

# 1.4 Tipo de cálculos urinarios

F. M. Sánchez-Martín



## CONTENIDOS

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

### INTRODUCCIÓN

### CLASIFICACIONES

- Clasificación de Daudon
- Clasificación de Grases

### NATURALEZA MINERAL DE LA UROLITIASIS

- Oxalato Cálculo
- Oxalato Cálculo Monohidrato (OCM)
- Oxalato Cálculo Dihidrato (OCD)
- Oxalato cálcico trihidrato
- Carbonato cálcico
- Ácido úrico (AUr)
- Sales de ácido úrico
- Apatita
- Fosfato cálcico hidratado
- Fosfato cálcico carbonatado
- Fosfato ácido cálcico dihidrato
- Fosfato octacálcico pentahidrato
- Fosfato amónico magnésico
- Fosfato amónico magnésico monohidrato
- Fosfato cálcico magnésico
- Fosfato magnésico trihidrato
- Cistina

### LITIASIS FARMACOLÓGICA

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA



## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Determinar los diferentes tipos de cálculos según su composición y características.
- Conocer las principales clasificaciones clínicas de los cálculos urinarios.
- Conocer la naturaleza mineral de la urolitiasis.
- Conocer los distintos tipos de litiasis de oxalato cálcico monohidrato, dihidrato y trihidrato.
- Conocer la litiasis de carbonato cálcico.
- Conocer los distintos tipos de litiasis de ácido úrico y otras sales de ácido úrico.
- Conocer los distintos tipos de litiasis de fosfatos apatíticos y estruvíticos.
- Conocer la litiasis de cistina.
- Conocer los distintos tipos de litiasis farmacológica.

## INTRODUCCIÓN

Existen varias familias principales de cálculos urinarios (urolitiasis):

- Oxalatos.
- Ácido úrico y uratos.
- Fosfatos.
- Cistina.
- Otras litiasis.

Cada familia o grupo posee unas características distintas en cuanto a composición química, propiedades físicas, ópticas y cristalográficas, siendo su etiología y contexto clínico muy distinto en cada una de ellas. No son los únicos tipos de cálculos posibles en orina.

En las primeras ediciones del Tratado de Urología Campbell se mostró la siguiente clasificación según las pruebas reactivas disponibles en el mercado quedando reflejados los principales componentes de la urolitiasis aunque no los tipos de cálculos (minerales). Este listado figuró en cada edición hasta los años 80:

- Ácido úrico
- Fosfato
- Oxalato
- Carbonato
- Calcio
- Magnesio
- Amonio
- Cistina

En los años 90 del siglo XX dicho tratado de Urología se renovó con una nueva lista basada en las formas (o tipos) de los cálculos urinarios, mucho más cercana a la realidad clínica y muy práctica:

- Oxalato cálcico puro
- Mixto de oxalato cálcico y fosfato
- Fosfato cálcico puro
- Fosfato amónico magnésico
- Ácido úrico
- Cistina
- Artefactos y otros

Esta variabilidad a la hora de clasificar la urolitiasis no es infundada ya que resulta difícil establecer una buena clasificación que distinga todas y cada una de las especies cristalinas debido a la propia heterogeneidad de los componentes, lo cual se manifiesta sobre todo en los fosfatos y en los cálculos mixtos.

Daudon publicó en 1983 un listado de todas las composiciones halladas por espectrografía de infrarrojos en su serie de cálculos, apreciando que dicha metodología detectó el primer y el segundo componente en el 98% y 70% de casos respectivamente (Tabla 1.4-1).

Las guías clínicas de la European Association of Urology ofrecen una clasificación en demasiado simplificada y sin definir subtipos (Tabla 1.4-2).

<b>TABLA 1.4-1. Clasificación (listado) de tipos de cálculos según Daudon (se han añadido compuestos tipificados con posterioridad como la caoxita, indinavir y melanina)</b>	
<i>Componentes inorgánicos</i>	<i>Componentes orgánicos</i>
1. Hidroxiapatita 2. Carboapatita tipo 1 3. Carboapatita tipo 2 4. Fosfohidrato tricálcico (whitlockita) 5. Fosfato tricálcico anhidro 6. Fosfato octacálcico pentahidrato 7. Fosfohidrato monocálcico 8. Fosfohidrato dicálcico (brushita) (o fosfato ácido cálcico dihidrato) 9. Fosfato cálcico carbonatado amorfo 10. Fosfodihidrato dimagnésico (newberyita) 11. Fosfato amónico magnésico hexahidrato (estruvita) 12. Fosfato amónico magnésico parcialmente deshidratado (dittmarite) 13. Carbonate cálcico (calcita) 14. Carbonato cálcico (aragonito) 15. Sulfato cálcico dihidrato (yeso) 16. Acido silícico (ópalo)	17. Oxalato cálcico monohidrato (whewellita) 18. Oxalato cálcico dihidrato (weddellita) Extra. Oxalato cálcico trihidrato (caoxita) 19. Ácido úrico anhidro 20. Ácido úrico dihidrato 21. Urato amónico ácido 22. Urato sódico 23. Urato potásico 24. Urato cálcico hexahidrato 25. Urato magnésico hexahidrato 26. Xantina 27. Hipoxantina 28. 2,8-Dihidroxiadenina 29. L-Cistina 30. L-Leucina 31. L-Tirosina 32. Ácido orótico anhidro 33. Ácido orótico hidrato 34. Mucopolisacárido 1 (condroitin sulfato) 35. Mucopolisacárido 2 (heparinato sódico) 36. Colesterol 37. Triglicérido (tripalmitín) 38. Parafina 39. Fibrina 40. Mucina 41. Hematina 42. Proteína 1 (albúmina) 43. Proteína 2 (hemoglobina)
<i>Componentes farmacológicos</i>	<i>Componentes exógenos</i>
44. Triamtereno 45. Metabolitos del triamtereno 46. Glafenina 47. Fenazopiridina hidrocloreto 49. N-Acetilsulfapiridina 50. N-Acetilsulfadiazina 51. N-Acetilsulfametoxazol 52. Flumequina 53. Ácido oxolínico 54. Nitrofurantoína 55. Ampicilina 56. Amoxicilina 57. Ácido pipemídico 58. 6-Mercaptopurina Extra indinavir (y otros inhibidores de proteasas) Extra ciprofloxacino Extra vancomicina	59. Silicona dióxido (α-quartz) 60. Silicato potásico aluminico (microclina) Extra sílice (dióxido de silicio) Extra melamina Extra índigo

<b>TABLA 1.4-2. Clasificación simplificada de la EAU</b>			
<i>Cálculos no infecciosos</i>	<i>Cálculos infecciosos</i>	<i>Cálculos genéticos</i>	<i>Litiasis farmacológica</i>
Oxalato cálcico Fosfato cálcico Ácido úrico	Fosfato amónico magnésico Carbonato de apatita Urato amónico	Cistina Xantina 2,8-Dihidroxiadenina	

Dicha clasificación se ha ampliado con un listado en el que aparecen otros tipos de cálculos (Tabla 1.4-3). Dicho listado carece de datos sobre algunos de los cálculos citados.

Ninguna de las dos tablas ofrece una clarificación de qué es cada cálculo, lo que afecta en especial a los fosfatos y a las sales de ácido úrico. La simple enumeración de los tipos de cálculos según su composición química resulta insuficiente. Cada tipo de cálculo presenta distintas variedades según sea su morfología y estructura cristalina, lo cual permite una amplia subclasificación de cada variedad, que orienta mejor el proceso etiopatogénico particular en que se encuadra cada una de las subvariedades de litiasis.

