 5. El cuadro ilustra las zonas de formación de cristales según los niveles de sobresaturación relativa de la orina.	22
Figura 6. Urolito de estruvita	25
Figura 7. Urolito de oxalato de calcio	26
Figura 8. Urolito de ácido úrico.....	26
Figura 9. Urolito de Cistina	27
Figura 10. Urolito de Sílice.....	27
Figura 11. Urolito de Xantina	28
Figura 12. Técnica no quirúrgica en machos y hembras para el tratamiento de urolitiasis	41
Figura 13. Litotricia laser en canino.	44
Figura 14. Uma, paciente reportada en el caso clínico	47
Figura 15. Línea del tiempo de UMA: Urolitiasis recidivante.....	50
Figura 16. Hemograma de la paciente	48
Figura 17. Bioquímica sanguínea de la paciente	49
Figura 18. Ecografía de vejiga con presencia de estructuras hiperecorreicas, sombra acústica compatibles con urolitos de Estruvita (ilustrativa)	49
Figura 19. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa	52
Figura 20. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa	53
Figura 21. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa	53
Figura 22. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa	53
Figura 23. Realizando procedimiento quirúrgico, cistotomía.....	54
Figura 24. Extracción del total de los urolitos	54
Figura 25. Resultado de los componentes de urolitos	55

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo que detalla la susceptibilidad a diferentes tipos de urolitos.	18
--	----

Resumen

La urolitiasis es la formación de sedimentos minerales en las vías urinarias, que si son microscópicos se denominan cristales y si se identifican a simple vista, es decir macroscópicos se definen urolitos. Es un trastorno frecuente en la clínica canina, representando aproximadamente el 18 % de las consultas veterinarias por afecciones del tracto urinario inferior.

Se ha identificado una alta predisposición genética y racial de urolitiasis en caninos Schnauzer (Miniatura), Shih Tzu, Bichon Frisé, Poodle, Yorkshire Terrier y Dálmata.

Este trabajo es un análisis de un caso clínico basado en la urolitiasis presentada en un canino Schnauzer, hembra, de 12 años. El diagnóstico definitivo fue dado tras estudios complementarios (ecografía y urianálisis). Este caso clínico tiene la particularidad de que, la paciente debió ser intervenida reiteradas veces, dado que presentó recidivas a lo largo de su vida.

Palabras clave: Schnauzer, Urolitos, Predisposición Genética

Abstract

Urolithiasis is the formation of mineral deposits in the urinary tract. Microscopic deposits are called crystals, while macroscopic deposits, visible to the naked eye, are called uroliths or stones. It is a common disorder in canine practice, accounting for approximately 18% of veterinary consultations for lower urinary tract conditions.

A high genetic and breed predisposition to urolithiasis has been identified in Miniature Schnauzers, Shih Tzus, Bichon Frises, Poodles, Yorkshire Terriers, and Dalmatians.

This paper presents a clinical case analysis of urolithiasis in a 12-year-old female Schnauzer. The definitive diagnosis was made after complementary studies (ultrasound and urinalysis). This case is unique in that the patient required repeated surgery due to recurrences throughout her life.

Key words: Schnauzer, Uroliths, Genetic Predisposition

Introducción

La urolitiasis canina es una patología común del sistema urinario, que afecta a los caninos en diferentes zonas geográficas.

Este trastorno se define macroscópicamente como la formación de litos por la precipitación de diversos minerales dentro del tracto urinario. El mayor porcentaje de ellos se ubica en la vejiga, presentándose en grandes tamaños, formas, textura, colores y composición. Los cuatro minerales que se encuentran con mayor frecuencia en los urolitos son estruvita, oxalato cálcico, urato amónico y cistina, existen otros tipos de litos menos frecuentes como fosfato cálcico y silicatos.

Por lo general es un problema recurrente donde la cirugía es usualmente necesaria para remover los urolitos urinarios, aunque en algunos casos, han sido recomendadas medidas dietéticas y/o médicas para prevenir su recurrencia.

Se estima que aproximadamente el 18 % de las consultas veterinarias por afecciones del tracto urinario inferior corresponden a esta patología. Aunque no existen registros epidemiológicos exactos en Argentina, es posible tomar como referencia estudios realizados a nivel internacional. (Stevenson & Rutgers, 2008)

La urolitiasis es común en ambos sexos, aunque en los machos suele ser más frecuente debido a la anatomía de la uretra que es larga y delgada. El sexo en esta patología es de gran importancia, porque lo que diferencia a machos de hembras es la composición química del urolito. Es por esto por lo que en el presente escrito se desarrollará la importancia de la prevalencia en hembras.

La manera de diagnosticar fácilmente la urolitiasis es por medio de pruebas imagenológicas como radiografía y ecografía, siendo la radiografía abdominal el método de elección para detectar urolitos radiopacos (oxalato de calcio), sin embargo, la ecografía abdominal o cistografía de doble contraste se utiliza en casos de urolitos radiolúcidos, ya que nos permite dar ubicación, número y tamaño a los urolitos presentes. Por otro lado, el urianálisis puede ser necesario en pacientes con trastornos urinarios, teniendo en cuenta que un resultado positivo a cristales no indica la formación de urolitos, pero si la sobresaturación de la orina.

Se producen recaídas en más del 25% de los casos de urolitiasis; es relativamente frecuente que algunos caninos tengan tres o más episodios. Las recaídas son mayores en

los caninos con urolitos metabólicos (oxalato cálcico, urato, cistina) o con predisposición familiar, como la raza en mención. (Ramírez Lechado & Ruíz Mendoza, 2015).

En el presente trabajo se reportará un caso clínico de urolitiasis vesical siendo la paciente una canina de raza Schnauzer de 12 años. Al momento de la consulta, el tutor relata que “UMA” presentaba hematuria e incomodidad al caminar. El caso es presentado en noviembre del año 2025 en la clínica veterinaria “El Candil” de la ciudad de Cipolletti, a fin de brindar más información sobre el correcto diagnóstico con exámenes complementarios como ecografía, urianálisis y exámenes de sangre; signos que se pudieron apreciar, terapéutica realizada, abordaje, y seguimiento, con el objetivo de servir como guía en casos similares.

Objetivos

Objetivos generales

- Adquirir conocimientos teóricos y prácticos sobre la enfermedad

Objetivos específicos

- Identificar cuáles son los métodos diagnósticos más usados en esta patología en la práctica diaria
- Conocer diferentes protocolos terapéuticos que pueden ser utilizados para prevenir y tratar la urolitiasis canina

1. Marco Teórico

Sistema Urinario

Anatomía y fisiología del sistema urinario

El sistema urinario es el responsable de filtrar los desechos metabólicos y sustancias tóxicas de la sangre para la posterior formación y excreción de orina. Además de su función depurativa, tiene un papel crítico en la regulación del equilibrio hídrico, electrolítico y ácido-base del organismo canino.

El sistema urinario está formado por riñones, uréteres, vejiga y uretra.

➤ **Riñón**

Los riñones son relativamente grandes; el peso del riñón de un canino, de tamaño medio, es de unos 50 a 60 g; el riñón izquierdo por lo general es más pesado que el derecho. Ambos tienen forma de habichuela, son gruesos dorsoventralmente presentando una superficie ventral redondeada y otra dorsal menos convexa; las superficies son lisas y de color rojo oscuro o rojo azulado. Los riñones son retroperitoneales y se localizan en la región sublumbar a los lados de la arteria aorta y vena cava caudal. Ambos pueden palparse a través de la pared abdominal.

El riñón derecho no está sujeto a tantas variaciones en posición como el izquierdo; normalmente está situado en posición opuesta al cuerpo de las primeras tres vértebras lumbares, pero puede estar craneal a la última vértebra torácica. Su mitad craneal, o más, asienta en la impresión renal profunda del lóbulo caudado del hígado, en su apófisis caudada específicamente. La parte caudal está relacionada con los músculos sublumbar dorsalmente y con la rama derecha del páncreas y duodeno ventralmente.

El riñón izquierdo está sujeto a algunas variaciones en cuanto a posición; esto se debe al hecho de que no está muy unido al peritoneo y está afectado por el grado de repleción del estómago. Cuando el estómago está casi vacío, el riñón se corresponde con los cuerpos de las vértebras L II - L IV, de modo que su extremidad craneal se opone al hilio del riñón derecho; excepcionalmente la extremidad craneal puede oponerse al extremo caudal de la primera vértebra lumbar. Cuando el estómago está repleto, el riñón izquierdo está en la línea de una vértebra más caudal, de forma que su extremidad craneal se puede oponer a la extremidad caudal del riñón derecho. La superficie dorsal está relacionada con los músculos sublumbar. La superficie ventral está en contacto con la parte izquierda del

colon. El borde lateral se relaciona con el bazo y el flanco. La extremidad craneal toca el estómago y la extremidad izquierda el páncreas.

El borde lateral del riñón izquierdo, normalmente, está en contacto con el flanco por lo que se palpa más o menos distintamente en el animal vivo, hacia la mitad del espacio existente entre la última costilla y la cresta del ilion. Pero en algunos casos, el bazo presenta una dirección longitudinal interponiéndose entre el riñón y el flanco.

➤ **Uréter**

Cada uréter es fibromuscular, se origina en la pelvis renal y desciende caudo ventralmente a lo largo del músculo iliopsoas hasta la vejiga. Su longitud es variable. El uréter derecho es más largo dada la posición más craneal del riñón derecho.

➤ **Anatomía de la vejiga canina**

La vejiga es un órgano musculo membranoso que varía de posición según su estado de repleción. Cuando está **vacía y contraída**, se aloja enteramente dentro de la cavidad pelviana. Sin embargo, al estar **totalmente llena**, se desplaza hacia una posición abdominal; en este estado, su cuello asienta sobre el borde craneal de los huesos púbicos y es relativamente grande, pudiendo su vértice alcanzar la región umbilical.

Posee un recubrimiento peritoneal prácticamente completo. Debido a su disposición ventral al distenderse la vejiga desplaza al omento mayor, por lo que este no suele cubrir su cara ventral. (Getty, 1982)

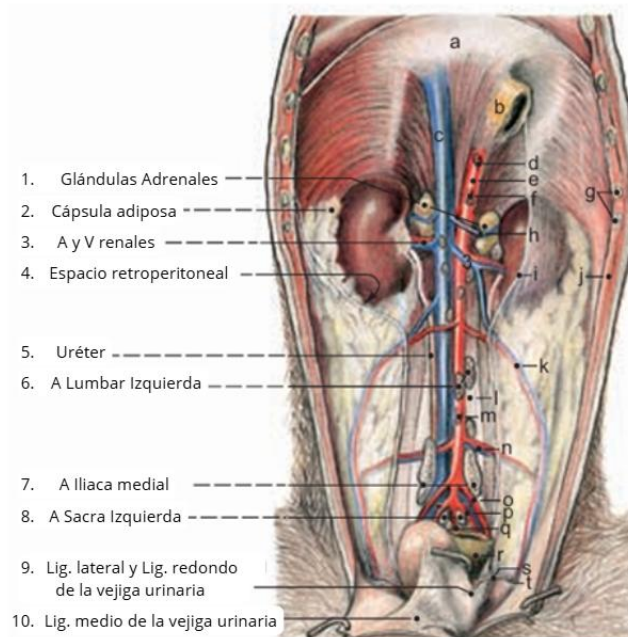


Figura 1. Representación anatómica del aparato urinario canino (Budras, 2007)

Función Renal

Además de sus funciones excretoras, el riñón actúa como un órgano endocrino secretando sustancias reguladoras tales como la **eritropoyetina**, la **renina**, el **calcitriol** (la forma activa de la vitamina D) y diversas prostaglandinas.

Funcionalmente los riñones generan un ultrafiltrado de plasma y mediante procesos selectivos de reabsorción y secreción, regulan el equilibrio de agua y solutos.

La unidad funcional del riñón es la **nefrona (Figura 2)**, un complejo túbulo epitelial que comienza en un extremo ciego y desemboca en la pelvis renal a través del conducto colector. Cada nefrona consta de dos partes principales:

El **corpúsculo renal**: Estructura de filtración compuesta por el **glomérulo** (red de capilares) rodeado por la **cápsula de Bowman**.

El **sistema tubular**: Donde el filtrado se transforma en orina. Este se divide secuencialmente en el túbulo proximal, el asa de Henle, el túbulo distal y el túbulo colector."

