



ANALISIS MINERAL CUANTITATIVO DE CÁLCULOS URINARIOS: ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA

**María Rodríguez Díaz, Belén García Rodríguez, María Cano Rábano,
M^a Ángeles Ríos Granja,
Inmaculada Díez Prieto, Carlos César Pérez García**

**Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria
Facultad de Veterinaria de Universidad de León.
León, España.**

Email: maria.rodriguez.diaz@gmail.com

Rev Electron Biomed / Electron J Biomed 2023;2:23-30.

[Comentario del revisor Dr. Jorge Labrador MD, PhD.](#) Jefe de la Unidad de Investigación del Hospital Universitario de Burgos. Burgos, España.

[Comentario de la revisora Dra. María Jesús Coma, MD. PhD.](#) Editora de Revista Electrónica de Biomedicina. Miembro del Patronato de la Fundación Burgos por la Investigación de la Salud. Burgos. España.

RESUMEN:

La identificación de la composición química de los cálculos urinarios es un aspecto clave para el adecuado tratamiento de la urolitiasis. Aunque los principales componentes químicos de estos cálculos son bien conocidos y relativamente pocos, diversos factores influyen en la variación de su prevalencia según la región geográfica y el período analizado.

Se examinaron cálculos provenientes de 517 perros y 70 gatos, recolectados en distintas regiones de España, tanto en la península como en las islas. La composición química de todos los urolitos fue determinada de manera cuantitativa mediante espectroscopía infrarroja.

En perros, los cálculos más frecuentes fueron los de estruvita (42.3%), seguidos por oxalato cálcico (39.6%), urato amónico (5.8%), cistina (4%), xantina (2%), brushita

(1.2%) y fosfato de calcio (1.2%). Los cálculos mixtos representaron el 2%, mientras que los compuestos fueron el 1%.

En gatos, los urolitos predominantes fueron los de oxalato cálcico (55.7%), seguidos por los de estruvita (41.4%) y los mixtos (2.9%).

En general, los resultados obtenidos en este estudio, tanto en perros como en gatos, son comparables a los reportados en otros países con un nivel de desarrollo similar. Sin embargo, reflejan un cambio en la tendencia observada en la última década en España en perros, donde anteriormente los cálculos de oxalato cálcico eran más prevalentes que los de estruvita.

PALABRAS CLAVE: Urolitiasis, España, Oxalato Cálcico, Estruvita

ABSTRACT:

The identification of the chemical composition of urinary stones is a key aspect of the proper treatment of urolithiasis. Although the main chemical components of these stones are well known and relatively few, various factors influence the variation in their prevalence depending on the geographic region and the period analyzed.

Stones from 517 dogs and 70 cats, collected from different regions of Spain, both on the mainland and the islands, were examined. The chemical composition of all uroliths was quantitatively determined using infrared spectroscopy.

In dogs, the most common stones were struvite (42.3%), followed by calcium oxalate (39.6%), ammonium urate (5.8%), cystine (4%), xanthine (2%), brushite (1.2%), and calcium phosphate (1.2%). Mixed stones accounted for 2%, while compound stones represented 1%.

In cats, the predominant uroliths were calcium oxalate (55.7%), followed by struvite (41.4%) and mixed stones (2.9%).

Overall, the results obtained in this study, for both dogs and cats, are comparable to those reported in other countries with a similar level of development. However, they reflect a shift in the trend observed in Spain over the past decade in dogs, where calcium oxalate stones were previously more prevalent than struvite stones.

KEY WORDS: Urolithiasis, Spain, Calcium Oxalate, Struvite

INTRODUCCION

El manejo clínico eficaz de la urolitiasis requiere conocer la composición química del cálculo que afecta al paciente. Sin esta información, el tratamiento médico se basa en suposiciones en lugar de evidencia, y aunque la extracción quirúrgica soluciona el problema inmediato, no permite implementar medidas preventivas para evitar recurrencias.

La incidencia de la urolitiasis se ha incrementado prácticamente en todas las especies animales (tanto en las especies salvajes como en las de granja o las de compañía, incluyendo perros y gatos) y en los humanos. En todas estas especies los factores de riesgo parecen ser similares¹.