<b>TABLA 1.4-3. Clasificación simplificada de la EAU</b>	
<i>Nomenclatura química</i>	<i>Mineral</i>
Oxalato cálcico monohidrato	Whewellita
Oxalato cálcico dihidrato	Wheddellita
Básico	Apatita
Fosfato cálcico hidroxil	Carbonito de apatita
Fosfato b-tricalcio	Whitlockita
Fosfato de apatita carbonatado	Dahllita
Fosfato de apatita hidrogenado	Brushita
Carbonato cálcico	Aragonito
Fosfato octacálcico pentahidrato	--
Ácido úrico	Uricita
Ácido úrico dihidrato	Uricita
Urato amónico	--
Urato ácido de socio monohidrato	--
Fosfato amónico magnésico	Estruvita
Fosfato magnésico ácido trihidrato	Newberyita
Fosfato amónicomagnésico monohidrato	Dittmarita
Cistina	
Xantina	
2,8-Dihidroxiadenina	
Proteínas	

**(continuación) TABLA 1.4-3. Clasificación simplificada de la EAU**

<i>Nomenclatura química</i>	<i>Mineral</i>
Colesterol	
Carbonato cálcico	Calcita
Urato potásico	
Fosfato trimagnésico	Newberyita
Melamina	
Matriz	
Litiasis farmacológica	- Compuestos cristalizan de forma activa. - Compuestos inducen formación de cálculos convencionales.
Cuerpos extraños como cálculos	

En 1986 se publicó un listado muy completo (López) sobre otros tipos de litiasis excepcionales (Tabla 1.4-4) que no aparecen en otros listados, que afectan sobre todo al ámbito de los fosfatos y que complementa las estirpes principales. No existen datos sobre la repercusión clínica de estos compuestos.

**TABLA 1.4-4. Tipos muy raros de litiasis según López (1986)**

<i>Nombre tipo</i>	<i>Mineral</i>	<i>Fórmula</i>
Fosfato ácido amónico magnésico octahidrato	Hannayita	$Mg_3(NH_4)2H_4(PO_4)_4$
Fosfato magnésico tribásico octahidrato	Bobierita	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Fosfato ácido cálcico	Monatita	$CaHPO_4$
Sulfato magnésico hexahidratado	Hexahidrita	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$
Carbonato cálcico magnesomanganesico	Vaterita	$Ca(Mg, Mn)CO_3$
Cloruro sódico	Halita	$ClNa$
Sulfato cálcico	Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$

## CLASIFICACIONES

Para evitar la simplificación excesiva, sin caer en la tentación de incluir compuestos prácticamente indetectables en los cálculos, se han desarrollado algunas clasificaciones de urolitiasis que intentan sistematizar los tipos y subvariedades principales teniendo en cuenta, más que su fórmula química o características ópticas o cristalográficas (imprescindibles en mineralogía), las características morfológicas y el mecanismo de formación así como las condiciones clínicas que condicionan la formación de cada uno de los cálculos. Existen algunas clasificaciones que han mejorado la exactitud del diagnóstico y permiten entender mejor los mecanismos implicados en la formación de cada variedad de cálculo. Las clasificaciones de Daudon y de Grases son de las que mayor difusión tienen en la actualidad.

## Clasificación de Daudon

Es una de las más útiles de la urolitiasis por su sistematización y por la correspondencia clínica (Tabla 1.4-5). Su autor es el analista clínico Michel Daudon, del Laboratoire CRISTAL de París, experto en urolitiasis que ha aportado un trabajo constante en su estudio desde 1985. Es defensor del estudio cristalográfico de la litiasis y de la cristaluria. Su clasificación, publicada en 1993, establece una serie de grupos y subgrupos por familias de cálculos. Tiene muy en cuenta la morfología y la distribución cristalina (valorada al microscopio óptico) y la trascendencia etiológica lo que permite adoptar estrategias dirigidas de diagnóstico estableciendo unas recomendaciones dietéticas y orientando el tratamiento médico. El estudio se completa con la obligada tipificación química mediante espectrometría infrarroja.

**TABLA 1.4-5. Clasificación de Daudon (simplificada)**

<i>Clasificación de Daudon</i>	
Tipo I: Oxalatos monohidratos	5 subvariedades
Tipo II: Oxalatos dihidratos	3 subvariedades
Tipo III: Ácido Úrico y Uratos	4 subvariedades
Tipo IV: Fosfatos	5 subvariedades
Tipo V: Cistina	2 subvariedades
Tipo VI: Proteínas	1 variedad

El desarrollo completo de la clasificación de Daudon queda de la siguiente manera (Tabla 1.4-6).

Daudon aporta además un grupo VI de proteínas (por proteinuria), con tres subdivisiones según la asociación a otros compuestos.

La clasificación de Daudon tiene dos grandes virtudes, por un lado, es muy sistemática y la sistematización está muy bien definida y es reproducible; por otro ofrece información directa sobre

**TABLA 1.4-6. Clasificación de Daudon completa (falta grupo VI proteínas)**

<i>Grupo</i>	<i>Tipos</i>	<i>Etiología</i>
<b>Oxalato cálcico monohidrato</b>	<b>Tipo I</b>	
Subgrupos	IA	Papilar/tubular
	IB	Hiperoxaluria/estasis
	IC	Hiperoxaluria primaria
	ID	Hiperoxaluria confinamiento
	IE activo	Hiperoxaluria activa (rara)
<b>Oxalato cálcico dihidrato</b>	<b>Tipo II</b>	
Subgrupos	IIA	Hiper calciuria
	IIB	Hiper calciuria intermitente / Whewelización
	IIC	Hiper calciuria mixta (rara)

**(continuación) TABLA 1.4-6. Clasificación de Daudon completa (falta grupo VI proteínas)**

<i>Grupo</i>	<i>Tipos</i>	<i>Etiología</i>
Ácido úrico y uratos	Tipo III	
Subgrupos	IIIA	Ácido úrico: Estasis, pH ácido
	IIIB	Ácido úrico: Hiperuricosuria y pH ácido.
	IIIC	Resto uratos / sales úricas
Fosfatos	Tipo IV	
Subgrupos	IVa1	Carboapatita + oxalatos o estruvita: infección de orina, hipercalciuria, acidosis tubular renal
	IVa2	Carboapatita + carbonato cálcico / proteínas: acidosis tubular renal.
	IVb:	Carboapatita + oxalatos / estruvita: acidosis tubular renal, hiperparatiroidismo primario.
	IVc	Fosfato amónico magnésico (estruvita) –mayoritario-
	IVd	Fosfato de apatita hidrogenado (brushita).
Cistina	Tipo V	
Subgrupos	Va	Cistina
	Vb	Cistina + carboapatita

la etiología de los cálculos, por ejemplo, puede apuntar directamente al hiperparatiroidismo primario o a la hiperoxaluria primaria, entre otras. Daudon profundiza en la descripción de tipos de cálculos ampliando el espectro de posibilidades. Pese a ello es una clasificación que no es muy aplicada, en especial en España por lo se debe tener en cuenta que hay tipos de cálculos descritos en este capítulo que no suelen ser aparecer en los análisis cristalográficos en nuestro medio.

### Clasificación de Grases (Universitat Illes Balears)

La clasificación del bioquímico balear Félix Grases que muestra unos subtipos que prestan atención a los mecanismos de formación papilar (analizando específicamente el centro del cálculo, al que llaman *core*) y cavitaria de los cálculos, así como su tendencia a la composición mixta. Publicado inicialmente como subtipos de cálculos sin numerar, posteriormente han ofrecido un nomenclátor numerado (Tabla 1.4-7).

