

# COMPOSICION QUIMICA DE LA ORINA Y DE LOS CALCULOS

Por el Dr. FERNANDO A. ORTEGA

La terapéutica moderna de la urolitiasis, se basa, en la gran mayoría de los casos, en el conocimiento de la composición química de los cálculos previamente extirpados o espontáneamente eliminados. Si el tratamiento futuro del enfermo, debe regirse de acuerdo al resultado del análisis químico, se deduce de ello, la importancia de la exacta composición cuantitativa de los urolitos.

El aspecto cuantitativo de estos análisis, ha sido a mi criterio algo olvidado hasta el presente, lo que presumiblemente se deba a las dificultades que se presentan trabajando con pequeñas cantidades demuestra como en el caso de los cálculos eliminados en forma espontánea. Contados autores se han dedicado a su estudio antitativo, proponiendo en general, métodos para la valoración de ácido oxálico, úrico, fosfórico y sus sales, etc. basados todos en los procedimientos de la química analítica clásica.

En 1882, Ultmann, publica un método de análisis químico para los cálculos y los clasifica de acuerdo a su composición.

Conocida la composición química de las concreciones, cobra gran impulso la idea de su eliminación como consecuencia de su disolución. Brodei aconseja, cuidar la alimentación y da consejos sobre el género de vida que debía observarse. Higgins (1935), aconseja dietas ricas en vitamina A, acompañada de un régimen ácido, ya que con ello, había conseguido disminuir el tamaño de los cálculos en algunos pacientes sobre 60 tratados. Otros autores como Oppenheimer y Pollak, no observan variación alguna en 27 enfermos.

Los únicos cálculos a los que se ha logrado disolver con certeza, son los de "cistina". Kemplerer y Crowell, así lo relatan.

Desde hace ya muchos años, se publica un gran número de trabajos sobre urolitiasis y en especial, con referencia a los posibles hechos y factores que concurren a su formación. Según Welles, todas las concreciones patológicas del organismo deberían su origen a una ley general: ante todo necesitan del *núcleo* de alguna sustancia, el cual actúa como centro de la concreción futura, a menudo consistente en mucus originado en las paredes de los conductos. Generalmente, el núcleo, está formado por una sustancia diferente a la que va a ser depositada, y así pueden observarse núcleos formados por conglomerados de células de descamación, acúmulos de bacterias aglutinadas, mucus, proteínas precipitadas o un cuerpo extraño cualquiera.

Sobre ese núcleo se depositarían las sustancias que forman el cálculo y si éstas son cristalinas, entre los cristales se deposita el mucus, el cual forma el armazón sobre el que se adhieren nuevos cristales.

Como lo han señalado Rosenow, Meisse y otros, la infección desempeña un papel muy importante en la formación de los cálculos, proveyendo el núcleo y las sustancias de unión (Binding substance).

Una de las hipótesis emitida para explicar la adhesión de los cristales en la formación de los cálculos, se basa en la química coloidal. Schade, fué aparentemente el primero en intentar la unión de los cristales con un material protéico y aunque sus experiencias fueron severamente criticadas, fué este el primer paso para la elaboración de esa teoría.

Considerando la composición química de la orina, llama la atención que la concentración de sus constituyentes parece ser mayor que la que le puede corresponder, de acuerdo a las leyes que gobiernan las soluciones, particularmente en el caso de sustancias poco solubles tal como el oxalato de calcio.

Esa propiedad de la orina de mantener en solución esa concentración alta de sales, es atribuída a la presencia de los coloides urinarios. Sabemos que la orina no se comporta por completo como una solución sobresaturada de cristales, puesto que por adición de uno de ellos no se produce precipitación.

Meyer, en sus clásicos trabajos dice que el proceso de la formación del sedimento puede ser explicado en base a las leyes generales de solubilidad, pero que la formación de la concreción depende del contenido coloidal de la orina.