En nuestro país, pocos laboratorios en medicina humana realizan análisis cuantitativos de urolitos, y la misma situación se observa en veterinaria. En 2008, el entonces Departamento de Patología Animal: Medicina Veterinaria de la Facultad Veterinaria de Universidad de León (actualmente denominado Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria tras la incorporación de docentes de otras áreas) fundó un Laboratorio de Investigación en Urolitiasis. Allí se desarrollaron diversas metodologías para el análisis cuantitativo de urolitos, destacando el uso de la espectroscopía infrarroja.

En términos generales, se reconocen dos enfoques para el análisis de los urolitos: cualitativos y cuantitativos². Los análisis cualitativos se basan en procedimientos químicos, mientras que los cuantitativos emplean técnicas físicas. Esta última clasificación fue utilizada en una revisión³, donde se concluyó que los métodos químicos suelen ser insuficientes para un análisis preciso de los urolitos, ya que no identifican ciertos elementos químicos relevantes. En contraste, los métodos físicos están ganando protagonismo y son cada vez más utilizados en laboratorios avanzados.

La espectroscopía infrarroja es una técnica eficaz para identificar una gran variedad de materiales orgánicos, incluidos diversos componentes comúnmente presentes en los cálculos urinarios. Su valor es fundamental para diferenciar distintos tipos de uratos, como el urato amónico, el urato sódico, el ácido úrico y la xantina. Además, permite distinguir entre el oxalato cálcico monohidratado y dihidratado, así como entre distintos tipos de fosfatos, como la brushita, la apatita y el fosfato tricálcico⁴. Para un uso óptimo de esta técnica, es esencial disponer de espectros infrarrojos de la mayor cantidad posible de sustancias puras con las que comparar. En el ámbito médico, este método es el más empleado, con una estimación de más de 300.000 cálculos analizados anualmente en todo el mundo³.

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos analizado un total de 587 urolitos procedentes de diferentes zonas del aparato urinario de perros (n = 517) y gatos (n = 70). Las muestras han sido remitidas al Laboratorio de Investigación en Urolitiasis del Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León y procedían de todo el territorio español incluidas las islas Baleares y el archipiélago Canario.

Todos los urolitos han sido analizados por espectroscopía de absorción de rayos infrarrojos.

El procedimiento habitual seguía los siguientes pasos:

- 1) Lavado de los urolitos con agua destilada para eliminar restos de sangre y otras impurezas.
- 2) Secado de las muestras en una estufa a 40°C durante un periodo mínimo de ocho horas. Usualmente las muestras se analizaban al día siguiente, tras pasar una noche en la estufa.

- 3) Fotografía de la muestra sobre papel milimetrado, con la imagen de su morfología original.
- 4) Medición y pesado de la muestras en una balanza analítica de precisión Cobos A-150-SX (L'Hospitalet de Llobregat, España) así como registro de datos como forma, número de muestras, superficie, etc.
- 5) En el caso de urolitos mayores de 1 cm se procedió al corte del mismo con el fin de exteriorizar las diferentes partes del cálculo que también fueron fotografiadas permitiendo así conocer la información de la presencia o no de capas en la muestra
- 6) Todas las muestras fueron analizadas por espectroscopía de absorción de rayos infrarrojos con un equipo para el análisis espectroscópico infrarrojo FT-IR 2000, Perkin Elmer (Reino Unido). En el caso de urolitos múltiples, se analizaron separadamente al menos 3 urolitos distintos y los que presentaban un aspecto o color diferente. En los urolitos cortados se tomaron muestras de aquellas capas o regiones del urolito diferenciadas: núcleo, piedra, corteza y/o cristales de superficie.

Los datos se registraron, almacenaron y procesaron en la hoja de cálculo Excel. El estudio estadístico descriptivo se realizó en este mismo programa informático.

RESULTADOS

La mayoría de los 517 urolitos de la especie canina analizados eran de estruvita (42.3%) y de oxalato de calcio (39.6%). El resto de composiciones químicas encontradas fueron: urato amónico (5.8%), cistina (4%), xantina (2%), brushita (fosfato cálcico dihidratado) (1.2%) y fosfato de calcio (1.2%), junto con cálculos mixtos (2%) y cálculos compuestos (1%), figuras 1-3.



Figura 1. Aspecto externo de varios urolitos caninos de estruvita obtenidos de un caso.



Figura 2. Aspecto externo de varios urolitos de oxalato cálcico procedentes de una perra.