### Naturaleza mineral de la urolitiasis

La definición exacta de un mineral es objeto de debate, especialmente con respecto a la exigencia de ser abiogénico (materia inerte compuesta por elementos que no participan en la génesis de la vida orgánica) y, en menor medida, a que deba tener una estructura atómica ordenada. En sentido estricto se considera mineral aquel compuesto natural inorgánico, de estructura cristalina, formado como resultado de procesos geológicos. El condicionante «inorgánico» plantea una restricción importante para muchas sales cristalizadas de carácter orgánico que se comportan de forma idéntica a un mineral. La definición más reciente de la Comisión de Nomenclatura Mineral y Nuevos Minerales (CNMMN) de la IMA afirma que un mine-

**TABLA 1.4-7. Clasificación completa de Grases (adaptado de la web)**

<b>1. Oxalato cálcico monohidrato papilar</b>		
1 a	Core de oxalato cálcico monohidrato y/o materia orgánica	
	1 a I	Core de materia orgánica
	1 a II	Core de oxalato cálcico monohidrato y materia orgánica
1 b	Core de hidroxiapatita y/o materia orgánica	
	1 b I	Core de hidroxiapatita
	1 b II	Core de hidroxiapatita y materia orgánica
<b>2. Oxalato cálcico monohidrato cavitario</b>		
2 a	Core de oxalato cálcico monohidrato y materia orgánica	
2 b	Core de hidroxiapatita y materia orgánica	
2 c	Core de ácido úrico	
<b>3. Oxalato cálcico dihidrato</b>		
3 a	Puro	
	3 a I	Sin transformación a oxalato cálcico monohidrato
	3 a II	Con transformación a oxalato cálcico monohidrato
3 b	Hidroxiapatita como componente minoritario	
	3 b I	Core de hidroxiapatita
	3 b II	Hidroxiapatita entre cristales de oxalato cálcico monohidrato
	3 b III	Hidroxiapatita y materia orgánica
3 c	Oxalato cálcico dihidrato papilar	
<b>4. Mixto de oxalato cálcico dihidrato e hidroxiapatita</b>		
4 I	Disposición de la estructura en capas	
4 II	Disposición de la estructura desordenada	
<b>5. Hidroxiapatita o fosfato cálcico</b>		
5 a	Puro	
5 b	Oxalato cálcico dihidrato como componente minoritario	
<b>6. Infeccioso, estruvita o fosfato amónico magnésico</b>		
<b>7. Brushita o fosfato cálcico ácido</b>		
<b>8. Úrico</b>		
8 a	Ácido úrico anhidro	
	8 a I	Estructura compacta radial
	8 a II	Estructura en capas, o radial
	8 a III	Estructura desordenada

<b>(continuación) TABLA 1.4-7. Clasificación completa de Grases (adaptado de la web)</b>		
<b>8. Úrico</b>		
8 b	Ácido úrico anhidro y ácido úrico dihidrato	
	8 b I	Estructura en capas, no radial
	8 b II	Estructura desordenada
8 c	Uratos	
<b>9. Mixto de ácido úrico y oxalato cálcico</b>		
9_I	Papilar	
9_II	Cavitario	
<b>10. Cistina</b>		
<b>11. Poco frecuentes</b>		
11 a	Materia orgánica y necrosis papilar	
	11 a I	Materia orgánica
	11 a II	Necrosis papilar
11 b	Medicamentoso	
11 c	Artefactos: piedras geológicas, semillas y otros	
11 d	Desarrollados sobre restos post litotricia extracorpórea	
11 e	Carbonato cálcico	

ral es un elemento o compuesto químico, normalmente cristalino, formado como resultado de procesos geológicos. Esta definición permite hacer extensivo el concepto a cualquier sustancia química (orgánica o inorgánica) sometida a procesos geológicos en su más amplia concepción, independientemente del entorno. Los minerales se distinguen por diversas propiedades químicas y físicas que unidas a las ópticas y cristalográficas determinan las propiedades mineralógicas. Diferencias en la composición química y en la estructura cristalina distinguen varias especies, y estas propiedades, a su vez, están influidas por el entorno geológico de la formación del mineral. Existen varias clasificaciones de minerales, siendo las de Dana y de Nickel-Strunz las más utilizadas en mineralogía. En estas clasificaciones están incluidos la mayoría de los cálculos urinarios, dentro del grupo de los minerales de composición química orgánica. El interés de revisar los aspectos físico-químicos y estructurales de cada tipo de urolitiasis junto con los aspectos más mineralógicos permite entender mejor las claves de su etiopatogenia.

Otras formas de clasificación no clínicas sino mineralógicas se basan en la composición química y en la denominación mineral correspondiente. Existen varias clasificaciones con amplia aceptación mundial. Como ejemplo es posible seguir la clasificación de Strunz/Nickel-Strunz que en su edición actual divide los minerales en 10 familias: 1, elementos puros; 2, sulfuros; 3, haluros; 4, óxidos; 5, nitratos y carbonatos; 6, boratos; 7, sulfatos; 8, fosfatos; 9, silicatos; y 10, compuestos orgánicos. El grupo 10 alberga muchos de los cálculos urinarios como compuestos orgánicos (Tabla 1.4-8). Los fosfatos se clasifican en el grupo 8 de fosfatos, arseniats y vanadiats. El ácido úrico corresponde al grupo 10, dentro de los compuestos orgánicos, subgrupo misceláneo. La xantina (dihidroxipurina) y la cistina carecen de clasificación Nickel-Strunz.

TABLA 1.4-8. Posición de la urolitiasis en la clasificación de minerales Nickel-Strunz

Compuesto químico	Mineral	Nickel-Strunz
Oxalato cálcico monohidrato	Whewellita	10.AB.45
Oxalato cálcico dihidrato	Weddellita	10. AB.40
Oxalato cálcico trihidrato	Caoxita	10.AB.50
Ácido Úrico	Uricita	10.CA.40
Xantina	No incluido	No incluido
Fosfato cálcico	Apatita	8.CJ.50
Fosfato cálcico dihidrato	Brushita	
Carbonato de Apatita	Dahllita	8.BN.05
Fosfato amónico magnésico	Estruvita	8. CH.40
Fosfato cálcico magnésico	Whitlockita	8. AC.45
Fosfato cálcico Trimagnésico	Newberyita	8. CE.10
Cistina	No incluido	No incluido

Los minerales ostentan un registro de la International Mineralogical Association o IMA Status, en el que figuran la mayoría de los minerales que tiene presencia en patología humana (además de estar presentes en yacimientos geológicos). La cistina, la xantina y las sales úricas carecen de IMA status por lo que no gozan de reconocimiento como minerales.

## Oxalato Cálcico

Es el componente más común en la urolitiasis (70 %). Se trata de un compuesto orgánico derivado del ácido oxálico, cuya fórmula química es:



El ácido oxálico posee una masa molar de 128,097 g/mol distribuida de la siguiente manera: C (18,75 %), Ca (31,29 %), O (49,96 %). Las sales oxálicas provienen de diversas combinaciones químicas con el ácido oxálico, cuyas fórmula molecular y desarrollada es respectivamente:



El ácido oxálico es un ácido fuerte, 3.000 veces más potente que el ácido acético, que tiene propiedades quelantes y reductoras en la naturaleza donde está presente en diversas conformaciones químicas que incluyen con preferencia el oxalato cálcico, aunque también son posibles el sodio y el potasio.