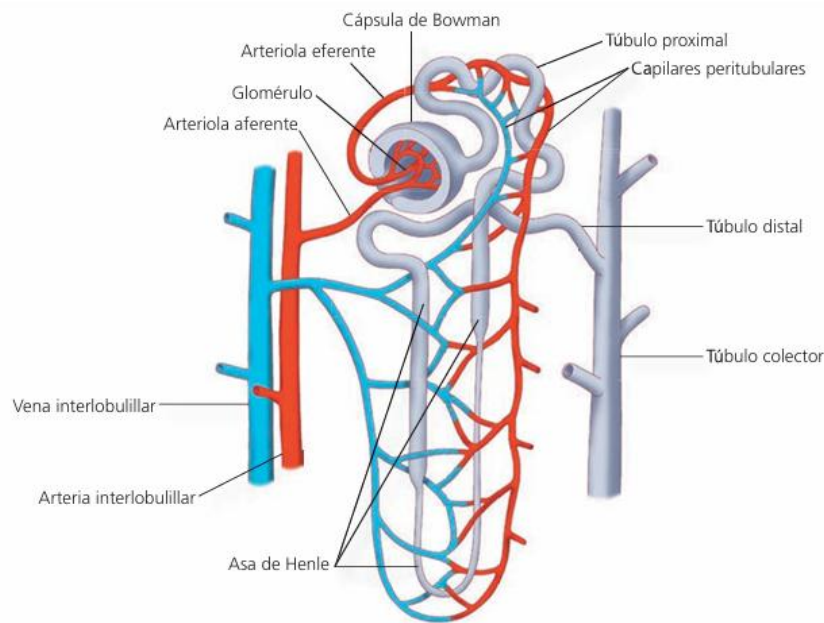


Figura 2. Nefrona: estructura funcional y vascularización (García Sacristán, 2018)

Formación de orina

La cantidad de una determinada sustancia que aparece en la orina refleja la acción coordinada de las diversas partes de la nefrona resumiéndose en tres procesos generales:

- 1) Filtración de plasma a través de la membrana glomerular hacia la cápsula de Bowman.
- 2) Reabsorción de las sustancias útiles, como el agua, glucosa y muchos electrolitos, desde la luz tubular a la sangre de los capilares peritubulares.
- 3) Secreción de ciertas sustancias directamente desde la sangre peritubular al líquido tubular.

La orina está compuesta principalmente de sustancias filtradas y también de pequeñas cantidades de sustancias secretadas. El ultrafiltrado inicial contiene los mismos componentes de la sangre, excepto las células y sustancias de elevado peso molecular. El mecanismo de reabsorción es fundamental para evitar la pérdida de sustancias esenciales tales como vitaminas, aminoácidos, glucosa, etc. Así, se puede llegar a reabsorber más del 99 % del volumen filtrado y excretar menos del 1 % en forma de orina.

El efecto combinado de estos tres procesos sobre la extracción de una sustancia del plasma y su excreción en la orina se denomina depuración de dicha sustancia. Es, por tanto, la resultante de la suma de filtración y secreción, menos la reabsorción.

➤ **Filtración glomerular**

El primer paso en la formación de orina es la ultrafiltración de plasma, aproximadamente una quinta parte, la presión hidrostática empuja a los fluidos y solutos a través de la pared semipermeable glomerular hacia la cápsula de Bowman que es su envoltura externa; es un proceso pasivo que no requiere energía. El filtrado glomerular contiene todos los constituyentes de la sangre, excepto las células y las proteínas. En un canino de talla media se filtran unos 60 litros por día.

La porción tubular de la nefrona modifica los contenidos del filtrado glomerular para que la orina formada solo contenga aquellos constituyentes que se deben excretar, con objeto de mantener los fluidos corporales en condiciones adecuadas de volumen y composición. Estas modificaciones del filtrado glomerular incluyen la reabsorción tubular (proceso por el cual el agua y otros componentes esenciales del filtrado glomerular se recuperan, regresando a la circulación general a través de los capilares peritubulares) y la secreción tubular (proceso por el cual sustancias que se encuentran en los capilares peritubulares se transportan a través de epitelio tubular, añadiéndose al fluido tubular).

➤ **Reabsorción tubular**

Si se tiene en cuenta la elevada velocidad o tasa de filtración glomerular (VFG o TFG), la reabsorción tubular es muy importante en la conservación de agua y solutos esenciales en los organismos (electrolitos y sustancias orgánicas, como glucosa, vitaminas y aminoácidos).

En la reabsorción pasiva, la sustancia difunde desde el lumen tubular hacia los capilares peritubulares debido a la existencia de un gradiente osmótico, eléctrico y/o de concentración. En algunas ocasiones la energía metabólica se requiere solamente para establecer el gradiente inicial para el transporte, pero no existe aporte energético continuo. Los métodos de reabsorción activos tienen lugar contra un gradiente eléctrico y/o de concentración y conllevan gasto metabólico.

En este proceso, se filtra una cantidad significativa de sustancias útiles en los líquidos que posteriormente van a ser excretados. Por ello, la nefrona cuenta con 4 tubos diferentes, por los que transcurre la “proto-orina”, que fue colectada por la cápsula de Bowman. Estos son el túbulo proximal, el asa de Henle, el túbulo distal y el tubo colector.

En el túbulo proximal (PCT) se reabsorben hacia la sangre toda la glucosa, aminoácidos y el 65% de sodio (Na) y agua. En el asa de Henle se reabsorbe también mucha agua, sodio y cloruros, hasta el punto de que solo el 20% de lo originalmente filtrado llega al túbulo distal.

Cabe destacar que muchas de las sustancias reabsorbidas en este punto se tienen que transportar de forma activa y eso conlleva el gasto de energía o, en su defecto, el aprovechamiento de algún tipo de gradiente electroquímico específico.

➤ **Secreción tubular**

Es el proceso por el que sustancias nocivas que se encuentran en los capilares peritubulares se transportan hacia la luz tubular a través del epitelio tubular. Esta difusión sucede gracias al transporte activo y difusión pasiva. Básicamente, la difusión pasiva se realiza en base a un gradiente de concentración: los productos pasan de una zona de mayor concentración (sangre) a otra con menor (orina).

Es importante la distinción entre secreción y excreción. Este último es el proceso global de formación de orina en los riñones de tal modo que una sustancia filtrada en el glomérulo puede ser parcialmente reabsorbida en una o más regiones de la nefrona, no secretarse y aun así ser excretada.

Por ejemplo, la secreción tubular se encarga del desecho de exceso de potasio en sangre cuando es necesario (hiperpotasemia), una acción que se ve mediada por la hormona aldosterona. Cuando el pH de la sangre cae por debajo del rango de normalidad, también se fomenta una secreción de iones hidrógeno.

➤ **Almacenaje de la orina**

Una vez se ha formado la orina, una serie de conductos colectores, conductos papilares y cálices van recogiendo el líquido y reuniéndolo hasta un punto de desembocadura común. Finalmente, la orina llega a los uréteres, donde es transportada hasta la vejiga.

La vejiga es básicamente un tejido muscular en forma de saco con 3 capas, que se distienden dependiendo de la cantidad de orina que deba almacenarse (García Sacristán, 2018).

2. Urolitiasis

La urolitiasis es la formación de sedimentos minerales en las vías urinarias, que si son microscópicos se denominan cristales y si son macroscópicos, se denominan urolitos que son agregados cristalinos formados por un *95% de cristaloides orgánicos e inorgánicos*,

con un 5% de matriz orgánica, esta matriz orgánica que conforma la estructura de los urolitos es la que realiza la acción de unir las capas de los minerales compactándolo y así forman los urolitos de mayor tamaño que tiene como componentes más frecuentes: albumina sérica, gamma globulinas y uromucoide. (Lozano Pazmiño, 2020)

Los urólitos se pueden formar en cualquier lugar del sistema urinario, desde la pelvis renal hasta la uretra. La vejiga es reportada como la principal localización anatómica de los urólitos en caninos, seguida por la uretra (uretrólitos); mientras que los localizados en el riñón (nefrólitos) representan menos del 4 %.

Están constituidos por agregados de solutos urinarios, precipitados y organizados en un núcleo central (nido o núcleo de cristal) que a su vez está circundado por láminas concéntricas y por cristales de superficie. Influenciado por múltiples factores como: predisposición racial, enfermedades en el tracto urinario recurrentes, tipo de alimentación y sexo (Mendoza Zapata & Mollericona Alfaro, 2023).

3. Etiología

La urolitiasis se origina en los riñones, generalmente debido a una ingesta insuficiente de agua o a un aporte deficiente de vitamina A. Una disminución en el consumo de agua reduce el flujo en los túbulos renales y provoca la sobresaturación de minerales solubles, lo que conlleva a su precipitación.

Dado que la orina es la vía primaria para la regulación mineral y el equilibrio ácido-base, alteraciones en su pH y en la concentración de solutos favorecen la formación de cristales en los riñones o la vejiga. Estos cristales pueden transportarse y alojarse posteriormente en la vejiga.

Por otro lado, la deficiencia de vitamina A puede inducir cambios en las células epiteliales del tracto urinario (metaplasia), causando una descamación acelerada. Este material celular forma un agregado orgánico que actúa como núcleo para el crecimiento y la cristalización de los minerales (Ramírez Yepes, 2024).

4. Factores Predisponentes

Son condiciones o circunstancias que aumentan la probabilidad de que un canino desarrolle urolitos en su sistema urinario, pudiendo variar de acuerdo con las particularidades de cada individuo y su entorno. Los de mayor relevancia son:

a. Raza

Algunas razas presentan una marcada predisposición genética a desarrollar urolitos específicos. Un ejemplo claro son los **Dálmatas**, propensos a la formación de urolitos de **uratos** (ácido úrico) debido a una anomalía hereditaria en el metabolismo de las purinas.

En general, la prevalencia de urolitiasis es mayor en caninos de raza pura, afectando principalmente a razas de talla pequeña como el **Schnauzer**, Shih Tzu, Bichon Frisé, Poodle y Yorkshire Terrier, además del ya mencionado Dálmata. (Bermúdez Ríos, 2017)

b. Edad

Determinados urolitos pueden formarse en caninos de corta edad y otros urolitos tienen mayor frecuencia en caninos más longevos.

La urolitiasis de oxalato cálcico se presenta en mayor proporción en animales mayores de 7 años (60%). Por el contrario, la prevalencia de urolitos de estruvita es mayor en caninos menores de 7 años (57,5%). En un estudio realizado por una empresa dedicada a la fabricación de alimento balanceado, casi 2/3 (62%) de los urolitos de estruvita ocurren en caninos menores de 4 años. La proporción de urolitos de urato también es mayor en animales menores de 7 años (62%). (Puig et al., sf)

c. Sexo

Los machos tienen mayor probabilidad de desarrollar ciertos tipos de urolitos, como los de oxalato cálcico, urato y cistina.

En las perras, la infección del tracto urinario inferior por bacterias productoras de ureasa (como *Staphylococcus intermedius* y *Proteus mirabilis*) **alcaliniza** el pH de la orina, lo que predispone a la formación de urolitos de estruvita. (Puig et al., sf)

d. Dieta

Si la **alimentación** excede los niveles requeridos de minerales como calcio o **fósforo**, aumenta el riesgo de litogénesis. Frecuentemente, los tutores suministran dietas secas con alto contenido proteico y mineral, lo que eleva la saturación urinaria de **magnesio, amonio y fosfato** (precursores de estruvita). Asimismo, la adición de extras como ciertas frutas o verduras ricas en **oxalatos** puede predisponer a otro tipo de cristalización. (Bermúdez Ríos, 2017)

e. Hidratación

Una hidratación inadecuada contribuye directamente a la formación de urolitos al disminuir el volumen de orina producido. Esto provoca un aumento en la densidad urinaria y favorece la **sobresaturación relativa (RSS)** de minerales. Al haber menos solvente (agua) para la cantidad de soluto (minerales), se facilita la precipitación cristalina y se reduce la frecuencia de eliminación, permitiendo la agregación de cristales. (Stevenson & Rutgers, 2008).

f. Infecciones urinarias recurrentes

Las infecciones del tracto urinario (ITU) recurrentes juegan un papel determinante en la patogénesis de la urolitiasis, especialmente en la formación de urolitos de **estruvita** (fosfato amónico magnésico). Ciertas bacterias, conocidas como **ureasa-positivas** (principalmente *Staphylococcus pseudintermedius* y *Proteus mirabilis*), producen la enzima ureasa. Esta enzima hidroliza la urea urinaria generando amoníaco y dióxido de carbono, lo que provoca una **alcalinización** drástica de la orina (aumento del pH). El ambiente alcalino reduce la solubilidad del fosfato y el magnesio, favoreciendo su precipitación. Además, la inflamación causada por la infección desprende detritos celulares y proteínas que actúan como **nido orgánico**, facilitando la adherencia y agregación de los cristales para formar el urolito macroscópico (Osborne *et al.*, 1999).

g. Trastornos metabólicos y congénitos

Los caninos con anomalías vasculares portales, hiperparatiroidismo primario, acidosis metabólica prolongada e hipercalcemia crónica derivan en calciuria lo que predispone a la formación de urolitos de oxalato cálcico. La administración de diversos medicamentos, como acidificantes y alcalinizantes de la orina, antibióticos, quimioterápicos y corticosteroides pueden también contribuir a la ocurrencia de urolitiasis. (Bermúdez Ríos, 2017)

Predisposición a Urolitiasis Canina determinada por edad, raza y sexo

Tabla 1. Cuadro comparativo que detalla la susceptibilidad a diferentes tipos de urolitos. (Adaptado de Stevenson & Rutgers, 2008).