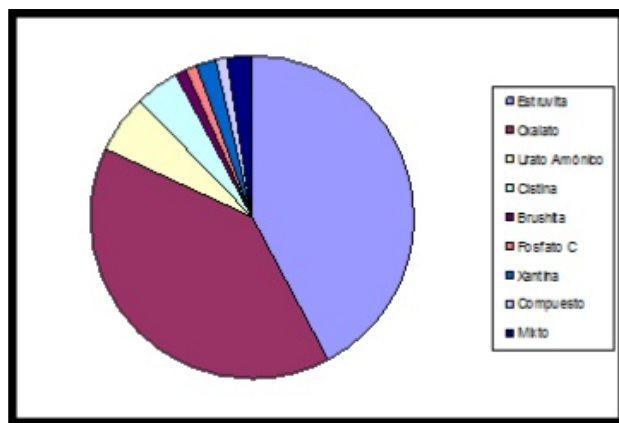


Figura 3. Proporción de los urolitos caninos

En cuanto a la clasificación de los urolitos (figura 3), aquellos que contienen al menos un 70% de un solo mineral reciben el nombre de dicho mineral, mientras que los que tienen una menor concentración y carecen de capas diferenciadas se denominan mixtos. Si presentan capas de distintos minerales, se catalogan como compuestos⁵.

En el caso de la especie felina, el número de cálculos analizados fue 70, de los cuales 39 (55.7%) eran de oxalato de calcio, 29 (41.4%) eran de estruvita y 2 (2.9%) eran mixtos (figura 4).

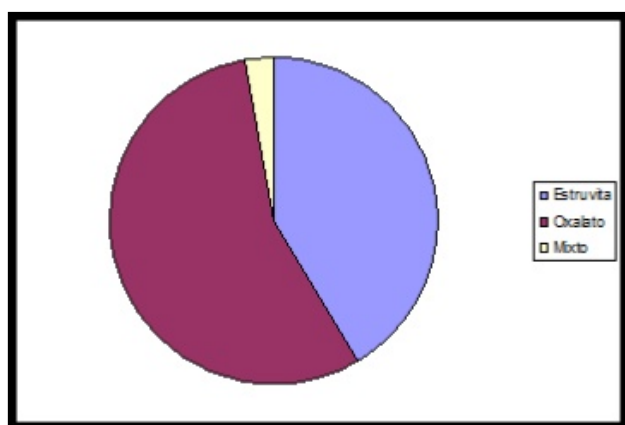


Figura 4. Proporción de los urolitos felinos

DISCUSIÓN

Diversos estudios coinciden en que los urolitos caninos más comunes están compuestos por estruvita y oxalato de calcio, generalmente en ese orden. Según distintas publicaciones, la frecuencia de la estruvita varía entre el 38.7% y el 64.5%, mientras que la del oxalato de calcio oscila entre el 9% y el 46%⁵⁻¹⁵. En nuestro estudio, los urolitos de urato amónico ocuparon el tercer lugar con un 5.8%, una cifra similar a la reportada en otros trabajos^{9,11-12,14,16-21}, donde se encuentran entre el 5% y el 11%. En investigaciones previas realizadas en España y Portugal, se halló una frecuencia del 5.3%, aunque en ese caso se incluyeron otros tipos de uratos, mientras que en nuestro análisis se consideró exclusivamente el urato amónico¹⁵.

En términos generales, los hallazgos de este estudio en perros y gatos son similares a los reportados en otros países con un nivel de desarrollo equivalente. No obstante, evidencian un cambio en la tendencia registrada en la última década en España en perros, donde previamente los urolitos de oxalato de calcio eran más frecuentes que los de estruvita.

En la especie felina, nuestro estudio encontró que el 55.7% de los urolitos eran de estruvita, el 41.4% de oxalato de calcio y el 2.9% mixtos. En los gatos, la mayoría de los urolitos están compuestos de fosfato amónico magnésico (estruvita) u oxalato cálcico pero se ha reportado que la frecuencia relativa de estos dos tipos de urolitos ha cambiado en los últimos 20 años²². Antes de la década de 1980, la estruvita predominaba en Estados Unidos, pero a mediados de los años 80, los cálculos de oxalato de calcio aumentaron considerablemente, desplazando a la estruvita. Para 2002, el 55% de los urolitos felinos analizados en el Centro de Urolitos de la Universidad de Minnesota eran de oxalato de calcio, mientras que la estruvita representaba solo el 33%¹⁰. Este cambio ha sido atribuido al uso extendido de dietas diseñadas para disolver cálculos de estruvita, modificaciones en las dietas preventivas y la falta de una evaluación adecuada del tratamiento con radiografías y urianálisis.