El ácido oxálico fue descubierto por H Boerhaave en 1775 en la planta llamada acedera o vinagreta (Rumex acetos). El químico J.C. Wiegleb la sintetizó por primera vez un año después. Oxalato es una palabra de origen griego que significa «ácido».

El reservorio natural del oxalato cálcico es el reino vegetal. El oxalato cálcico es una de las sales más frecuentes, existiendo otras composiciones con sodio y potasio. El oxalato cálcico tiene dos importantes funciones: participar en el metabolismo vegetal implicado en la fotosíntesis y actuar como mecanismo de defensa de la planta frente a los herbívoros. Algunas especies vegetales poseen cristales puntiagudos

de oxalato cálcico llamados rafidios que al ser ingeridos por herbívoros (u omnívoros) provocan edema labial y gingival (componente inflamatorio convencional por lesión mecánica y al mismo tiempo reacción de hipersensibilidad con liberación de histamina), potencialmente mortal (para los cachorros inexpertos que comen estas plantas) conformando un curioso mecanismo de defensa frente a los depredadores. Cabe recordar asimismo la toxicidad humana del oxalato (ácido oxálico) que ingerida accidentalmente (está presente en anticongelantes de automoción cuyo líquido es dulzón y podría ser ingerido por niños) provoca fallo hepático y renal. De hecho, el oxalato que ingresa con la dieta en el organismo humano (y del resto de especies animales) no tiene, al parecer, una utilidad concreta, recibiendo únicamente un transporte mecánico intestinal y una absorción residual intestinal con un metabolismo hepático y renal destinado únicamente al desecho. Por estas características a los pacientes con litiasis oxálica se les recomienda no ingerir vegetales ricos en oxalato (ruibarbo, espinacas, acelgas, té, chocolate).

Como la gran mayoría de los cálculos humanos presentes en el aparato urinario (que también afectan a otras especies de animales) los oxalatos están presentes en yacimientos geológicos, en especial en zonas húmedas con gran componente de detritus orgánicos sobre fondo vegetal.

En patología humana, el oxalato solo interacciona químicamente con el calcio. La presencia de oxalato en orina forma parte del mecanismo fisiológico de depuración renal de sustancias tóxicas fruto del metabolismo. La formación de cálculos, es fruto del desequilibrio entre solventes y solutos (sobresaturación). Existen tres tipos de oxalato en función de la cantidad de moléculas de agua que albergan:

- Oxalato Cálcico Monohidrato (OCM)
- Oxalato Cálcico Dihidrato (OCD)
- Oxalato Cálcico Trihidrato

### Oxalato Cálcico Monohidrato (OCM)

Su nombre mineralógico es Whewellita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Monoclínico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	2/m – Prismático
Grupo de configuración espacial	P21/n
Celda Z [ <i>Z cell data</i> ]	2 / 8
Tipo óptico	Biaxial (+)
2V	80-84°

Se desconoce la persona que la descubrió por primera vez en la naturaleza, pero su nombre es un homenaje al científico inglés de Oxford William Whewell (1794-1866) que, entre otras materias, se interesó por la mineralogía.

En la naturaleza abierta (al margen de su reservorio natural vegetal), la whewellita está presente en yacimientos geológicos de zonas lacustres donde abundan sedimentos calcáreos con presencia de turba, también en fuentes hidrotermales, geodas, depósitos de carbón o rocas con componentes orgánicos. Su formación es posible gracias al depósito de deyecciones de animales herbívoros sobre humedales con vegetación en los que existe un proceso natural de fermentación en el que participan los oxalatos.

Su dureza según la clásica escala de Mohs (usada en mineralogía de campo para medir la resistencia de la superficie, establece una escala del 1 al 10, donde 1 son minerales muy blandos, por ejemplo, el caolín o la arcilla, y 10 los más duros, por ejemplo, el diamante). En el caso del OCM es de 2,5-3, lo cual

no se corresponde con la consistencia del mineral (o hábito) que en el caso del OCM es considerada como muy alta y la concreción como muy duro y resistente a los impactos (en términos de fractura que es lo que interesa en patología litiásica). La resistencia a la rotura se llama tenacidad y no tiene por qué coincidir con la dureza (Mohs). Un ejemplo de esta paradoja es el diamante, que es muy duro según la escala de Mohs y puede rayar cualquier estructura, sin embargo, sucumbiría al golpe de un pequeño martillo, cosa que no ocurriría con el OCM pese a tener una dureza de Mohs mucho menor. Estas consideraciones de índole mineralógica no suelen ser tenidas en cuenta en la literatura médica, pero resultan interesantes de valorar para entender muchos aspectos de la formación y respuesta al tratamiento de los diversos tipos de litiasis. En la [Tabla 1.4-10](#) figuran la dureza de Mohs y la tenacidad (dureza clínica a la fragmentación) de la urolitiasis.

Sus características radiológicas corresponden a una concreción radiopaca, que aparece de color blanco intenso en la radiografía simple, similar a la densidad ósea, de forma esférica u ovalada, raramente coraliforme, con tamaños variables, aunque es muy común que no superen los 20-30 mm de diámetro mayor, salvo casos excepcionales. Los cálculos papilares pueden mostrar una forma moldeada a la papilla que visualmente parece una pieza molar.

No todos los cálculos de OCM son iguales. Según su patrón morfológico y su mecanismo de formación y su etiología, Daudon, establece distintas tipologías relacionadas con trastornos metabólicos y facticios relacionados con la hipercalciuria, hiperuricosuria, hiperoxaluria o problemas estructurales e hidrodinámicos de la vía urinaria (ver capítulo sobre estudio cristalográfico). El grupo IC es un OCM típico de hiperoxaluria primaria.

### Oxalato Cálcico Dihidrato (OCD)

Su nombre mineralógico es Weddellita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Tetragonal
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	4/m – Dipiramidal
Grupo de configuración espacial	I4/m
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	8
Tipo óptico	Uniaxial (+)
2V	Biaxial (+) 80

Como el caso de la whewellita, se desconoce al descubridor, aunque se sabe que el primer yacimiento en el que se detectó correspondió al Mar de Weddell, situado en la Antártida. Científicos que viajaron a la Antártida en la primera mitad del siglo XX aportaron muestras de los lodos de fondo marino del mar de Weddell que fueron purificados en 1942 en el Museo de Historia Natural de Londres. El nombre fue elegido en homenaje al navegante James Weddell (1787-1834) que surcó por primera vez aquellos gélidos parajes.

En la naturaleza abierta (al margen del reservorio vegetal), la weddellita está presente en yacimientos geológicos similares a la whewellita: zonas húmedas con predominio de sedimentos orgánicos y calcáreos. También en sedimentos lacustres calcáreos o formados por la reacción de la calcita con el ácido oxálico derivado de los líquenes.

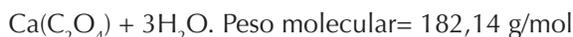
Su dureza según la clásica escala de Mohs es de 4 (superior en 1 punto al OCM) pese a lo cual es considerada de tenacidad «blanda» (o cuanto menos, más blanda que el OCM) en urolitiasis por su facilidad para ser fracturada por impactos. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas son similares a la del OCM, aunque menos radiopaca. Algunas concreciones muestran bordes espiculados. Cuando la etiología es la hipercalcemia severa (por ejemplo, en el hiperparatiroidismo primario) pueden ser pseudocoraliformes o piélicas de gran tamaño.