5. Denominación de Urolitos

Conformación de urolitos

Los urolitos se originan cuando la orina se encuentra sobresaturada de minerales litogénicos, ya sea de manera continua o intermitente. El punto exacto en el que la orina se satura con el compuesto que precipitará se conoce como Producto de Solubilidad Termodinámico (K_{sp}). En teoría, al sobrepasar este umbral deberían empezar a formarse cristales, que posteriormente darían lugar a urolitos. Sin embargo, en la práctica clínica se demuestra que, frecuentemente, existen altas concentraciones de solutos sin presencia de cristaluria. Esto sugiere la existencia de **inhibidores de la cristalización** en la orina (como el citrato o pirofosfatos) que impiden o retrasan este fenómeno, permitiendo que la orina se mantenga en un estado metaestable sin precipitar.

Fase de Nucleación

Los urolitos están conformados por cuatro capas del interior al exterior: núcleo, piedra, corteza y cristales de superficie.

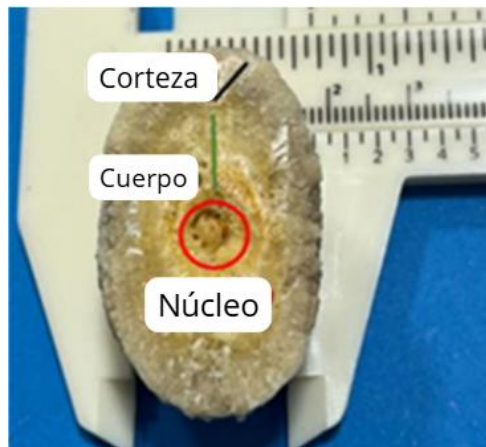


Figura 4. Representación de las capas concéntricas (núcleo, cuerpo y corteza) que conforman un urolito (Fraga et al., 2024)

Génesis del Urolito: Nucleación y Crecimiento

El desarrollo del urolito comienza con la formación de un **nido cristalino** o núcleo. Este se compone de minerales adheridos entre sí mediante una matriz orgánica de mucoproteínas (como la proteína de Tamm-Horsfall), las cuales actúan como aglutinante y pueden incorporar cuerpos extraños.

El factor crítico para la litogénesis no es solo la formación del cristal, sino su **retención** en la vía urinaria. Este proceso, denominado **nucleación**, depende de la sobresaturación, el pH urinario y la ausencia de inhibidores. Se distinguen dos mecanismos:

1. **Nucleación homogénea:** Ocurre en soluciones puras, requiriendo alta sobresaturación.
2. **Nucleación heterogénea:** Es la más frecuente; los cristales precipitan sobre superficies preexistentes (detritos celulares, cilindros) requiriendo menor saturación.

Finalmente, si un tipo de cristal se deposita y crece sobre la superficie de un mineral distinto, el fenómeno se conoce como **crecimiento epitaxial**

Fase de crecimiento y agregación de los cristales

Una vez que la nucleación ha tenido lugar, el crecimiento del cristal puede continuar incluso con grados menores de sobresaturación. Este proceso ocurre mediante la deposición de **capas concéntricas** alrededor del núcleo, dando volumen a la estructura conocida como **cuerpo** del urolito.

Anatómicamente, se distinguen dos zonas externas finales: la **corteza** que es la última capa completa y los **cristales de superficie** que forman una capa incompleta e irregular.

La velocidad y magnitud de este crecimiento dependen de la retención del urolito en la vía urinaria y del grado de sobresaturación. El aumento de tamaño puede darse por dos mecanismos:

1. **Crecimiento simple:** Aumento lento y progresivo del tamaño de los cristales individuales.
2. **Agregación:** Unión rápida de múltiples cristales preformados, actuando el núcleo como centro de cohesión.

Destino de los urolitos

Los urolitos pueden atravesar las distintas partes de las vías urinarias y ser evacuados, experimentar disolución espontánea, volverse inactivos o seguir creciendo. No todos los urolitos provocan signos clínicos. En otros casos, el urolito puede actuar como obstructor de las vías urinarias.

Para determinar el potencial litogénico en caninos, se ha establecido una metodología basada en el análisis integral de variables de riesgo, tales como el manejo dietético y la concentración de solutos urinarios. Dicha metodología, conocida como **Sobresaturación Relativa (SSR)**, es reconocida actualmente como la herramienta de referencia más precisa para estimar el riesgo de cristalización y formación de urolitos determinando específicamente **estruvita y oxalato de calcio**.

Este método mide la probabilidad de que los compuestos libres en orina se combinen para formar un cristal. La SSR depende del pH de la orina, concentración de minerales (influenciada por la dieta, el consumo de agua y el grado de dilución de la orina) y la presencia o ausencia de promotores o inhibidores de la precipitación.

Zonas de sobresaturación relativa urinaria y procesos de cristalización:

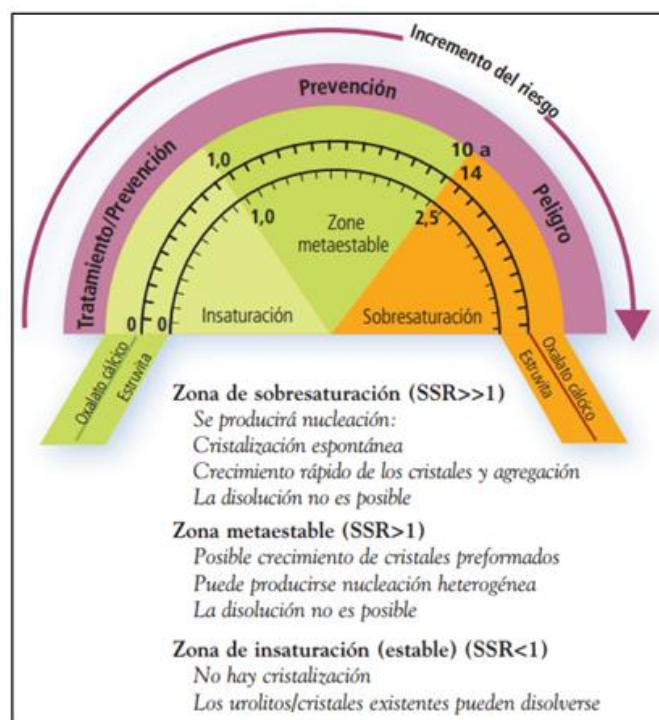


Figura 5. El cuadro ilustra las zonas de formación de cristales según los niveles de sobresaturación relativa de la orina (Stevenson & Rutgers, 2008).

Para mantener una baja SSR es fundamental reducir la concentración urinaria de minerales precursores como magnesio, calcio, oxalato, lo cual se logra controlando su ingesta dietética. Sin embargo, la estrategia más eficaz consiste en **estimular el consumo de agua y la diuresis**. El aumento del volumen hídrico logra dos objetivos clave:

1. **Disminución de la densidad urinaria:** Diluye los minerales litogénicos, reduciendo su potencial de precipitación.

2. **Reducción del tiempo de tránsito:** al aumentar la frecuencia de micción, se reduce el tiempo que la orina permanece en la vejiga, limitando la oportunidad para la agregación cristalina.

Para incrementar la ingesta hídrica, se recomienda el uso de **alimentos húmedos**. En dietas secas se ha demostrado que niveles aumentados de sodio y potasio estimulan la sed y la diuresis, disminuyendo la SSR. No obstante, el uso de cloruro de sodio debe ser cauteloso porque un consumo excesivo provoca hipercalcemia, lo que podría ser contraproducente en casos de urolitiasis por oxalato cálcico.

Además de la Sobresaturación Relativa (SSR), existen otras metodologías para estudiar la dinámica de los urolitos:

- ❖ **Evaluación *In Vivo* (Ensayos Clínicos):** Es considerado el método de referencia (*Gold Standard*) para validar la eficacia terapéutica. Consiste en medir directamente la velocidad de formación o disolución de los urolitos en el paciente real tras una intervención dietética o farmacológica. Sin embargo, presenta limitaciones logísticas importantes: son estudios de **larga duración**, costosos y, por lo general, solo permiten evaluar una variable a la vez, lo que dificulta aislar el efecto de múltiples factores simultáneos.
- ❖ **Cociente del Producto de Actividad, o *Activity Product Ratio* (APR o CPA):** Fue un método matemático utilizado anteriormente para estimar el riesgo litogénico. Actualmente ha caído en desuso al ser superado en precisión por el método de la SSR (Gil Díaz, 2015).”

Ubicación y morfología de los urolitos:

Los urolitos se los puede encontrar en diferentes lugares del tracto urinario superior e inferior ya sea en riñón, uréter, vejiga o uretra llevando el nombre según:

De acuerdo con su ubicación se denominan:

- Nefrolito: riñón
- Ureterolitos: uréteres
- Urolitos o urocistolitos: vejiga
- Uretrolitos: uretra

De acuerdo con su forma se denominan:

- Facetados: Poseen múltiples caras planas o anguladas, formadas por la presión y el roce constante entre ellos cuando hay muchos urolitos pequeños juntos.
- Lisos: Este tipo de urolito se distingue por sus superficies suaves, textura uniforme, bordes planos, sin asperezas, relieves, arrugas o irregularidades.
- Piramidales: Su forma es geométrica con bases y vértices definidos, a menudo con aristas agudas.
- Rugosos: Se caracterizan por tener una superficie irregular, afilada y áspera.
- Asteroidales: Poseen bordes irregulares, dentados, con forma de roseta o estrellados.

Composición mineral de los urolitos:

De acuerdo con su composición los urolitos se pueden clasificar en:

- ✓ **Urolitos de Estruvita**
- ✓ **Urolitos de Oxalato de Calcio**
- ✓ **Urolitos de Ácido Úrico**
- ✓ **Urolitos de Cistina**
- ✓ **Urolitos de Silicato**
- ✓ **Urolitos de Xantina**

1) Urolitos de Estruvita (Fosfato Amónico Magnésico)

- Epidemiología y Morfología:** Se presentan con mayor frecuencia en **hembras**. Suelen ser urolitos grandes, de consistencia suave, aspecto liso y color pálido.
- Factor Etiológico Principal:** La gran mayoría son inducidos por infecciones urinarias (ITU) causadas por bacterias productoras de **ureasa**, principalmente *Staphylococcus intermedius* y *Proteus mirabilis*.
- Mecanismo de Litogénesis (Infecciosa):**
 - **Hidrólisis de la urea:** La enzima ureasa descompone la urea en amoníaco y dióxido de carbono.
 - **Alcalinización:** Esta reacción eleva el pH urinario (alcalino), reduciendo la solubilidad del fosfato.
 - **Daño Urotelial:** El amonio daña la capa protectora de glucosaminoglicanos (GAGs) de la vejiga, facilitando la adherencia bacteriana y la formación de la matriz orgánica.

- **Precipitación:** La alta disponibilidad de amonio y el pH alcalino precipitan los cristales de estruvita.
- d) **Secuestro Bacteriano:** Las bacterias viables quedan atrapadas dentro de las capas del urolito mientras este crece.
- *Implicancia clínica:* La disolución o fragmentación del urolito libera estas bacterias, provocando **reinfecciones** si no se mantiene la cobertura antibiótica.
- e) **Estruvita Estéril:** Es poco frecuente en caninos. Si se sospecha (cultivo de orina negativo), se recomienda cultivar la mucosa vesical o el núcleo del urolito para descartar patógenos ocultos (Couto, 2020).



Figura 6. Urolito de estruvita (Fraga et al., 2024)

2) Urolitos de Oxalato de Calcio

Estos urolitos son característicos por su superficie rugosa y coloración oscura prevaleciendo en machos de edad avanzada, castrados y de razas pequeñas (ej. Schnauzer, Bichón), siendo la obesidad y la genética factores predisponentes clave. Su formación no depende estrictamente del pH urinario, sino de la sobresaturación derivada de dos mecanismos metabólicos principales: la **hipercalciuria** que es causada por una absorción intestinal excesiva, fallos en la reabsorción tubular renal o resorción ósea mediada por la PTH y la **hiperoxaluria** que es resultante de la producción hepática endógena o del metabolismo de precursores dietéticos como proteínas cárnicas. En esencia, estos urolitos son el producto de un desequilibrio sistémico que eleva la excreción renal de calcio y oxalato más allá de su punto de solubilidad (Couto, 2020; Moscoso Cárdenas, 2018).

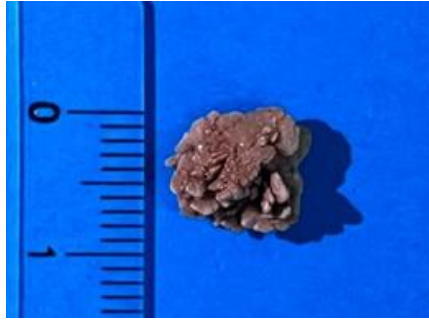


Figura 7. Urolito de oxalato de calcio (Fraga et al., 2024)

3) Urolitos de Ácido Úrico

Estos urolitos derivan de una alteración en el metabolismo de las purinas, un proceso que en la mayoría de los caninos culmina con la conversión hepática del ácido úrico en **alantoína** (un metabolito altamente soluble) debido a la acción de la enzima uricasa. Sin embargo el **Dálmata** y otras razas como el Bulldog Inglés y el Terrier Ruso Negro presentan una mutación genética homocigota en el transportador **SLC2A9**, lo que impide el transporte adecuado de ácido úrico al hígado para su conversión. Esto resulta en una **hiperuricosuria** significativa llegando a una excreción de 400-600 mg/día frente a los 10-60 mg/día normales; aunque esta condición predispone a toda la raza, la formación clínica de urolitos es más prevalente en los machos (26-34 %) y no está ligada al cromosoma X (Couto, 2020).