No obstante, en 2003 la tendencia se revirtió y el oxalato de calcio disminuyó al 47%, mientras que la estruvita aumentó al 42%. En 2004, los cálculos de estruvita (44.9%) superaron ligeramente a los de oxalato de calcio (44.3%), y en 2005 esta diferencia se amplió (48.1% frente a 40.6%). En 2006, de 10,093 urolitos analizados, el 50% eran de estruvita y el 39% de oxalato de calcio. En 2007, de 11,174 muestras, el 49% correspondían a estruvita y el 41% a oxalato de calcio. La reducción en la frecuencia de oxalato de calcio puede estar relacionada con mejoras en las dietas para minimizar su formación y el incremento del uso de dietas terapéuticas. A su vez, el aumento de los cálculos de estruvita podría explicarse por la relación entre los factores de riesgo de ambas condiciones. Por ejemplo, las dietas que reducen la acidez urinaria y equilibran el magnesio disminuyen la formación de oxalato de calcio, pero pueden favorecer la aparición de estruvita.

En Europa, durante el periodo 1999-2001, había diferencias significativas entre los diferentes países. En el estudio que realizaron, los porcentajes de urolitos felinos de estruvita y de oxalato de calcio en cada país representado, fueron los siguientes (la primera cifra corresponde al porcentaje de casos de estruvita y la segunda a casos de oxalato cálcico): Suiza (35.2-58.3), Noruega (41.7-53.8), Alemania (57.3-40.2), Francia (58.8-29.4), Finlandia (71.7-18.8), Austria (73.2-17.1) e Italia (79.0-11.3)²³.

Otros tipos de urolitos, como los de urato amónico, cistina, sílice, xantina, fosfato cálcico, pirofosfato y sangre solidificada, son menos frecuentes en la literatura. En nuestro estudio, no encontramos estos tipos, pero sí dos casos de urolitos mixtos, formados por proteína y fosfato cálcico, y por estruvita y fosfato cálcico.

REFERENCIAS

- 1.- Robinson MR, Norris RD, Sur RL, Preminger GM. Urolithiasis: Not just a 2-legged animal disease. *J Urol*. 2008; 179(1):46-52.
- 2.- Koehler LA, Osborne CA, Buettner MT, Lulich JP, Behnke R. Canine uroliths: frequently asked questions and their answers. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2009;39(1):161-181.
- 3.- Cloutier J, Villa L, Traxer O, Daudon M. Kidney stone analysis: "Give me your stone, I will tell you who you are!". *World J Urol*. 2015;33(2):157-169.
- 4.- Moore AE. Quantitative analysis of urinary calculi in dogs and cats. *Vet focus. Veterinary Focus*. 2007; 17:22-27.