Daudon clasifica los cálculos de OCD según su distinto patrón morfológico y su mecanismo de formación en varios grupos estando implicada sobre la hipercalcemia.

### Oxalato cálcico trihidrato

Su nombre mineralógico es caoxita. Su fórmula química es:



Es una formación cristalina muy inestable con tendencia a la deshidratación a favor de OCD y OCM. Puede hallarse en estado puro. En el contexto de hiperoxaluria y déficits de inhibidores. Debido a los pocos casos existentes no es posible extraer conclusiones clínicas sobre este tipo.

Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Triclínico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	4/m – Dipiramidal
Grupo de configuración espacial	I4/m
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	8
Tipo óptico	Uniaxial (+)
2V	Biaxial (+) 80

Fue descubierto por R. Basso y colaboradores en 1997. Las muestras originales se hallan en la Universidad de Genua (Italia). Caoxita es un juego de palabras que combina los componentes químicos esenciales CALcio y OXalato con las siglas del Centennial Anniversary Of X-rays, celebrado en 1995 en honor al descubrimiento de los rayos X. El yacimiento geológico se halla en la mina de Cerchiara en Vara (Italia) donde se dan las condiciones de humedad y cúmulo de detritus típicos de los oxalatos en la naturaleza abierta. En patología humana puede considerarse una rareza. Se presenta puro o en combinación con OCM y OCD.

Las clasificaciones de Daudon y de Grases no la incluyen. En el listado de variedades litiásicas de la EAU no está incluida. La ausencia se justifica por ser un componente excepcional entre los otros oxalatos.

Su dureza según la clásica escala de Mohs es de 2-2,5. Ver [Tabla 1.4-10](#).

### Carbonato cálcico

Su nombre mineral es calcita, de la que una forma especial de cristalización es conocida como aragonito, que es la que puede formar cálculos (también citados en la literatura médica como calcita). Su fórmula química es:



Posee una dureza de Mohs de 3,5-4 y una tenacidad blanda. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Constituye una estirpe cristalina propia, a veces pura, que puede constituir cálculos mixtos o de contenido puro. Pese a ello no está apenas reflejada en las clasificaciones. Actualmente es excepcional ya que está producido por la eliminación crónica de productos farmacológicos alcalinizantes gástricos, actualmente muy poco utilizados; o bien como consecuencia de una malnutrición extrema.

## Ácido úrico (AUr)

Su nombre mineralógico en la clínica coincide con su composición, si bien en las muestras halladas en la naturaleza libre recibe el nombre de uricita (o su nomenclatura estructural química: 2,6,8-trihidroxipurina). El ácido úrico puede ser anhidro o dihidrato según la disponibilidad de sustancias presentes en la orina en cada momento.

Una aproximación a su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Monoclinico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	P 2 <sub>1</sub> /a Prismático
Grupo de configuración espacial	I4/m
Tipo óptico	Biaxial (+) 84°
2V	Ny-nα= 0.210

Henry Bence-Jones (1713-1873), comunicó en 1843 sus estudios sobre uricosuria, oxaluria y fosfaturia siendo uno de los primeros en estudiar el ácido úrico. En 1862 fue el primero en identificar cristales de xantina y diferenciarlos de los de ácido úrico.

En la naturaleza abierta la uricita está presente en yacimientos geológicos donde abundan los detritus orgánicos y el guano (similares a los oxalatos) como consecuencia de un proceso de degradación de los depósitos de deyecciones de aves y mamíferos voladores. Los primeros yacimientos naturales conocidos corresponden a la cueva de Dingo Donga (Australia).

En patología humana, el ácido úrico es resultado del metabolismo de las proteínas (purinas y pirimidinas) ingeridas con la dieta. Los carnívoros (y omnívoros) poseen mecanismos metabólicos para procesar las proteínas siendo el ácido úrico uno de los productos finales de su proceso degradativo. La aparición de concreciones en el tracto urinario es el resultado (como en la mayoría de cálculos) de un desequilibrio entre disolventes y solutos (sobresaturación), pero el ácido úrico es uno de los componentes principales de la orina como producto final de desecho. Este es el motivo por el que la uricita se halla en lugares donde se acumulan deyecciones (cuevas, simas).

Su dureza según la clásica escala de Mohs es de 1-2,5, pero es considerada un cálculo de tenacidad intermedia siendo muy variable su conformación. Puede ser muy compacta y granulosa, requiriendo en estos casos altas energías para su fragmentación, o globulosa (pseudobotriode de finos granos) con los que puede disolverse como si fuera un terrón de azúcar simplemente con un lavado de bicarbonato o ser fácilmente fragmentable a baja energía. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas corresponden a una concreción típicamente radiotransparente a la radiografía simple. En la urografía intravenosa aparece como un defecto de repleción. Su forma es variable, incluido el coraliforme. Cuando hay estasis urinaria puede adoptar la forma de cantos rodados (típico en vejiga).

Según su distinto patrón morfológico y su mecanismo de formación los cálculos de AUr se clasifican dentro del grupo III de Daudon en:

El ácido orótico (C<sub>5</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>H<sub>4</sub>) y el ácido homogentisínico son otras de las composiciones relacionadas con el ácido úrico, aunque muy rara.

## Sales de ácido úrico

Las principales son el urato sódico y el urato amónico. Su fórmula química respectiva es:



Otras son: urato monopotásico ( $\text{KC}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3$ ), urato monohidrato ( $\text{Na}_2\text{C}_5\text{H}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ ), urato ácido cálcico ( $\text{CaH}_2\text{C}_5\text{N}_4\text{O}_3$ ), urato cálcico magnésico ( $\text{CaMgC}_5\text{N}_4\text{O}_3$ ) y urato dicálcico ( $\text{Ca}_2\text{C}_5\text{N}_4\text{O}_3$ ) (López). En relación con los trastornos del metabolismo de purinas y pirimidinas y la litogénesis han sido descritos los siguientes compuestos presentes de forma muy minoritaria en los cálculos: hematina, cistina sódica, sales biliares y colesterol (López).

Raramente son puros y suelen acompañar al ácido úrico u otras sales úricas. El urato sodio y amónico son resultado de la degradación del ácido úrico a otras configuraciones químicas a medida que van cambiando las condiciones y el pH de la orina. No existe descripción de estos compuestos en yacimientos y no están tipificadas como minerales (carecen de IMA status). A medida que el pH de la orina se va alcalinizando se van desligando los iones ácidos del ácido úrico y se incorporan otros en función de su abundancia en orina, por lo general rica en sodio y amonio. El urato sódico tiene relación con algunos casos de placa de Randall cuando coinciden hiperuricosuria y pH alcalino.

Las sales de urato son consideradas como clínicamente muy duras a la fragmentación por litotricia. Sobre estas sales no está descrita la dureza de Mohs al no estar tipificadas como minerales. Ver [Tabla 1.4-10](#).