Figura 8. Urolito de ácido úrico (Fraga et al., 2024)

4) Urolitos de Cistina

La cistinuria en caninos es el resultado de una mutación en uno de dos genes, el gen **SLC3A1** que posee un tipo I-A de herencia autosómica recesiva y un segundo tipo II-A que es debido a una herencia autosómica dominante y el otro gen es **SLC7A9** que posee un tipo II-B de herencia autosómica dominante, que codifican las subunidades requeridas para el sistema transportador de aminoácidos dibásico que permite la reabsorción de

cistina del filtrado glomerular. Además, se ha descrito una cistinuria tipo III dependiente de andrógenos en machos intactos de varias razas de caninos. La urolitiasis por cistina también se ha observado con mayor frecuencia en caninos machos intactos. (Couto, 2020).



Figura 9. Urolito de Cistina (Fraga et al., 2024)

5) Urolitos de Silicatos

Es raro en caninos, suelen tener aspecto estrellado, su presencia puede relacionarse al consumo de dietas altas en silicatos como aquellas que son elaboradas con gluten de maíz, cascarilla de trigo o arroz, o al consumo de agua con altas concentraciones de sílice (agua corriente de áreas geográficas volcánicas). (Puig et al., sf)



Figura 10. Urolito de Sílice (Fraga et al., 2024)

6) Urolitos de Xantina

La xantina es una base púrica producida por el metabolismo de las purinas. Se convierte en ácido úrico por las enzimas xantina oxidasa y xantina deshidrogenasa. La xantinuria hereditaria consiste en una deficiencia de estas enzimas y puede producirse la formación

de urolitos, aunque es poco frecuente pero cuando está presente es más común en caninos machos.

Poseen una baja incidencia y su aparición puede estar relacionada con causas iatrogénicas, como resultado del uso del fármaco Alopurinol, que inhibe la acción enzimática de la xantina oxidasa. (Fraga et al., 2024)



Figura 11. Urolito de Xantina (Fraga et al., 2024)

6. Signos Clínicos

La presentación clínica de la urolitiasis varía según la localización del urolito y el grado de obstrucción. Aunque en ocasiones la presencia de sedimentos o urolitos puede ser asintomática, la manifestación clínica suele derivar de dos mecanismos principales: la inflamación y la obstrucción.

Los urolitos generan *dificultad en la micción* en los animales puesto que al ir creciendo dentro de la vejiga van reduciendo su capacidad de almacenamiento, que para el caso de un canino de talla mediana es de 150 a 180 ml (Getty, 1982), con esto el cerebro del animal se mantiene enviando estímulos parasimpáticos a los músculos relacionados para iniciar la micción dando origen a la *polaquiuria* (micción frecuente de volúmenes pequeños).

- **Irritación e Inflamación:** El contacto de los urolitos con la mucosa urinaria provoca **cistitis** o **uretritis**, generando malestar general e incomodidad. Los signos clásicos de esta irritación en el tracto urinario inferior incluyen **polaquiuria**, **estranguria** y **hematuria** (Stevenson y Rutgers, 2006, citado en Velásquez, 2018).
- **Obstrucción:** Según Baciero (2008), la gravedad depende del grado de bloqueo:

- **Obstrucción Parcial:** Se caracteriza por un flujo urinario reducido, disuria y goteo constante.
- **Obstrucción Total:** Es una urgencia médica. El paciente presenta anuria, distensión vesical severa y dolor abdominal agudo. La imposibilidad de excretar orina deriva rápidamente en una **azotemia postrenal** (acumulación tóxica de urea y creatinina en sangre), lo que desencadena signos sistémicos como vómitos, depresión y colapso (Mendoza Zapata & Mollericona Alfaro, 2023).

7. Diagnóstico

Involucra una combinación de **evaluación clínica**, además de la anamnesis y la observación de los signos clínicos, sirve la palpación abdominal de la vejiga (si hay litos obstruyendo la uretra, se palpará un “globo vesical) y la palpación rectal digital de la uretra para detectar urolitos en uno de estos dos lugares, aunque esta técnica tiene muy poca sensibilidad, pero alta especificidad, para confirmar o descartar la presencia de urolitos en las vías urinarias (Gil Díaz, 2015).

Para realizar la *palpación abdominal dirigida al aparato urinario* se comienza con el animal en estación a una altura conveniente para el clínico, por lo general si el animal es de talla media o pequeña se realiza sobre la mesa de consulta y caninos de gran tamaño se pueden examinar directamente en el piso. Las manos y el antebrazo del explorador se mantendrán en línea recta y paralela al piso o mesa, según el tamaño del animal la maniobra de palpación puede ser monomanual o bimanual.

- Técnica de *palpación renal profunda bimanual* se aplicará la cara palmar de los dedos extendidos y paralelos al abdomen a ambos lados de la región sublumbar y se intentará detectar los órganos entre ambas manos inmediatamente por debajo del raquis y de los músculos psoas. Con la *técnica monomanual* se aplica la mano en la cara ventral del abdomen y elevándola en dirección dorsal se atrapa el órgano entre el pulgar de un lado y el resto de los dedos extendidos del otro. En condiciones normales el riñón izquierdo se detecta en la mayoría de los animales palpándose su polo caudal; en cambio el riñón derecho no es palpable y la percepción solo será evidente si el animal presenta un estado de caquexia.
- Técnica de *palpación vesical profunda* es útil para detectar posibles alteraciones como tumores o litos, en caninos medianos y grandes es aconsejable la palpación

bimanual y en caninos pequeños se puede realizar una palpación monomanual. Con el animal en estación, ubicado el clínico en sentido contrario al animal y con los dedos extendidos, se aplicarán las manos a ambos lados de la región prepúbica intentando acercarlas mediante una compresión suave y progresiva a su vez se realizan movimientos de deslizamiento para evaluar las características del órgano. En estado fisiológico la vejiga es móvil, de superficie lisa y con un grado de tono que permite percibir fluctuación.

Nota: La palpación profunda bimanual puede resultar dificultosa en animales obesos o muy nerviosos (por la contracción muscular intensa de la pared abdominal).
(Broglia y Del Amo, 2015)

Pruebas de laboratorio como exámenes de sangre en algunos casos puede sugerir la presencia de una enfermedad subyacente; por ejemplo, el perfil bioquímico permite detectar alteraciones sistémicas como azotemia e hipercalemia, las cuales son más marcadas en caso de existir obstrucción completa. Esta última se considera leve en un rango de 5-6 mEq/L, moderada de 6-7 mEq/L y severa sobre los 7 mEq/L. (Calvert Díaz, 2023).

En cuanto a los urolitos ureterales, solo existirá azotemia si se obstruyen ambos uréteres o si el riñón contralateral no es funcional. Por otro lado, el hemograma en pacientes con urolitiasis suele ser normal, mientras que, en pacientes con pielonefritis puede encontrarse, o no, una desviación a la izquierda. También es fundamental realizar un urianálisis completo y cultivo de orina con antibiograma. Finalmente, las pruebas de diagnóstico por imagen constituyen la técnica de elección para confirmar la presencia de urolitos en el tracto urinario.

7.a Urianálisis

El análisis de orina consiste en una serie de pruebas que detectan alteraciones del tracto urinario y enfermedades metabólicas. Consta de tres fases, el **examen físico** que evalúa macroscópicamente la orina (color, olor, transparencia y densidad); el **análisis químico**, realizado mediante tiras reactivas; y el **análisis microscópico del sedimento**, considerado uno de los indicadores más sensibles de enfermedad del tracto urinario.

Los materiales para la obtención de la muestra son:

- Jeringas estériles

- Agujas estériles
- Sondas uretrales

Métodos de recolección de orina:

La calidad de los resultados depende directamente del método de obtención:

- **Micción espontánea:** recolección voluntaria preferiblemente del chorro medio. Es el método menos invasivo y económico, pero presenta un alto riesgo de contaminación con flora bacteriana del tracto distal o el ambiente.
- **Cateterismo uretral:** introducción de una sonda estéril hasta la vejiga. Reduce la contaminación externa, pero puede provocar irritación o traumatismo **iatrogénico**.
- **Cistocentesis:** punción directa de la vejiga mediante aguja estéril a través de la pared abdominal. Es el método de elección para cultivos y estudios bacteriológicos, ya que minimiza la contaminación. Requiere que la vejiga esté adecuadamente distendida para evitar riesgos como perforación, en caso de una elevada presión intravesical puede provocar fuga de orina por perforación o ruptura ocasionando uroperitoneo, también puede generarse un hematoma en la pared vesical. Está contraindicada esta maniobra en el caso de sospechar un engrosamiento de la pared vesical debido a procesos inflamatorios crónicos o neoplasia vesical. No se aconseja implementar esta técnica en pacientes con cistitis crónica ya que es posible que posean la pared vesical desvitalizada y esto incrementa el riesgo de lesiones en la misma y pérdida de orina hacia la cavidad abdominal. (Arauz et al., 2020)

Nota sobre el manejo y conservación importantes: Se recomienda un volumen mínimo de **5 a 10 ml**. La muestra debe procesarse en los primeros 30-60 minutos; de lo contrario, debe refrigerarse a 4 °C por un máximo de 6 horas. La formación in vitro de algunos cristales puede ocurrir en muestras refrigeradas, mientras que otros se forman a medida que aumenta el pH en muestras almacenadas sin tapar. La refrigeración también inhibe el sobrecrecimiento bacteriano, pero provoca la precipitación de cristales de oxalato cálcico, ácido úrico y estruvita. El aumento de su número y tamaño con el paso del tiempo termina por oscurecer el campo del microscopio y dificultar la visualización del sedimento urinario. (LABCAM, 2007)

A continuación, se describirán las tres fases del análisis de orina:

Examen físico y organoléptico:

Es la primera etapa y aporta información crucial sobre el estado de salud:

- **Color, aspecto (transparencia) y olor.** En orina normal el color es amarillo claro a ámbar, con aspecto límpido y olor característico “sui generis”.
- **Densidad urinaria:** El rango normal es cercano a **1.030** (en caninos/gatos). Una mayor densidad indica mayor concentración de precursores urolíticos.
- **pH:** Normalmente entre **5.0 y 7.0**. Es vital para la interpretación de cristales: un pH menor a 7.0 favorece urolitos de oxalato de calcio, purinas y cisteína; un pH mayor a 7.0 suele asociarse a urolitos de estruvita.

Examen químico:

Permite detectar la presencia de sustancias que, en condiciones normales, se encuentran en concentraciones muy bajas o son inexistentes. Se utilizan tiras reactivas multianalíticas.

Procedimiento: Se sumerge la tira brevemente, se elimina el exceso apoyándola de canto en papel absorbente y se comparan los colores con la escala del fabricante respetando los tiempos de lectura.

Parámetros evaluados: glucosa, cuerpos cetónicos, bilirrubina, sangre, proteínas, nitritos, leucocitos y urobilinógeno. En un examen normal estos parámetros están ausentes, excepto la bilirrubina, proteínas y urobilinógeno en concentraciones mínimas.

El uso de las tiras reactivas de medicina humana puede:

- En caso de proteinuria, detectar principalmente albúmina, y pueden ofrecer falsos positivos o falsos negativos, especialmente ante alteraciones del pH o presencia de sustancias interferentes
- Al medir densidad urinaria proporcionar resultados falsos, especialmente si el pH de la orina es alcalino
- Detectar la presencia de sangre, aunque no permiten distinguir entre hematuria, hemoglobinuria o mioglobinuria
- La detección de nitritos como indicador de infección bacteriana cuenta con mayor evidencia diagnóstica en medicina humana que en veterinaria. Por consiguiente,

su relevancia clínica solo se considera significativo tras la confirmación mediante la observación de microorganismos en el examen del sedimento urinario

Confirmación: para la proteinuria, existen métodos complementarios más sensibles como:

- Prueba del anillo de **Heller**

Es un método útil cuando solo se dispone de una pequeña cantidad de orina, se produce una desnaturalización de las proteínas por acción de ácido nítrico provocando su precipitación visible en forma de un anillo blanco en la interfase entre la orina y el ácido.

Procedimiento: En un tubo de ensayo se coloca aproximadamente 2 ml de ácido nítrico al 65%. Con mucho cuidado, se agrega lentamente 2 ml de orina sobre el ácido, dejando que las capas no se mezclen para ello se puede usar una pipeta o inclinar el tubo. Se observa la zona de contacto entre ambos líquidos y el resultado es positivo si existe presencia de un anillo blanco en la interfase.