- 5.- Osborne CA, Lulich JP, Polzin DJ, Sanderson SL, Koehler LA, Ulrich LK, Bird KA, Swanson LL, Pederson LA, Sudo SZ. Analysis of 77,000 canine uroliths. Perspectives from the Minnesota Urolith Center. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1999;29(1):17-38.
- 6.- Barboza-Mena G, Villalobos-Urdaneta A, Mateu L. Evaluación de la composición mineral de los cálculos urinarios que afectan a perros y gatos mediante el uso del análisis cristalográfico por el patrón de difracción de rayos X. *RevicvLUZ.* 1995; 1:11-17.
- 7.- Escolar E. Urolitiasis canina. Estudio analítico y estructural de cálculos urinarios [tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 1989.
- 8.- Escolar E, Bellanato J, Medina JA. Structure and composition of canine urinary calculi. *Res Vet Sci.* 1990;49(3):327-333.
- 9.- Hesse A, Sanders G, Leusmann DB. Analysis of canine urinary stones using infrared spectroscopy and scanning electron microscopy. *Scanning Electron Microscopy.* 1986; (Pt 4):1705-1712. Citado en: Hesse A, Neiger R. *Urinary Stones in Small Animal Medicine. A Colour Handbook.* London: Manson Publishing; 2009.
- 10.- Osborne CA, Lulich JP, Kruger JM, Ulrich LK, Koehler LA. Analysis of 451,891 canine uroliths, feline uroliths, and feline urethral plugs from 1981 to 2007: Perspectives from the Minnesota Urolith Center. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2009;39(1):183-197.
- 11.- Picavet P, Detilleux J, Verschuren S, Sparkes A, Lulich J, Osborne C, Istasse L, Diez M. Analysis of 4495 canine and feline uroliths in the Benelux. A retrospective study: 1994-2004. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2007;91(5-6):247-251.
- 12.- Sosnar M, Bulkova T, Ruzicka M. Epidemiology of canine urolithiasis in the Czech Republic from 1997 to 2002. *J Small Anim Pract.* 2005;46(4):177-184.
- 13.- Stevenson AE, Markwell PJ, Kasidas GP. Quantitative analysis of canine uroliths within Europe in 1999 (Abstract of the 18th ACVIM Forum). *J Vet Intern Med.* 2000;14(3):383.
- 14.- Tomé M, Gonçalves S, Duarte-Correia JH, Pomba C. Canine and feline urolithiasis in Portugal: A retrospective study 2004-2006. *J Vet Intern Med.* 2009;21(6):1432.
- 15.- Vrabelova D, Silvestrini P, Ciudad J, Gimenez JC, Ballesteros M, Puig P, Ruiz de Gopegui R. Analysis of 2735 canine uroliths in Spain and Portugal. A retrospective study: 2004-2006 *Res Vet Sci.* 2011;91(2):208-211.
- 16.- Bartges JW, Osborne CA, Polzin DJ. Recurrent sterile struvite urocystolithiasis in three related cocker spaniel. *JAAHA.* 1992; 28:459-469.
- 17.- Case LC, Ling GV, Ruby AL, Johnson DL, Franti CE, Stevens E. Urolithiasis in Dalmatians: 275 cases (1981-1990). *JAAHA.* 1993;203: 96-100.
- 18.- Hesse A. Canine urolithiasis: epidemiological data and findings from analysis of urinary calculi. *J Small Anim Pract.* 1990; 31:599-604.
- 19.- Houston DM, Moore AE, Favrin MG, Hoff B. Canine urolithiasis: A look at over 16000 urolith submissions to the Canadian veterinary urolith centre from February 1998 to April 2003. *Can Vet J.* 2004 ; 45(3):225-230.

- 20.- Ling GV, Franti CE, Ruby AL, Johnson DL. Urolithiasis in dogs II: Breed Prevalence and interrelations of breed, sex, age and mineral composition. Am J Vet Res. 1998; 59:630-642.
- 21.- Oyafuso MK, Kogika MM, Wirth VABF, Prosser CS, Coelho BMP, Monteiro PRG, Cavalcante CZ. Canine urolithiasis, study in a veterinary teaching hospital in Sao Paulo, Brazil. J Vet Intern Med. 2007;21(3): 646-647.
- 22.- Cannon AB, Westropp JL, Ruby AL, Kass PH. Evaluation of trends in urolith composition in cats: 5,230 cases (1985-2004). JAAHA. 2007; 231:570-576.
- 23.- Hesse A, Neiger R. Urinary Stones in Small Animal Medicine. A Colour Handbook. London: Manson Publishing; 2009; 85-116

CORRESPONDENCIA:

Dra. María Rodríguez Díaz

Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria.

Facultad de Veterinaria de la Universidad de León. Campus de Vegazana.

24071, León. ESPAÑA

Mail: maria.rodriguez.diaz@gmail.com

Comentario del revisor Dr. Jorge Labrador MD, PhD. Especialista en Hematología y Hemoterapia. Jefe de la Unidad de Investigación del Hospital Universitario de Burgos. Burgos, España.

La determinación de la composición del urolito es de suma importancia, porque nos permite instaurar una profilaxis en la litogénesis basada en impedir la sobresaturación urinaria, condición imprescindible presente en la patogenia de la urolitiasis. Además el conocimiento de la dieta, concentraciones séricas y urinarias de minerales calculogénicos, promotores e inhibidores de la precipitación y sus interacciones ayudan al diagnóstico, tratamiento y prevención de la urolitiasis.

Comentario de la revisora Dra. María Jesús Coma, MD. PhD. Editora de Revista Electrónica de Biomedicina. Vocal del Patronato de la Fundación Burgos por la Investigación de la Salud. Burgos. España.

El objetivo de este estudio es conocer la prevalencia de las diferentes composiciones químicas de los urolitos presentes en modelos animales y datos epidemiológicos de interés para investigadores biomédicos. Los modelos animales que consumen cantidades de alimento determinadas con composiciones minerales conocidas son modelos ideales para conocer la influencia de la dieta en los procesos de litogénesis en pacientes en medicina humana