## Fosfatos

Su nombre mineralógico en la clínica varía según las diversas composiciones que incluyen el fosfato como ligando. Los fosfatos constituyen un grupo muy amplio de urolitiasis con distintos trasfondos clínicos inductores, lo cual no facilita la comprensión de este heterogéneo grupo. Es posible dividir conceptualmente la litiasis de fosfato en 2 tipos generales (clasificación personal, no publicada):

- Fosfatos cálcicos apatíticos. En general, corresponde a la litiasis fosfática no necesariamente ligada al desdoblamiento de la urea. Pueden ser denominados como apatita, con sus distintas variantes químicas (hidroxi, carbo, etc.). No responde a una composición definida, sino que presenta diversas configuraciones atómicas de fosfato y calcio, más otros átomos de carbono (carboapatita o apatita carbonatada), OH (hidroxiapatita; y fosfato ácido cálcico dihidrato o brushita) o del propio calcio (fosfato octacálcico).
- Fosfatos estruvíticos. Corresponde a la litiasis fosfática ligada al desdoblamiento de la urea. Presenta varias configuraciones químicas: con presencia de amonio y magnesio (puede ser fosfato amónico magnésico hexahidrato o estruvita; monohidrato o ditmartita; y trihidrato o Newberyita); y de magnesio y calcio (fosfato calciomagnésico o whitlockita) ([Tabla 1.4-9](#)).

Al mismo tiempo cada una de estas variedades suele estar mezclada con otras siendo común la composición mixta de uno estos cálculos, por ejemplo, estruvita con ditmartita y apatita.

Los yacimientos geológicos provienen de depósitos de fosfato sedimentario ricos en pegmatitas, presentes en lugares húmedos y oscuros como criptas antiguas, cuevas con abundancia de guano y fuentes hidrotermales. Los fosfatos abundan en aguas residuales. Su presencia es fruto de procesos de putrefacción de materia orgánica, muy similar a los oxalatos, con la diferencia de no precisar lechos vegetales y de prevalecer en los fosfatos la acción bacteriana. Algunos yacimientos no húmedos corresponden a terrenos ricos en fosfatos de antiguo origen lacustre. En general contienen diversos tipos de fosfato apatítico, con distintos agregados de carbono, cloro, flúor, bromo y configuraciones de iones agua. Los grandes yacimientos minerales de fosfatos son explotados para la fabricación de fertilizantes.

Según su distinto patrón morfológico y su mecanismo de formación, Daudon clasifica los cálculos de fosfato cálcico dentro del grupo IV como hidroxi y carboapatitas solas o con otros componentes como oxalatos o fosfato amónico magnésico (estruvita), en relación a hipercalciuria, defectos de acidificación renal e infección de orina cuando predomina la estruvita.

TABLA 1.4-9. Clasificación conceptual de los fosfatos (según el autor)

<i>Fosfatos cálcicos apatíticos (Apatita)</i>	
Fosfato cálcico carbonatado	Carboapatita* / Dahllita
Fosfato cálcico hidratado	Hidroxiapatita*
Fosfato ácido cálcico dihidrato	Brushita
Fosfato octacálcico pentahidrato	--
<i>Fosfatos estruvíticos</i>	
Fosfato amónico magnésico hexahidrato	Estruvita
Fosfato amónico magnésico monohidrato	Dittmarita
Fosfato cálcico magnésico	Whitlockita
Fosfato magnésico trihidrato	Newberyita

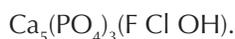
[\*] Estas variedades de litiasis pueden ser denominadas adoptando la nomenclatura «apatita»: la carboapatita puede ser denominada apatita carbonatada; y la hidroxiapatita puede ser llamada fosfato de apatita.

Esta clasificación sistematiza los fosfatos cálcicos y el fosfato amónico magnésico, pero no comprende un listado desglosado que incluya toda la variedad de litiasis de fosfato existentes desde el punto de vista mineralógico. La imprecisión (involuntaria) de esta y otras clasificaciones contribuyen a la falta de claridad a la hora de comprender la litiasis fosfática en su conjunto. La dispar composición y la habitual asociación de varios compuestos fosfáticos en un mismo cálculo (son casi siempre mixtos) hace casi imposible una sistematización cerrada; todo lo cual afecta al diagnóstico cristalográfico de los cálculos e interfiere en un correcto manejo clínico (por ejemplo, no tiene nada que ver una carboapatita que una brushita) o su incorrecta cuantificación en estudios epidemiológicos (por ejemplo, algo tan simple como no desglosar la estruvita de los fosfatos cálcicos impide discriminar la incidencia de cada tipo de fosfato que varía mucho por géneros). La International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) intentó hace unos años una clasificación de los cálculos urinarios de fosfato sin poder consensuarla, lo cual demuestra la extraordinaria complejidad conceptual en la que están inmersas estas formas cristalinas.

A continuación, se revisan los principales tipos de litiasis de fosfato, describiendo las distintas composiciones de fosfato cálcico, algunas muy definidas (por ejemplo, la brushita) y otras más heterogéneas difíciles de tipificar por microscopía (solo distinguibles por espectrometría infrarroja).

## Apatita

La denominación apatitas es genérica y abarca diversas configuraciones de fosfato cálcico según su composición. Todas las apatitas constan de fosfato cálcico (que podría considerarse como sinónimo de apatita) con otros componentes en cantidad variable, debido a la facilidad con que el fosfato se une a otros compuestos presentes en la naturaleza o en la propia orina. Se acepta como composición química de la apatita (de forma genérica) la siguiente:



En este caso con cloro (clorapatita, no presente en clínica humana). Debido a esta heterogeneidad en la forma de presentación de este mineral (casi siempre mixto) y las imprecisiones en su nomenclatura es frecuente encontrar conformaciones químicas diferentes del fosfato cálcico con iones carbono, agua, cloro o flúor, que reciben un mismo nombre o, al contrario, conformaciones idénticas que reciben nom-

bres distintos (ver caso de la brushita). Para evitar esta dispersión de conceptos, se van a describir en este capítulo los principales modelos mineralógicos presentes en la clínica según la [Tabla 1.4-9](#) tratando cada uno de ellos por separado, pese a que en la clínica (y con frecuencia en los yacimientos geológicos) las composiciones son mixtas.

El mineral apatita (y sus diversos compuestos relacionados) tiene una abundante distribución en la naturaleza abierta, ya que es el mineral con fosfato más común. Etimológicamente, apatita viene del griego *apatein*, «engañar» o «ser engañosa». Es conocida y llamada así desde la Grecia clásica porque sus cristales se pueden confundir con el diamante por su gran transparencia. Es muy apreciada en gemología como piedra semipreciosa, pero no alcanza la categoría de otras gemas como la amatista, el berilo o la aguamarina y mucho menos el diamante (carbono puro). Puede mostrar diversas tonalidades (blanco, gris, azul, verde o morado) según la asociación con otros minerales conformando bellísimas gemas. Los yacimientos con ejemplares de estas características son muy codiciados.

Por su valor gemológico, la apatita se conoce desde antiguo. Una primera denominación oficial de «apatita» corresponde a Werner en 1786. El ingeniero, químico, farmacéutico y geólogo de la ilustración J.L. Proust (1754–1826) fue profesor del Real Colegio de Artillería de Segovia y director del Laboratorio Real de Madrid. Contribuyó, entre otras proezas, al despegue de un globo aerostático en Madrid. Escribió un tratado de mineralogía con especial interés en los carbonatos. Definió la fluorapatita por primera vez en 1781 a partir de muestras del Monte Cercón de Logrosán (Extremadura; España). El paraje reúne una serie de atributos paisajísticos y geológicos que lo han hecho famoso por sus ceremoniales esotéricos.

En el cuerpo humano, la apatita presenta una amplia distribución siendo el compuesto mineral más abundante de los huesos y dientes. Es parte constituyente de las calcificaciones vasculares y placas de ateroma, así como de otros procesos donde prima la calcificación de tejidos (por ejemplo, flebolitos). En patología litiásica los fosfatos apatíticos están vinculados a la infección urinaria (sobre todo los más ricos en calcio), a diversos trastornos metabólicos o de acidificación de la orina y en su formación predomina la alcalinidad de la orina (excepto en la brushita), si bien cada tipo de cálculo se adapta a una etiopatogenia diferencial y bien definida (por ejemplo, la carboapatita está más relacionada con la infección urinaria mientras que la brushita guarda relación con trastornos como estasis de orina, pérdida de fosfatos o acidosis tubular renal).