- Método del **ácido sulfosalicílico**

Es el ácido de prueba que se utiliza con mayor frecuencia siendo más sensible que el ácido nítrico, no requiere necesariamente el uso de calor, incluye todas las proteínas como albúminas, globulinas y glucoproteínas.

Procedimiento: En un tubo de ensayo, se colocan 2 ml de orina y se agregan lentamente entre 3 a 5 gotas de ácido sulfosalicílico al 20%. Se agita suavemente el tubo y se observa cualquier cambio.

Examen microscópico del sedimento:

Fundamental para identificar elementos celulares y no celulares presentes en la orina. Este examen permite detectar patologías renales y del tracto urinario, así como también ayuda a identificar cristales que pueden indicar alteraciones en el metabolismo del paciente.

Para comenzar se coloca un volumen de 5-10 ml de orina en un tubo de ensayo limpio y se centrifuga a 1500 - 2000 rpm durante 5 minutos. Esto permitirá que los componentes sólidos se depositen en el fondo del tubo. Después de la centrifugación, se decanta el exceso de orina, dejando aproximadamente 0,5 ml del sedimento.

A continuación, se agita suavemente para suspender los elementos y se coloca una gota de esta suspensión en un portaobjetos puede agregarse un cubreobjetos para eliminar

burbujas. Luego se observa al microscopio la preparación en fresco con el objetivo de 40X para la determinación de:

- **Elementos celulares:** glóbulos rojos, leucocitos, células epiteliales, cilindros
- **Elementos no celulares:** cristales, bacterias, levaduras, mucosa y restos celulares (Hutter, 2010)

Un sedimento normal para la especie canina tiene ausencia de todos estos elementos, excepto:

- Glóbulos rojos que pueden aparecer hasta 5 eritrocitos por campo visual
- Células escamosas o planas pueden aparecer dependiendo de la condición fisiológica y sexo del paciente, en hembras en estro es donde aparece una elevada cantidad
- Células de transición pueden considerarse normales de 0 a 1 por campo y generalmente aparecen en muestras por cateterización
- Los leucocitos no suelen observarse más de 5 por campo y cilindros hialinos de 0 a 2 por campo
- Mucus una cierta cantidad es normal en las secreciones genitales de hembras, en especial en el estro
- Espermatozoides en escasa cantidad son normales en machos enteros (Arauz et al., 2020)

Los métodos habituales para este estudio no siempre permiten diferenciar el tipo o estructura de células y cilindros presentes en la orina; por otra parte, después de examinar un determinado número de sedimentos urinarios se presenta fatiga visual del observador, debido a que todos los componentes son incoloros y es difícil diferenciarlos sobre todo cuando hay cristales abundantes. Es por lo que se recomienda dejar una muestra para teñir.

Los métodos de tinción son necesarios para la identificación de eosinófilos, linfocitos, monocitos y células tumorales en orina, las tinciones más utilizadas incluyen eosina y azul de metileno, Giemsa y Gram.

➤ *Eosina y azul de metileno*

Preparación: se añade 1 gota de solución de eosina al sedimento, luego se mezcla con 2 gotas de la siguiente solución, 1ml de azul de metileno al 1%, 10 gotas de

glicerina y 10 ml de ácido pírico; la mezcla debe adquirir macroscópicamente un color entre azul y verde. Permite identificar leucocitos, células epiteliales, bacterias, hongos y células tumorales; los hematíes, cilindros y epitelio plano se tiñen de color rojizo con eosina, pero los demás elementos adquieren color azulado. Los cilindros céreos poseen un color azul oscuro y los hialinos un color azul claro.

Preparación: se debe colocar una gota del sedimento y agregar una gota de colorante como azul de metileno. Aplicar una gota del sedimento teñido en un portaobjetos y cubrir con un cubreobjetos

➤ *Giemsa*

Preparación: se utiliza 1 gota del sedimento urinario para realizar un frotis en un portaobjetos, dejar secar y luego cubrir la muestra con metanol de 3 a 5 minutos para fijar las células. Para preparar la tinción se debe seguir las instrucciones de dilución indicadas, cubrir el portaobjetos con la solución y esperar de 15 a 30 minutos, luego lavar suavemente con agua destilada eliminando el exceso de colorante y por último dejar secar la muestra en posición vertical hasta la examinación microscópica preferiblemente con objetivo de inmersión. Esta técnica se utiliza para detectar neoplasias, parásitos o inflamación severa, permite una mejor evaluación nuclear y citoplasmática.

➤ *Gram*

Preparación: se utiliza 1 gota del sedimento urinario para realizar un frotis en un portaobjetos, dejar secar y luego cubrir la muestra con metanol de 3 a 5 minutos para fijar las bacterias. El siguiente paso es teñir el frotis con cristal violeta que tiñe las bacterias gram positivas de color violeta, se añade Lugol durante 1 minuto creando un complejo insoluble y se aplica alcohol por unos segundos para agregar safranina/fucsina por 1 minuto tiñendo las bacterias gram negativas de color rosado-rojo, el último paso es enjuagar la muestra con agua destilada y secar para su posterior observación microscópica. Esta técnica se utiliza para diferenciar tipos de bacterias gram positivas de gram negativas. (Machuca et al., 2020).

7.b Diagnóstico por imagen en la Urolitiasis

La detección de urolitos mediante **radiografía abdominal simple** depende directamente de su composición mineral y tamaño; generalmente, se requiere un diámetro superior a los 3 mm para su visualización. En casos de microlitiasis (< 3 mm), la **ecografía** y la

radiografía de contraste demuestran una sensibilidad superior. (Stevenson & Rutgers, 2008)

- *Radiografía abdominal simple*

Se basa en determinar mediante rayos X la densidad natural de cada órgano, posibilita delimitar sus “siluetas”. Existen determinadas limitaciones como la falta de discriminación entre órganos parenquimatosos y cavitarios con contenido líquido, ya que ambos producen radio-densidad de tejidos blandos, la escasa generación de contrastes adecuados en cachorros o en perros adultos emaciados por la insuficiente cantidad de grasa abdominal, o la limitación en la visualización de órganos ante la presencia de líquido libre peritoneal o retroperitoneal producido en algunas enfermedades. Los órganos identificables del aparato urinario son los riñones y vejiga. (Arias et al., 2018).

Los urolitos presentan distintos grados de radiodensidad según su composición química:

➤ **Altamente Radiopacos (Fácilmente visibles):**

a. Urolitos de Oxalato de Calcio (monohidrato y dihidrato)

Suelen ser radiopacos, lo que significa que son visibles en las radiografías. Tienen una apariencia densa y sólida, generalmente de forma redonda u ovalada.

➤ **Moderadamente Radiopacos a Radiolúcidos:**

b. Urolitos de Estruvita

Presentan una apariencia más irregular. A veces, pueden presentar una estructura ramificada o una superficie rugosa.

c. Urolitos de Sílice

Son radiopacos y presentan una forma característica pequeña, dura con protuberancias superficiales espaciadas de manera uniforme o radios cortas.

➤ **Radiolúcidos (Invisibles en radiografía simple):**

d. Urolitos de Ácido Úrico

Pueden ser radiolúcidos, lo que significa que no son fácilmente visibles en las radiografías estándar. Sin embargo, en algunos casos, pueden ser parcialmente visibles debido a la presencia de minerales asociados.

e. Urolitos de Cistina

Suelen ser radiolúcidos y pueden no ser fácilmente visibles en radiografías convencionales. Sin embargo, algunos urolitos de cistina pueden contener trazas de calcio que los hacen parcialmente visibles.

La mayoría de *urolitos radiodensos grandes* en caninos son urolitiasis de *estruvita*. Los **urocistolitos > 10 mm** en cualquier dimensión **tienen más del 92 % de probabilidad de estar compuestos de estruvita**; es raro que cualquier otro tipo de urolito supere los 15 mm. La **disolución médica** de urolitos de estruvita es **difícil** en caninos. La alta prevalencia de estruvita inducida por infección, la prevalencia de laminaciones concéntricas finas con baja porosidad y la aparición ocasional de carbonato de calcio o fosfato de calcio en urolitos de estruvita son factores que explican por qué la disolución dietética es más difícil. Los componentes de calcio no son susceptibles a la disolución médica. (Houston et al., 2004)

- *Radiografía de contraste*

Debido a limitaciones mencionadas anteriormente es de utilidad el uso de los medios de contrastes radiográficos, ya sea positivos (yodados) como negativos (aire) para producir radio-densidades artificiales y así los contrastes necesarios. El paciente debe acudir en ayunas para obtener imágenes claras.

Utilizando un medio de contraste positivo (iodado) administrado por vía EV se pueden explorar **riñones y uréteres**, el estudio se denomina urograma excretor o urografía descendente. Mediante inyección en bolo a través de la vena cefálica o yugular, se realizan radiografías secuenciales. Se evalúa tanto la fase nefrográfica (opacificación del parénquima renal) como la fase pielográfica (opacificación de la pelvis renal, recesos pélvicos y uréteres). Las incidencias de rutina son latero-lateral y ventro-dorsal, frecuentemente también oblicuas. Este estudio requiere del paciente un ayuno de sólidos de 24 hs, y de ser necesario, enemas evacuantes dos horas previas al mismo.

Para examinar la **vejiga** se puede utilizar tanto un medio de contraste positivo (iodado) administrado por sondaje uretral, denominándose el estudio, urografía ascendente; o contraste negativo (aire) con insuflación vesical a través del sondaje uretral, denominado neumocistografía ascendente. En ocasiones se utiliza doble contraste (positivo negativo). La **uretra** es explorada utilizando medio de contraste positivo (iodado) previo sondaje. El estudio se denominado uretrografía. (Arias et al., 2018).

- *Ultrasonografía*

El ultrasonido son ondas de sonido de alta frecuencia las cuales no son audibles por el hombre. Cuando las ondas chocan con un tejido, un líquido o un gas, algunas son absorbidas y otras se reflejan en forma de ecos que son captados por el equipo para ser interpretados en forma de imágenes. Si bien este método es más sensible que la radiografía no brinda información acerca de los cambios funcionales; la evaluación de las modificaciones estructurales permite una aproximación diagnóstica certera. El paciente debe realizar un ayuno previo permitiendo una digestión completa de lo ingerido asegurando así la no obstrucción de las ondas de ultrasonido.

En el riñón normal pueden observarse tres áreas bien definidas: una corteza ecogénica, correspondiente a la parte externa; una médula hipoeoica, en la parte interna y un seno renal hiperecoico, correspondiente a la pelvis e hilio. En general el espesor de la corteza y la médula es el mismo, manteniendo una relación 1:1. Un correcto abordaje del riñón incluye la evaluación en planos longitudinales, transversales y coronales.

Para abordar la vejiga debemos considerar su estado de llenado para que su proyección sea a la cavidad abdominal, es fácil de localizar por su contenido anecoico. Cuando está vacía suele encontrarse en la cavidad pelviana. La pared de la vejiga tiene un espesor variable según su estado de repleción. Está compuesta por una capa mucosa, hipoeoica, una submucosa ecogénica, una capa hipoeoica correspondiente a la muscular y una serosa externa ecogénica. El trígono vesical no suele reconocerse, exceptuando en casos de dilatación ureteral. (Arias et al., 2018).

En los estudios ultrasonográficos a pacientes con urolitiasis se observa *engrosamiento de las paredes vesicales* debido a que los daños constantes ocasionados por el objeto hacen que dicha pared libere IL-5, histamina, tromboxanos y colágeno, procurando generar un mecanismo de defensa en el tejido para que no se produzca más daño. La noxa constante ocasiona una adaptación por parte de la pared de la vejiga con la consecuente hipertrofia del tejido, por eso un proceso crónico deja secuelas irreversibles en la vejiga como aumento de tamaño y disminución de la capacidad de almacenamiento. (Sánchez Rojas et al., 2016).

La presencia de cristales en orina o sedimento celular se observa como partículas ecogénicas suspendidas en la orina anecoica. Los urolitos, son concreciones de diverso tamaño y ecográficamente se observan como estructuras hiperecogénicas con producción

de sombra acústica posterior o SAP. Este método, a diferencia de la radiografía simple que solo detecta urolitos radiopacos, permite la observación de todos los tipos de urolitos, independientemente de su composición. (Arias et al., 2018).

8. Estrategias terapéuticas y preventivas

Para implementar protocolos clínicos eficaces, es imperativo determinar la **composición mineral específica** de los urolitos, lo que permite establecer medidas preventivas precisas contra la urolitiasis canina. El abordaje terapéutico integral se fundamenta en los siguientes pilares:

- a. *Manejo Dietético Especializado*: dependiendo del tipo de urolito identificado se recomiendan dietas especiales que ayuden a la disolución de los mismos y a prevenir recidivas.
- b. *Optimización de la hidratación*: el incremento en la ingesta hídrica es una medida transversal indispensable. El objetivo es disminuir la **densidad urinaria**, reduciendo así la sobresaturación de minerales y facilitando el vaciado frecuente de la vejiga para impedir la precipitación de cristales.
- c. *Control de infecciones*: en cuadros asociados a procesos infecciosos (como los urolitos de estruvita por bacterias productoras de ureasa), resulta mandatorio la prescripción de **antibioticoterapia específica**, idealmente basada en los resultados de un urocultivo y antibiograma previo.

Prevención y Terapéutica Nutricional y Farmacológica de la Urolitiasis Canina

Relación entre los urolitos y el pH

Los urolitos de uratos amorfos, ácido úrico, cistina, oxalatos y silicatos precipitan en la orina ácida. Los urolitos de fosfato y carbonato de calcio, estruvita, también oxalatos y silicatos precipitan en la orina alcalina.

➤ Urolitos de Estruvita

Se utilizan **acidificantes urinarios** como el **ácido ascórbico, cloruro de amonio o DL- metionina**.

Hay alimentos balanceados específicos destinados a reducir las concentraciones de urea, fósforo y magnesio en la orina. Los alimentos litolíticos comerciales

contienen cantidades moderadas de proteína, son muy digestivos, bajos en fibra para reducir la pérdida de agua fecal y a su vez contienen niveles incrementados de NaCl; la dieta debe ser administrada durante 4 semanas luego de la extracción o disolución de los urolitos, porque aún pueden quedar litos demasiado pequeños para su detección radiográfica. La restricción proteica reduce la cantidad de sustrato (urea) disponible en la orina para las bacterias ureasa positivas. La eficacia de la dieta ha quedado demostrada en estudios clínicos (Stevenson & Rutgers, 2008).

- **Urolitos de Oxalato de Calcio:** no son sensibles a los cambios de pH, y una vez formados no se pueden disolver médicamente, sin embargo, un método preventivo puede ser buscar la **alcalinización del pH**, utilizando **citrate de potasio**. Puede utilizarse **Hidroclorotiazida**, un **diurético** que reduce la excreción urinaria de calcio y, por tanto, la concentración de éste en la orina, debido a que aumenta la reabsorción tubular proximal del calcio junto a otros solutos.

Además, una dieta rica en fibra disminuye la absorción de calcio a nivel gastrointestinal lo que contribuye a una disminución del calcio sérico, por ende, a la hipercalcemia. (Gil Díaz, 2015).

- **Urolitos de Ácido Úrico:**

Las dietas restringidas en proteínas tienen un efecto alcalinizante, pero podría ser necesaria la administración adicional de **agentes alcalinizantes** de la orina como **bicarbonato de sodio y citrate de potasio**.

El objetivo de la estrategia alimentaria es **reducir el contenido de purinas**, un ejemplo es evitando el pescado y las vísceras, que son ricos en las mismas. Las proteínas vegetales, los huevos y productos lácteos son fuentes de proteína alternativas con un contenido relativamente bajo en precursores de purina.

El **alopurinol**, que es un inhibidor de la xantina oxidasa, la enzima responsable de catalizar la conversión de xantina e hipoxantina en ácido úrico. Como resultado del tratamiento con alopurinol, las concentraciones de xantina e hipoxantina urinarias aumentan, pero el urato disminuye. (Stevenson & Rutgers, 2008)

- **Urolitos de Cistina**

La concentración de cistina urinaria puede reducirse administrando **quelantes y urolitos específicos** como N-(2-mercapto-propionil) glicina (**tiopronina o penicilamina**). Puede incrementarse el volumen de la orina mezclando el agua con la comida. No debe añadirse sal a la dieta dado que la excreción incrementada

de sodio puede a su vez causar una excreción incrementada de cistina. (Gil Díaz, 2015).

➤ **Urolitos de Silicato**

Sustituir alimentos que contengan ingredientes con alto contenido de sílice (alimento a base de gluten de maíz, cáscaras de soja y granos intactos). (Puig et al., sf)

➤ **Urolitos de Xantina**

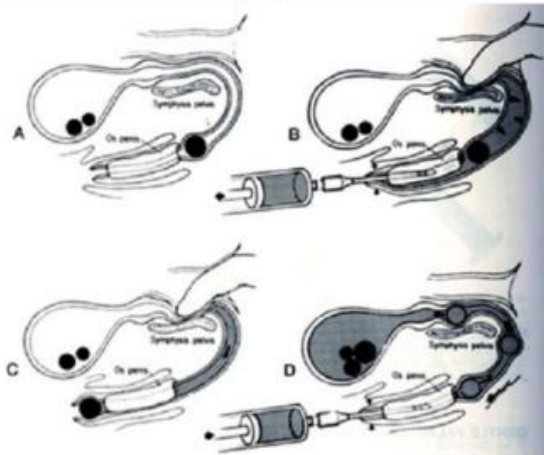
En este caso se utilizan **agentes alcalinizantes** de la orina como **bicarbonato de sodio y citrato de potasio**. (Gil Díaz, 2015).

Técnicas no quirúrgicas para el Tratamiento de la Urolitiasis

a) **Hidropropulsión anterógrada**

Esta técnica se indica para la eliminación de urolitos con diámetros de **1 a 4 mm en machos** y de hasta **11 mm en hembras**. El procedimiento se fundamenta en la fuerza de gravedad y la presión hidrostática. Dicha técnica está contraindicada en pacientes con lesiones vesicales, sometidos a cistotomía y con obstrucción uretral. Se prefiere realizar este procedimiento con más frecuencia en hembras que en machos, ya que es más fácil anatómicamente expulsar los urolitos uretrales hacia la vejiga.

Técnica de Hidropropulsión en Machos



Técnica de Hidropropulsión en Hembras

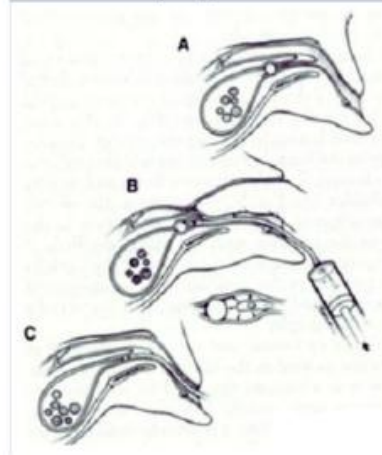


Figura 12. Técnica no quirúrgica en machos y hembras para el tratamiento de urolitiasis. (Sanderson, 2005)

La técnica se desarrolla bajo los siguientes parámetros clínicos:

1. **Inducción y Relajación:** El paciente debe ser sometido a un protocolo de **anestesia general** con el objetivo de eliminar el tono muscular del esfínter y facilitar la relajación uretral, factor crítico para el tránsito de los urolitos.
2. **Maniobra de Posicionamiento:** Se coloca al ejemplar en **estación vertical**. En esta posición, se procede a realizar una agitación manual suave de la vejiga para promover el **descenso gravitacional** de los urolitos hacia el cuello vesical.
3. **Ejecución de la Descarga:** Se aplica una presión manual firme y sostenida sobre el cuerpo de la vejiga en dirección caudal. Esta maniobra busca generar una micción inducida de alto flujo; al obtener un **chorro fuerte y constante**, la energía cinética del líquido arrastra los urolitos a través del lumen uretral.
4. **Protocolo Repetitivo:** El procedimiento se reitera de manera cíclica hasta lograr la evacuación completa de los urolitos detectados previamente. (Ramírez Yepes, 2024)

Técnicas quirúrgicas para el Tratamiento de la Urolitiasis

- **Uretrostomía**

La uretostomía es la creación de una nueva abertura permanente en la uretra para desviar el flujo de la orina. En caninos, se realiza con mayor frecuencia por obstrucción uretral recurrente o persistente debido a urolitos urinarios, y más raramente, para desviar la orina de traumatismos irreversibles o lesiones neoplásicas de la uretra distal.

La técnica de elección es la **uretostomía escrotal**, debido a que la mayoría de las obstrucciones ocurren en el aspecto proximal al hueso peniano.

- **Ureterotomía**

Es un procedimiento quirúrgico de alta complejidad técnica debido al reducido calibre y la fragilidad de los conductos ureterales. Se reserva estrictamente para casos de obstrucción ureteral persistente donde otros métodos de eliminación han fracasado.

- **Cistotomía**

Es el abordaje quirúrgico de la vejiga para extraer urolitos (puros, mixtos o predominantes), tumores o realizar biopsias. Tras exteriorizar y aislar el órgano, se incide para evacuar los urolitos. Finaliza con lavado retrógrado, sutura hermética con

monofilamento absorbible y omentalización para optimizar la cicatrización. (Ramírez Lechado & Ruíz Mendoza, 2015)

La cistotomía y la uretrotomía en lo posible deben evitarse, ya que estas generan algunas complicaciones; las suturas utilizadas pueden ser inductoras de **urolitiasis recurrentes en un 9% de los pacientes**; pueden resultar en alteraciones permanentes a la anatomía y función de la uretra causando estenosis de ésta (Calvert Díaz, 2023).

- **Litotricia**

Es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva que fragmenta urolitos en las vías urinarias superiores e inferiores para facilitar su extracción o eliminación natural. Ofrece una resolución rápida de la obstrucción reduciendo el dolor posoperatorio y es la opción preferencial para uretra, uréteres y pelvis renal.

Los sistemas de litotricia se clasifican en:

- **Extracorpóreo**

Se basa en la utilización de ondas de choque que atraviesan la piel, generando fuerzas tensionales en la superficie y el interior del urolito, que terminan por fragmentarlo.

La litotricia extracorpórea está indicada en urolitos de hasta 25 mm del aparato urinario superior, pelvis renal y uréteres, en los que el urolito no se desplaza durante el tratamiento y en las que es difícil un acceso visual directo mediante endoscopia.

Es útil para los nefrolitos y ureterolitos; una vez realizada sus fragmentos generalmente pasan por los uréteres. Se puede considerar colocar un stent ureteral, el cual es un implante que permite el drenaje de orina del tracto urinario superior para evitar la obstrucción de los uréteres por los fragmentos resultantes, requiriendo un segundo tratamiento de litotricia extracorpórea en un 15 a 35% de los casos.

- **Intracorpóreo**

Corresponde a un método quirúrgico mínimamente invasivo, se introduce un cistoscopio para visualizar los urolitos y una fibra láser, esta última se utiliza para fragmentar los urolitos en uretra o vejiga, los que posteriormente son removidos por una cesta. Esta técnica además se puede utilizar en los casos en que la hidropulsión retrograda no ha tenido efecto. Según Lulich et al., (2009) la técnica es más difícil en machos que en hembras, debido a la poca probabilidad de extraer de forma atraumática los fragmentos a

través de su uretra, debido a esto, que dichos autores sólo recomiendan esta técnica en machos para urolitos uretrales. (Bermúdez Ríos, 2017)

Litotricia intracorporea



Figura 13. Litotricia laser en canino. (Batalla, 2021).

9. Recaídas y Recurrencias post tratamiento de Urolitiasis Canina

- Ocurren *recaídas en más del 25% de los casos* tratados; es relativamente frecuente que algunos perros tengan tres o más episodios de urolitiasis
- Las recaídas son mayores en los caninos con urolitos metabólicos (oxalato cálcico, urato, cistina) o con *predisposición familiar*
- El intervalo entre su eliminación medica o quirúrgica y reaparición puede estar influido por varios factores:
 - Métodos diagnósticos empleados para detectar la recurrencia y frecuencia de examen
 - *Falla en la extracción de todos los urolitos presentes* durante la cirugía
 - Persistencia o *recurrencia de IU* con microorganismos litogénicos
 - Empleo de material de sutura no absorbible expuesto al lumen urinario que opera como nido para la precipitación mineral
 - *Incumplimiento del tutor o paciente* con las recomendaciones terapéuticas o profilácticas
 - *Persistencia de los factores* responsables del inicio del urolito en el momento de su erradicación (Ramírez Lechado & Ruíz Mendoza, 2015).

10. Predisposición Genética a la Urolitiasis en el Schnauzer Miniatura

El Schnauzer Miniatura presenta una marcada predisposición genética para el desarrollo de urolitiasis por oxalato de calcio (CaOx), con un riesgo relativo superior a 20 veces en comparación con otras razas. Esta patología se caracteriza por la formación recurrente de urolitos en la vejiga o los riñones.

Aunque no se ha identificado una mutación genética única, la evidencia sugiere una **herencia poligénica**. La identificación de portadores y afectados en enfermedades poligénicas en perros es compleja porque el rasgo depende de múltiples genes y factores ambientales, no de un solo gen. Esto impide usar pruebas de ADN simples, ocultando el riesgo genético bajo una apariencia sana (fenotipo normal) y dificultando la distinción entre animales sanos y portadores. Este componente genético deriva en cuadros de hipercalciuria (excreción excesiva de calcio en la orina), el principal factor de riesgo metabólico para la precipitación de estos cristales.

Investigaciones previas (Stevenson & Markwell, 2005) han identificado variaciones fisiológicas en la producción de orina en ejemplares sanos de esta raza, lo que refuerza la existencia de factores hereditarios intrínsecos que alteran la composición urinaria.