Es posible distinguir algunas variedades de apatitas en función de su estructura química cuando está más definida (recordar que suelen ser cálculos mixtos). En orden por sistematizar es posible reconocer los siguientes tipos de litiasis de fosfato:

### Fosfato cálcico hidratado

Su nombre mineralógico en la clínica es hidroxiapatita. Una aproximación a su fórmula química es:



Su dureza según la escala de Mohs es de 5, pese a lo cual es un cálculo considerado muy blando para la fragmentación. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas son de mediada radiopacidad, variando según los componentes acompañantes.

### Fosfato cálcico carbonatado

También conocido como carboapatita, carbonato-hidroxiapatita o *Carbonate-rich Hydroxylapatite*, cuya denominación en mineralogía pudiera corresponderse con dahllita. Su fórmula química (molecular) es:



Para la *Carbonate-rich Hydroxylapatite* la fórmula es:



Estas fórmulas pueden variar aún más según la mayor cantidad de calcio u otros componentes añadidos. Como se dijo anteriormente, todos los fosfatos de calcio (o apatitas) poseen carbono en cantidad variable, combinado frecuentemente con otros iones. Cuando la denominación remarca la carbonatación corresponde a un modelo con mayor proporción de calcio en la apatita. Este es un buen ejemplo de la dificultad conceptual (y química) que poseen las apatitas.

Su dureza según la escala de Mohs es 5 y su resistencia a la fragmentación es similar a la hidroxiapatita (blanda).

### Fosfato ácido cálcico dihidrato

Su nombre mineralógico es brushita. Recibe distintas denominaciones que pueden llevar a confusión. Su nombre más correcto es fosfato ácido cálcico dihidrato, pero también puede hallarse como fosfato cálcico dihidrato, fosfohidrato dicálcico, fosfato cálcico ácido y fosfato de apatita hidrogenado (Daudon), que en todos los casos corresponden a brushita.

Su fórmula química es:



Es un fosfato que precipita en condiciones de mayor acidez urinaria que el resto de fosfatos. Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Hexagonal
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	6/m - Dipiramidal
Grupo de configuración espacial	P 6 <sub>3</sub> /m
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	2
Tipo óptico	Uniaxial (-)
2V	Biaxial

Es un cálculo que presenta un hábito muy compacto que puede ser visualmente similar a un oxalato durante la cirugía, siendo muy distinto de los fosfatos apatíticos y la estruvita. Su etiología es completamente distinta al estar relacionado con pH más ácidos y sobresaturación de calcio en orina, pérdida de fosfatos y acidosis tubular renal. No está claramente relacionado con la infección de orina como el resto de fosfatos, aunque no existen suficientes investigaciones para afirmarlo con rotundidad.

Su dureza según la escala de Mohs es de 2-2.5, es decir de superficie muy blanda, fácilmente erosionable. Tiene tenacidad quebradiza. Ambas propiedades mineralógicas contrastan con su elevada dureza a la fragmentación durante la litotricia (es una de las litiasis más duras). Sobre esta discrepancia entre dureza de Mohs y tenacidad respecto a dureza clínica no existen estudios. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas corresponden a mediada radiopacidad.

### Fosfato octacálcico pentahidrato

No está disponible un nombre mineralógico. En mineralogía y química es considerado un precursor de la hidroxiapatita.

Una aproximación a su fórmula química es:



Es un cálculo que cristaliza de forma muy rápida por aumento brusco de la calciuria, lo cual es muy típico de algunas pacientes gestantes. Su dureza según la escala de Mohs es de 5. Consideradas clínicamente de dureza clínica blanda. Ver [Tabla 1.4-10](#).

### Fosfato amónico magnésico

Es el cálculo de mayor personalidad dentro de la litiasis infectiva donde actúa el desdoblamiento de urea y la elevación del pH urinario como mecanismos de formación. Su nombre mineralógico en la clínica es estruvita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Ortorrómico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	mm2 - Pyramidal
Grupo de configuración espacial	P mn2 <sub>1</sub>
Celda Z [ <i>Z cell data</i> ]	3
Tipo óptico	Biaxial (+)
2V	37°/40°

La denominación de estruvita se publicó por primera vez en 1845 por el geólogo sueco Ulex. Las primeras muestras se obtuvieron de material proveniente de las alcantarillas medievales de la Iglesia de San Nicolás de Hamburg (Alemania). Fue citada inicialmente como guanita adoptando definitivamente el nombre estruvita que le otorgó Ulex en honor Heinrich von Struve (1772-1851), diplomático ruso destinado a Alemania, gran humanista y aficionado a la geología, que le permitió recoger una importante colección de minerales que exhibió en Bremen y Moscú. Entre los datos biográficos de von Struve destaca su amistad con Beethoven.

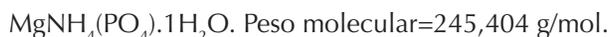
Como casi todos los fosfatos se origina en lugares donde abunda la materia orgánica, los procesos de putrefacción y la acción bacteriana. En ingeniería civil representa un grave problema en el mantenimiento de canalizaciones de aguas residuales. En patología humana está vinculado directamente con la infección urinaria por *Proteus mirabilis* y debe su formación a la acción de la ureasa con liberación de iones de amonio y magnesio que combinan con el fosfato de la orina. Otros tipos de cálculos urinarios similares se han formado en yacimientos similares y poseen una etiopatogenia idéntica. La variedad de solutos y condiciones químicas presentes en la orina permite que la formación de compuestos similares como dittmarita, whitlockita y newberyita. Estos tres tipos no aparecen puros sino como componentes mixtos minoritarios. Todos ellos, respetando sus propiedades mineralógicas concretas, configuran la litiasis fosfática con su complejidad constitutiva.

Su dureza según la clásica escala de Mohs es de 1,5-2, lo que concuerda con su escasa resistencia a la fragmentación. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas corresponden a un cálculo de escasa radioopacidad, aunque dado que alcanzan un volumen y densidad considerables (coraliforme) son visibles a la radiografía simple.

### Fosfato amónico magnésico monohidrato

Su nombre mineralógico en la clínica dittmarita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Ortorrómico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	Piramidal
Grupo de configuración espacial	P mn2 <sub>1</sub>
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	2
Tipo óptico	Biaxial (-),
2V	40°/34°

La denominación rinde homenaje a W. Dittmar (1833-1892), nacido en Alemania y profesor de química de la Universidad de Glasgow (Escocia). El yacimiento original corresponde a cuevas volcánicas en el departamento de Victoria (Australia). Su formación, como el resto de fosfatos estruvíticos, se debe a procesos de putrefacción.

Su dureza según la escala de Mohs es de 5, con una tenacidad clínica blanda. Ver [Tabla 1.4-10](#).

### Fosfato cálcico magnésico

También denominado fosfohidrato tricálcico (Daudon). Su nombre mineralógico en la clínica es whitlockita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Ortorrómico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	Piramidal
Grupo de configuración espacial	P mn2 <sub>1</sub>
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	2
Tipo óptico	Uniaxial (-)
2V	40°/34°

La denominación hace un homenaje a Herbert Whitlock (1868-1948), geólogo y director de minerales del Museo Americano de Historia Natural. En patología humana se asocia a infección urinaria no urealítica, secundaria a E. Coli.