- **Identificación y Diagnóstico**

En la actualidad, **no se dispone de biomarcadores específicos** para determinar con certeza qué individuos desarrollarán la patología (Meyers & Wallen, 2003). No obstante, la evidencia epidemiológica señala dos puntos clave:

- a) **Incidencia por sexo:** Es significativamente mayor en los machos.
- b) **Ausencia de pruebas genéticas directas:** Al ser una condición poligénica para el oxalato de calcio, el diagnóstico sigue siendo clínico y preventivo.

- **El Caso del Gen SLC2A9 e Hiperuricosuria**

Es fundamental distinguir la urolitiasis por oxalato de calcio de la producida por uratos, vinculada al gen *SLC2A9*. Este gen codifica la proteína GLUT9, encargada de transportar el ácido úrico. Una mutación en este gen provoca hiperuricosuria y predispone a urolitos de urato. Un estudio publicado en el *Journal of Veterinary Internal Medicine* (Karmi et al., 2010) analizó a 3,530 perros de 127 razas, arrojando conclusiones determinantes para la familia Schnauzer. Se identificó la presencia del alelo mutante en varias razas previamente no vinculadas con esta alteración genética, entre ellas:

- **Weimaraner y Large Munsterlander**, con las frecuencias más altas (0,15 y 0,14 respectivamente) del alelo responsable que predispone a esta enfermedad. Como regla general, cuanto mayor sea la frecuencia del alelo mutante, mayor será la probabilidad de que los individuos presenten signos clínicos de urolitiasis por urato.

- **Giant Schnauzer** (Schnauzer Gigante), donde se detectaron tanto portadores como individuos afectados.
- Otras razas como el Pastor Alemán, Terrier Americano Staffordshire y el Labrador Retriever.

El Caso del Schnauzer Miniatura

Un punto fundamental del estudio citado anteriormente, es la distinción entre las variedades de la raza Schnauzer. Mientras que en el Schnauzer Gigante se confirmó la mutación del gen *SLC2A9*, los resultados para el Schnauzer Miniatura fueron diferentes:

- **Ausencia de la mutación:** A pesar de que se evaluaron 85 ejemplares de Schnauzer Miniatura, no se detectó ningún individuo portador ni afectado por esta mutación específica de hiperuricosuria.
- **Diferenciación patológica:** Esto refuerza la idea de que, aunque el Schnauzer Miniatura tiene una alta predisposición a otros tipos de urolitiasis (como el oxalato de calcio), **no comparte el mecanismo genético de uratos** ligado al gen *SLC2A9* que sí presentan el Schnauzer Gigante y otras razas analizadas (Dalmata, por ejemplo)

En conclusión, el estudio demuestra que la hiperuricosuria genética está extendida en razas muy diversas, pero confirma que **no es la causa de las afecciones urinarias en el Schnauzer Miniatura** evaluado en esta cohorte.

En otro estudio realizado por **Klausner et al. (1980)** los caninos Schnauzer Miniatura tienen una mayor prevalencia de urolitos de estruvita que la mayoría de las otras razas. Varias observaciones sugieren la hipótesis de una predisposición familiar dentro de la raza. Los urolitos de estruvita en los caninos examinados se desarrollaron en las vejigas urinarias y uretras de 4 o 5 descendientes de padres Schnauzer miniatura con urolitiasis de estruvita recurrente. Además, plantea una hipótesis sobre la existencia de alguna anomalía en los mecanismos de defensa del huésped en el tracto urinario que aumentan la susceptibilidad a los urolitos de estruvita.

11. Reporte de caso clínico

Ingresa a consulta un canino Schnauzer hembra “UMA”, castrada, pelaje negro, de 12 años.



Figura 14. Uma, paciente reportada en el caso clínico (Fuente propia, 2025)

El motivo es la presencia de hematuria y dificultad para orinar. Su tutor relata que Uma se queda demasiado tiempo en la misma posición haciendo esfuerzo sin poder vaciar su vejiga, logrando solo despedir algunas gotas de orina.

Revisión clínica

En el examen clínico general la paciente está consciente y alerta, todas sus constantes fisiológicas se encuentran en los rangos normales para un paciente de su especie y talla, no se perciben sonidos agregados a la auscultación cardiopulmonar, paciente normotérmica y normohidratada, no se perciben linfonódulos superficiales reactivos.

Su consumo diario es alimento balanceado. En cuanto a su historial de vacunación y desparasitación no está vigente desde 2019 (en la clínica mencionada).

Con la paciente en estación se realizó la *palpación de vejiga* sobre la mesa de consulta, colocándose el medico de costado al animal con las manos y el antebrazo en línea recta y paralela a la mesa, realizando primero la maniobra *monomanual profunda* para poder identificar claramente los órganos del aparato urinario, se podían percibir bien y definidos los urolitos con sus diferentes tamaños en vejiga, descartando que sea materia fecal intentando comprimir los urolitos y que no pierdan su consistencia, detectando dolor agudo y su tamaño aumentado. Además, solo bastaba con que la paciente camine por el consultorio para escuchar el sonido desde su vejiga como si fueran una bolsa de canicas de vidrio chocando constantemente, escuchándose un chasquido agudo y metálico.

Una vez realizada la palpación abdominal se observa su historial clínico ya que es paciente de la clínica hace varios años y en su ficha médica se comprueban sus recurrentes casos de urolitos vesicales.

Cabe destacar que los datos obtenidos fueron brindados por colegas de ciudades vecinas, debido a que la paciente solo se realizaba las cirugías en este establecimiento, pero sus radiografías, ecografías y urianálisis correspondientes fueron obtenidos en otras clínicas.

Exámenes complementarios

Como se mencionó anteriormente el urianálisis no fue realizado en el establecimiento, pero si se obtuvo *hemograma y bioquímica sanguínea* con resultados dentro de los rangos normales, esto a su vez, aportó información para poder descartar los diagnósticos diferenciales mencionados.



Nombre:	Uma	Propietario:	Carpintero Marcelo
Especie:	Canino	Sexo:	Hembra
Raza:	Mestizo	Fecha:	18/10/2025
Edad:	12 años		

HEMOGRAMA			
Analizador Mindray BC-2800Vet.			
Recuento de Elementos		Valores de referencia	
Hematies	6.960.000 por mm ³	6.120.000 - 8.500.000	por mm ³
Leucocitos	9.100 por mm ³	6.000 - 15.000	por mm ³
Hemoglobina	16 g/dL	12 - 18	g/dL
Hematocrito	51 %	35 - 55	%
VCM	73,3 fL	60 - 77	fL
HCM	22,9 pg	19,5 - 24,5	pg
CHCM	31,3 g/dL	32 - 36	g/dL
RDW	15,3 %	-	%
Fórmula Leucocitaria		Porcentual	Absoluta
Granulocitos	82,4	%	7500 por mm ³
Eosinofilos	3,9	%	por mm ³
Linfocitos	14,8	%	1.300 por mm ³
Monocitos	2,8	%	300 por mm ³
Plaquetas		200.000 - 600.000 por mm ³	
VPM	9,3 fL	8,5 - 13	
PDW	16,1 fL	9,1 - 18,7	
PCT	0,312 %	0,11 - 0,4	
Observaciones: 0			

Figura 15. Hemograma de la paciente (fuente propia, 2025)

- ❖ Pólipos
- ❖ Neoplasias
- ❖ Coágulos

Historial Clínico de Urolitiasis Recidivante



Figura 18. Línea del tiempo de UMA: Urolitiasis recidivante (Fuente propia, 2026)

El historial de urolitiasis de la paciente se remonta al año **2016**, cuando se realizó el **primer diagnóstico**.

- 2016 (Primer Episodio): El diagnóstico inicial de urolitiasis se confirmó mediante radiografía abdominal, donde se visualizaron tres urolitos de tamaño considerable: 1.5 cm, 1.7 cm y 1.6 cm. Se instauró un tratamiento farmacológico, el cual no fue completamente cumplido por el tutor, dos meses después, la paciente presentó una considerable cantidad de nuevos urolitos.
- 2017 (Primera Intervención): Se indicó y realizó la primera cistotomía para la remoción de los urolitos. Además, se le indicó a su tutor la importancia de **diluir la orina, aumentando la ingesta de agua** y, por tanto, el volumen urinario, con lo cual se obtendría un mayor número de micciones, siendo menor el tiempo de retención de la orina en la vejiga, obstaculizando así la formación de urolitos.
- 2019 (Segunda Intervención): La urolitiasis recidivó, requiriendo una segunda cistotomía en la que se extrajeron dos urolitos de gran tamaño.

- 2021 (Tercera Intervención y Manejo Dietético): La paciente fue sometida a una tercera cirugía. En este periodo, se realizaron cambios en el manejo nutricional, pasando de alimento balanceado a una dieta casera durante un tiempo limitado, además se sugirió nuevamente un mayor consumo de agua. También se redujo la ingesta de precursores litogénicos, administrando **alimentos bajos en magnesio, fósforo, proteína y fibra**, y niveles más altos de cloruro sódico para fomentar una mayor ingesta de agua.
- 2024 (Cuarta Intervención y Manejo Renal): Se propuso un *tratamiento médico* porque los urolitos detectados radiográficamente no poseían grandes dimensiones, se administró una dieta litolítica y antibioticoterapia, pero al pasar el tiempo no se registraron respuestas favorables.

La paciente fue sometida nuevamente a una cistotomía, donde se extrajeron dos urolitos. Adicionalmente, se complementó el tratamiento postquirúrgico con la introducción de un *alimento de prescripción renal*, el cual fue implementado por tres meses y luego UMA volvió a un alimento balanceado común sin prescripción médica.

- 2025 (Recidiva Actual): A pesar del historial de manejo dietético y las intervenciones previas, UMA presenta una *nueva y significativa recidiva* de urolitos, lo que motivó la **consulta actual**.

Se pudo obtener información adicional sobre su *saturación de orina*, a su vez fue comprobada la *alcalinidad* de esta, lo que predispone a una infección recurrente del tracto urinario, debido a la presencia de bacterias de género *Staphylococcus* y proteasas, las cuales poseen ureasas capaces de dividir la urea en amoníaco y dióxido de carbono. Dando como resultado la formación de amonio por hidrólisis del amoníaco, lo cual genera una disminución de hidrogeniones en la orina predisponiendo a la disminución de la solubilidad de la estruvita.

Cabe destacar que la raza **Schnauzer miniatura** presenta una mayor frecuencia de urolitiasis de estruvita, con la posibilidad de una **predisposición genética** en esta raza. La formación de urolitos de estruvita en *hembras* en esta especie cuando no hay presencia de gérmenes en la vejiga es consecuencia de un defecto renal en la acidificación de la orina o porque producen una orina muy concentrada.

Además, el Schnauzer miniatura puede presentar una anomalía hereditaria en las defensas locales del huésped del tracto urinario que aumenta su susceptibilidad a infecciones bacterianas del mismo. (Houston et al., 2004)

Tratamiento para UMA realizado en el año 2025

En la clínica veterinaria “El Candil” solo se realizó sus prequirúrgicos, cirugía y postoperatorio.

Basados en los resultados de la ecografía se determinó la necesidad de intervenir quirúrgicamente a la paciente. Una vez obtenido el diagnóstico se realizó la restricción de comida sólida y de líquidos para la intervención quirúrgica.

Revisando el historial clínico de UMA, como no respondió años anteriores al tratamiento médico se optó nuevamente por un *tratamiento quirúrgico*, realizado mediante la técnica de *cistotomía*.

Protocolo anestésico

Para realizar la medicación preanestésica recordamos el peso de la paciente que es 10kg. Se utilizó Medetomidina 10ug/kg más Butorfanol 0,2mg/kg vía endovenosa. En la inducción Propofol 2mg/kg más Ketamina 1mg/kg endovenoso y además una infiltración en la línea de incisión con lidocaína al 2%. El mantenimiento fue con Propofol 200ug/kg/min endovenoso.

Cistotomía: Técnica quirúrgica

1. Se realiza una laparotomía media caudal (incisión umbílico púbica)
2. Luego, se aísla la vejiga del resto del abdomen mediante la colocación de paños de segundo y tercer campo estériles o gasas de laparotomía humedecidas
3. Se coloca una o dos suturas de fijación/ tracción en el polo craneal de la vejiga (puntos directores)



Figura 19. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa (García et al., s.f.)

4. Vaciar la vejiga mediante cistocentesis o succión tras la realización de una pequeña incisión
5. La incisión de la vejiga debe realizarse en su aspecto ventral, respetando el origen de las arterias císticas mayores, así como la desembocadura de los uréteres en el trigono



Figura 20. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa (García et al., s.f.)

6. Una vez abierta la vejiga, extraer los urolitos por hidropulsión, explorar la mucosa, realizar lavaje vesical



Figura 21. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa (García et al., s.f.)

7. Cerrar con patrón de sutura Cushing o Lembert, con material absorbible sintético monofilamento como poligliconato o polidioxanona, protegiendo con el omento si pueden existir complicaciones en la cicatrización
8. Tras completar la sutura sondar al paciente e inyectar solución fisiológica para realizar la prueba de permeabilidad (García et al., s.f.)



Figura 22. Cistotomía paso a paso, imagen ilustrativa (García et al., s.f.)

*Nota: La sutura no debe atravesar mucosa ya que queda expuesta a la orina y puede actuar como nicho para la precipitación de minerales como **estruvita**, induciendo una nueva formación de urolitos.*



Figura 23. Realizando procedimiento quirúrgico, cistotomía. (Fuente propia, 2025)



Figura 24. Extracción del total de los urolitos (Fuente propia, 2025)

Luego de la extracción de los litos se enviaron a analizar para identificar su/s componente/s donde se pudo comprobar que los urolitos son compuestos de magnesio, fosfato y amonio.

Veterinaria El Candil
Solicita:
Propietario Carpintero
Marcelo

Paciente: Uma
Especie Canino
Raza: Schnauzer
Sexo: Hembra

Protocolo: 34278
Fecha Ingreso: 05-11-2025
Fecha Informe:
Edad:

Estudio solicitado: Cálculo urinario		
EXÁMEN MACROSCÓPICO		
	Resultado	
Cantidad	170 mg.	
Color	Marrón claro.	
Aspecto	Liso.	
Forma	Poliédrica.	
Tamaño	Varios con distintos tamaños.	
Consistencia	Dura.	
EXAMEN QUÍMICO		
Carbonato	Reacción negativa.	
Magnesio	Reacción positiva.	
Fosfato	Reacción positiva.	
Amonio	Reacción positiva.	
Acido Úrico	Reacción negativa.	
Cistina	Reacción negativa.	
Calcio	Reacción negativa.	
Oxalato	Reacción negativa.	
	Resultado	Referencia
Conclusión	Fosfato amónico magn	

Figura 25. Resultado de los componentes de urolitos (fuente propia, 2025)

Posquirúrgico y recomendaciones

- Dipirona 10mg/kg más Meloxicam 0,1mg/kg, Penicilina-Estreptomicina 1ml subcutáneo.
- La **alimentación balanceada “urinary Struvite”** fue recomendada durante *4 semanas poscirugía*, además provee las cantidades de minerales suficientes para mantener las funciones metabólicas sin generar excesos de desechos que al momento de la excreción por vía renal comiencen a solidificarse y así generar los urolitos. Esta *dieta litolítica* debe administrarse porque aún pueden quedar urolitos demasiado pequeños para su detección por imagen.
- Aumentar la ingesta de agua diaria, suministrar entre 60-90 ml de agua por kilo de peso vivo. En este caso, el peso del paciente es de 10kg, por lo que el volumen recomendado es más de 600 ml diarios promoviendo una orina más diluida y aumentando la frecuencia de micción con menor concentración de precursores de urolitos; para su ingesta puede remojarse el alimento balanceado o darle sabor a su bebida con caldos específicos para caninos (*National Research Council, 2006*)

- *Acidificar moderadamente el pH urinario*, ya que, si no se favorece la formación de cristales de oxalato cálcico.
- *Antibioticoterapia*, Cefalexina 20mg/kg vía oral, cada doce horas durante cinco días.
- Se deberán realizar *controles radiográficos y analíticos* (cistocentesis) para observar la eficacia del tratamiento, el cual seguirá dándose hasta un mes después de la resolución radiológica. El resultado del análisis de orina debe ser de un pH menor de 7 y el urocultivo debe dar negativo.

Protocolo de prevención

- **Los urolitos de estruvita estériles presentan una mayor probabilidad de reaparecer** que los de origen infeccioso, debido a que su causa subyacente no se comprende completamente y suele persistir luego de la disolución o eliminación exitosa. En cambio, en los casos inducidos por infección, la recurrencia deriva de una disolución incompleta o a una infección recurrente del tracto urinario con bacterias productoras de ureasa. Se recomienda abordar la causa subyacente de la infección del tracto urinario y mantener un monitoreo constante.
- En este caso, UMA que posee gran predisposición a los urolitos de estruvita debe tener idealmente un pH urinario de 6 a 6,5 y una densidad urinaria de < 1,020 para desalentar la precipitación de estos.

Pronóstico

El pronóstico fue bueno, una vez retirados los urolitos de la vejiga se disminuyó el riesgo de las complicaciones comunes en estos casos como lo son las infecciones del tracto urinario. La paciente presentó una buena respuesta a la anestesia en el momento de la intervención quirúrgica, lo que disminuyó el riesgo de complicaciones post quirúrgicas. En cuanto a la recuperación fue óptima, se manejó el tratamiento farmacológico de antibioterapia y analgesia por dos días los cuales estuvo en hospitalización y posteriormente en casa.

Notas de progreso: La paciente regresó pasados los 15 días para el correspondiente retiro de puntos, sin complicaciones durante el tratamiento, se recomendó realizar ecografía de control en 15 días y luego cada 6 meses.

12. Conclusiones

Las **razas caninas pequeñas** son más susceptibles a la presencia de urolitiasis vesical debido a la menor cantidad de agua ingerida en relación con las razas grandes, concentrando su orina en mayor cantidad y, por ende, acumulando sedimentos que posteriormente se convertirán en urolitos.

Hay que destacar que la prevalencia de urolitiasis es mayor en caninos de raza pura, afectando principalmente a razas de talla pequeña como el **Schnauzer**.

UMA comenzó a los 6 años con esta patología, siendo los urolitos de **estruvita** un gran **predisponente en caninos menores de 7 años y hembras en más del 80 % de los casos**.

Las bacterias productoras de ureasa que llegan a colonizar el aparato urogenital pueden promover la formación de urolitos de estruvita. Las **hembras**, debido a su situación anatómica, son más susceptibles a desarrollar las infecciones urinarias.

Se debe destacar la importancia de **conocer qué tipo de urolito está presente**; el componente principal del que esté formado el urolito marca la terapéutica adecuada que evita recidivas en el paciente.

El **diagnóstico rápido** en esta enfermedad es clave para que el cuadro clínico no se complique; los urolitos vesicales deben ser de rápido diagnóstico, generan dificultad en la micción en caninos ya que al ir creciendo dentro de la vejiga van reduciendo su capacidad de almacenamiento y de eliminación de orina, lo cual compromete la vida del animal. Por otra parte, se puede considerar necesario el diagnóstico certero y rápido porque una obstrucción prolongada puede ocasionar daños sistémicos como una azotemia.

La resolución quirúrgica mediante **cistotomía** es una excelente alternativa en pacientes con serias alteraciones de la micción puesto que **se logra extraer la totalidad de urolitos** presentes en vías urinarias altas y bajas corrigiendo de forma inmediata el problema.

Se producen **recaídas en más del 25% de los casos**; es relativamente frecuente que algunos caninos tengan tres o más episodios de urolitiasis. Las recaídas son mayores en los caninos con urolitos metabólicos (oxalato cálcico, urato, cistina) o con **predisposición familiar**, como se indica en el caso del paciente reportado.

Bibliografía

- Arauz, M. S., Fontana, L. L., & Martin, P. L. (Coords.). (2020). *Atlas de orina: Análisis de orina e interpretación de los resultados en caninos, felinos y equinos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP)
- Arias, DO, Rodríguez, RR, & Aprea, AN (Coords.). (2018). *Métodos complementarios de diagnóstico: Pequeños animales y equinos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP)
- Bannasch D, Safra N, Young A, Karmi N, Schaible RS, Ling GV. Mutations in the SLC2A9 gene cause hyperuricosuria and hyperuricemia in the dog. PLoS Genet. 2008 4(11):e1000246.
- Bermúdez Ríos, M. (2017). *Urolitiasis canina* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Lasallista].
- Broglia, G. C., y Del Amo, A. N. (Coords.). (2015). *Manual de semiología de los animales domésticos*. Universidad Nacional de La Plata.
- Calvert Díaz, J. (2023). *Urolitiasis por estruvita en perros: Propuesta de un protocolo diagnóstico y terapéutico* [Memoria de título, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
- Couto, C. (2020). *Medicina interna de pequeños animales*. Edra.
- García Sacristán, A. (2018). *Fisiología veterinaria*. Editorial Tébar Flores.
- Getty, R. (Ed.). (1982). *Sisson y Grossman. Anatomía de los animales domésticos* (5.^a ed.). Salvat.
- Gil Díaz, S. (2015). *La urolitiasis canina y estudio retrospectivo de su casuística en el Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza* [Trabajo de grado, Universidad de Zaragoza].
- Houston, D. M., Moore, A. E. P., Favrin, M. G., y Hoff, B. (2004). Canine urolithiasis: A look at over 16 000 urolith submissions to the Canadian Veterinary Urolith Centre from February 1998 to April 2003. *The Canadian Veterinary Journal*, 45(3), 225–230.
- Hutter, E. R. (2010). *Análisis rápido de orina*. Editorial Inter-Médica.
- Karmi, N., Brown, E. A., Hughes, S. S., McLaughlin, B., Mellersh, C. S., Biourge, V., & Bannasch, D. L. (2010). Estimated frequency of the canine hyperuricosuria mutation in different dog breeds. *Journal of veterinary internal medicine*, 24(6), 1337–1342.

- Klausner, J. S., Osborne, C. A., O'Leary, T. P., Gebhart, R. N., & Griffith, D. P. (1980). Struvite urolithiasis in a litter of Miniature Schnauzer dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 41(12), 2041–2047
- LABCAM. (2007). *El laboratorio clínico: Preanalítica de muestra de orina* (Documento de Consenso del Grupo de Trabajo ACLARAMIENTO). Laboratorio Clínico de Castilla-La Mancha.
- Lozano Pazmiño, M. S. (2020). PRESENCIA DE CRISTALES Y UROLITOS EN PERROS ASINTOMATICOS QUE ASISTEN AL CENTRO INTEGRAL VETERINARIO [Tesis de grado]. Universidad Agraria del Ecuador.
- Machuca, M. A., Massone, A. R., & Quiroga, M. A. (2020). *Citología en caninos y felinos: Herramientas para la interpretación diagnóstica*. Universidad Nacional de La Plata.
- Mendoza Zapata, P. V., & Mollericona Alfaro, M. D. (2023). Descripción de caso clínico: Urolitiasis vesical en perro (*Canis lupus familiaris*) Schnauzer de siete años. *AGRO-VET*, 7(1).
- Meyers-Wallen VN (2003) Ethics and genetic selection in purebred dogs. *Reproduction In Domestic Animals* 38: 73–6
- Moscoso Cárdenas, E. C. (2018). *Prevalencia de cristaluria y urolitiasis en caninos asintomáticos de la urbanización Zárate, Lima durante el periodo febrero a junio, 2017* [Tesis de título profesional, Universidad Científica del Sur].
- National Research Council. (2006). *Nutrient requirements of dogs and cats*. National Academies Press.
- Osborne, C. A., Lulich, J. P., Polzin, D. J., & cols. (1999). Medical dissolution and prevention of canine struvite urolithiasis: Twenty years of experience. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 29(1), 73-111.
- Puig, J., Feo, L., Merino, V., Jeusette, I. y Vilaseca, L. (s. f.). Advance Veterinary Diets. *Urolitiasis canina: Informe de investigación*. <https://www.advanceaffinity.com/es/es/perro/consejos/urolitiasis-canina-informe-de-investigacion>
- Ramírez Lechado, B., & Ruíz Mendoza, R. (2015). Identificación de urolitiasis o cristaluria en caninos en la ciudad de León- Nicaragua 2014-2015 [Monografía de grado]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).
- Ramírez Yepes, A. S. (2024). *Urolitiasis en canino de raza American bully, reporte de caso* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Lasallista].

- Sánchez Rojas, I. C., Zea Cruz, P., Álvarez Charry, T. M., Monje Sandoval, J. F., & Parra Salguero, K. L. (2016). *Urolitiasis vesical en un canino French Poodle del municipio de Florencia, Caquetá - Colombia: descripción de un caso clínico*. Revista electrónica veterinaria.
- Stevenson, A. E., & Rutgers, C. (2008). Manejo nutricional de la urolitiasis canina. En P. Pibot, V. Biourge, & D. Elliott (Eds.), *Encyclopedia of Canine Clinical Nutrition* (pp. 284-315). Aniwa Publishing.
- Stevenson AE and Markwell PJ (2005) Comparison of urine composition of healthy Labrador Retrievers and Miniature Schnauzers. *American Journal of Veterinary Research* 62: 1782–1786

Figuras:

- Batalla, M. (2021). *Litotricia láser en perros, perras y gatas. Fragmenta y extrae los cálculos de la uretra y la vejiga* [Video].
- Budras, K. D., McCarthy, P. H., Fricke, W., & Richter, R. (2007). *Anatomy of the Dog* (5.^a ed.). Schlütersche.
- Fraga, H. A. R., Torchia, B., Castro, L. T. S., Mineiro, F. S., & Fioravanti, M. C. S. (2024). Mecanismos de formação dos urólitos em cães. *Pubvet*, 18(02), e1537.
- García, F., Andaluz, A., y Moll, X. (s.f.). *Cirugía del sistema urinario II*. Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanderson, S. (2005). *Obstrucción uretral: técnicas para aliviar la obstrucción y manejo del paciente*. World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings (WSAVA).