Su dureza según la escala de Mohs es de 5, con tenacidad clínica blanda. Ver [Tabla 1.4-10](#).

No incluida claramente en la clasificación de Daudon. Es posible considerarla como una estruvita sin contenido en amonio y con calcio fruto de la gran variedad de compuesto presentes en la orina infectada por bacterias productores de ureasa y la gran capacidad de formación de diversas estirpes cristalinas al mismo tiempo.

### Fosfato magnésico trihidrato

También denominado fosfato ácido magnésico trihidrato (López). Su nombre mineralógico en la clínica es newberyita. Su fórmula química es:



Entre sus propiedades cristalográficas y ópticas destacan:

Sistema cristalino	Ortorrómbico
Clase H-M ( <i>Point Group</i> )	Dipiramidal
Grupo de configuración espacial	Pbca
Celda Z ( <i>Z cell data</i> )	16
Tipo óptico	Biaxial (+)
2V	45°/48°

La denominación hace un homenaje a Herbert Whitlock (1868-1948), geólogo y director de minerales del Museo Americano de Historia Natural.

Su dureza según la clásica escala de Mohs es de 5 y su dureza clínica a la fragmentación es blanda. Ver [Tabla 1.4-10](#).

## Cistina

Es una proteína constituida por dos moléculas de cisteína unidas por un puente disulfuro. Corresponde al nombre del cálculo formado por la conjunción de dos moléculas de cisteína unidas por un puente disulfuro. Su fórmula química es:



Sus datos ópticos y cristalográficos no están calculados ya que no está reconocido como mineral.

No existe yacimiento geológico de cistina ni es reconocido como mineral por la IMA. Fue el segundo aminoácido descubierto después de la asparragina. Descubierta en 1810 por Wollaston a partir de una piedra de vejiga. Esta circunstancia le indujo a aplicar la denominación usando como base *cist*, del griego *cystos*, vejiga.

En patología humana se produce por sobre saturación de la cistina en orina en el marco de un trastorno hereditario.

Su dureza según la escala de Mohs es de 2, pese a lo cual es uno de los cálculos más duros a la fragmentación. Ver [Tabla 1.4-10](#).

Sus características radiológicas corresponden a un cálculo radiotransparente debido a la ausencia de calcio o fósforo en su composición. Solo se percibe en la radiografía simple cuando es muy voluminoso y denso.

## LITIASIS FARMACOLÓGICA

Algunos principios activos farmacológicos y algunos tóxicos se pueden eliminar por orina con riesgo de cristalización si se superan los coeficientes de disolución (sobresaturación). La lista de fármacos con potencial de formar cálculos de su propia composición está recogida en la [Tabla 1.4-1](#) y se ampliará en próximos módulos. La mayoría de ellos ya no se utilizan habitualmente por lo que su aparición es muy rara.

TABLA 1.4-10. Dureza mineralógica (Mohs) y dureza clínica a fragmentación (Tenacidad)

<i>Mineral</i>	<i>Dureza Mohs</i>	<i>Tenacidad</i>
Whewellita	2,5-3	Dura / Muy dura
Weddellita	4	Mediana
Caoxita	2-2,5	?
Carbonato cálcico	3,5-4	Blanda
Uricita	1-2,5	Mediana
Apatita	5	Blanda
Dahllita	5	Blanda
Brushita	2-2,5	Dura
Estruvita	1,5- 2	Muy blanda
Dittmarita	5	Blanda
Whitlockita	5	Blanda
Newberyita	5	Blanda
Cistina	?	Muy dura



## CONCLUSIONES

- Los tipos predominantes de litiasis son los oxalatos, fosfatos, ácido úrico, cistina y litiasis farmacológicas.
- Los oxalatos mono y dihidrato incluyen distintas variedades en función de su patrón morfológico. Dicho patrón ha sido sistematizado por Daudon, que ha establecido una clasificación que afecta además a los demás tipos de litiasis, asociando cada tipológica a un mecanismo etiopatogénico concreto. Grases ha orientado más su clasificación a la participación de la papila y el estasis de orina.
- Los fosfatos son un grupo de gran heterogeneidad por lo que no existe una clasificación cerrada, sino abierta a las muy diferentes combinaciones de solutos cristalizables. Cabe distinguir los fosfatos apatíticos de aquellos en los que se asocian a infección urinaria con desdoblamiento de la urea. El ácido úrico, las sales úricas y las litiasis relacionadas plantean asimismo problemas diferenciales. La cistina posee personalidad propia.
- Los cálculos de origen farmacológico ocupan un pequeño espacio en la tipología de la urolitiasis, pero merecen ser bien diagnosticados.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arrabal-Martín M, et al. [Etiopathogenic factors of the different types of urinary litiasis]. [Article in Spanish]. Arch Esp Urol. 2017 Jan;70(1):40-50.
- Castiglione V, et al. [Epidemiology of urolithiasis in Belgium on the basis of a morpho-constitutional classification], [Article in French]. Nephrol Ther. 2015 Feb;11(1):42-9.
- Daudon M, Bader CA, Jungers P. Urinary calculi: review of classification methods and correlations with etiology. Scanning Microsc. 1993 Sep;7(3):1081-104.
- Daudon M, Protat MF, Réveillaud RJ. [Detection and diagnosis of drug induced lithiasis], [Article in French]. Ann Biol Clin. (Paris). 1983;41(4):239-49.
- European Association of Urology (EAU). EAU Guidelines. Urolithiasis. [Internet]. Disponible en: <http://uroweb.org/guideline/urolithiasis/>
- Gràcia-García S, Millán-Rodríguez F, Rousaud-Barón F, Montañés-Bermúdez R, Angerri-Feu O, Sánchez-Martín F, et al. Por qué y cómo hemos de analizar los cálculos urinarios. Actasuro [revista en Internet]. 2011; 35(6):354-362 [Consultado 7 Feb 2018]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/aeu/v35n6/revision.pdf>.
- Grases F, Conte A, Costa-Bauzá A, Ramis M. Tipos de cálculos renales. Relación con la bioquímica urinaria. Arch. Esp. de Urol. 2001, 54, 9: 861-871.
- Hong TD, Phat D, Plaza P, Daudon M, Dao NQ. Identification of urinary calculi by Raman laser fiber optics spectroscopy. Clin Chem. 1992 Feb;38(2):292-8.
- Mindat.org [Internet]. Nickel-Strunz Classification - Primary Groups 10th edition [Consultado 7 Feb 2018]. Disponible en: <https://www.mindat.org/strunz.php>.
- Minerals Arranged by the New Dana Classification. Mineralogy Database. Disponible en: <http://webmineral.com/danaclass.shtml#.Wle-b9ThBy4>
- Minerals arranged by the Nickel-Strunz (Ver10) Classification System. Mineralogy Database. Disponible en: <http://webmineral.com/strunz.shtml#.Wle-s9ThBy4>
- Mohs scale of mineral hardness. Wikipedia. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mohs\\_scale\\_of\\_mineral\\_hardness](https://en.wikipedia.org/wiki/Mohs_scale_of_mineral_hardness)
- Universitat Illes Balears [Internet]. Cálculos renales. Grupo, tipo y subtipo [Consultado 7 Feb 2018]. Disponible en: [http://www.uib.cat/secc6/laboratori\\_litiasi/3inform/tiposc/Grucal.htm](http://www.uib.cat/secc6/laboratori_litiasi/3inform/tiposc/Grucal.htm).