Ord y Shattock, mostraron que la materia coloidal *in vitro*, modifica la morfología cristalina. En presencia de un coloide, algunos cristaloides de la orina son absorbidos por los coloides, mientras que otros permanecen en solución. Así se llega a admitir, que los cristaloides se encuentran en la orina mantenidos en un estado de suspensión coloidal, por cantidades relativamente pequeñas de coloides verdaderos, los cuales ejercerían acción protectora. Los cristaloides no son alterados por ese proceso físico y pueden ser vistos al ultramicroscopio, en estado de suspensión coloidal.

Desde este punto de vista, la causa inmediata de la precipitación sería alguna alteración en la suspensión, bien porque los cristaloides estén anormalmente en exceso o que los coloides estén en déficit.

Se ha observado, experimentalmente, que la alteración en la tensión superficial inicia el proceso de la gelificación en una suspensión coloidal. La membrana mucosa del tracto urinario normal, no produce aumento de la tensión superficial, pero ella es alterada por la presencia de sustancias extrañas, tal como un área ulcerada. La elevación de la tensión superficial en ese punto, produciría la atracción de los coloides que mantienen a los cristaloides en suspensión. El coloide es luego precipitado en forma de gel, arrastrando a los cristaloides que han sido liberados de la acción protectora del coloide verdadero, por aquella destrucción. De este modo se origina el núcleo, base de un cálculo.

Factores dietéticos, sobre los que tenemos estudios y trabajos sumamente responsables, factores metabólicos, infecciones, medicamentos, etc., son motivos todos suficientes para fundar hipótesis sobre su valor como elementos etiológicos de litiasis, teniendo presente también la obstrucción, no como una teoría de formación de cálculos sino como un factor que posibilita.

*Cálculos de ácido úrico.* — El ácido úrico es muy poco soluble en agua pura y menos soluble aún en presencia de ácidos. Su solubilidad en agua aumenta si se añaden fosfatos alcalinos a la solución. Otras sustancias orgánicas, entre ellas los pigmentos urinarios, favorecen también su solubilidad. Debido a tan poca solubilidad, el simple enfriamiento de la orina es a menudo suficiente para producir un abundante sedimento de ácido úrico.

La formación de cálculos de ácido úrico, depende, no sólo de la cantidad del mismo presente en la orina, sino de la cantidad de sustancias que lo mantie-

nen en solución, siendo este factor más importante que el primero. Como ambos factores están sujetos a amplias variaciones tanto en condiciones fisiológicas como patológicas se explica que los cálculos a base de este ácido o sus sales sea bastante frecuente.

Antiguamente se consideraba este tipo de litiasis como el más común pero, por análisis más recientes se ha visto que no es así. Lo que en realidad sucede, es que suele presentarse en mayor o menor cantidad en casi todos los cálculos urinarics. El ácido úrico se elimina principalmente como sales de sodio, potasio o amonio.

Los factores que inciden en la formación de estos cálculos son: 1. Elevada acidez de la orina. 2. Concentración de la misma. 3. Aumento de la eliminación de ácido úrico. Esto último puede resultar como consecuencia de una excesiva alimentación rica en nucleínas o por un catabolismo exagerado de las nucleoproteínas tisulares.

En leucemias mielógenas crónicas, la presencia de cálculos renales es de tal frecuencia como para sugerir que, en este caso por lo menos, la sobresaturación de la orina, con una sustancia escasamente soluble, puede ser un factor conducente a la formación de cálculo independientemente, tal vez, de otros factores.

*Cálculos de oxalato de calcio.* — Numerosos autores están acordes en que estas son las concreciones urinarias más comunes. A menudo se presenta en mezclas con uratos o ácido úrico, el último de los cuales generalmente constituye el núcleo.

Se originan principalmente en personas que eliminan excesivas cantidades de ácido oxálico. Normalmente se eliminan en 24 horas por la orina alrededor de 20 mg. aparentemente como oxalato de calcio. Esta cantidad puede ser aumentada, por la ingestión de alimentos ricos en oxalatos.

El ácido oxálico puede ser formado a partir de ácido úrico y tal vez también de algunos carbohidratos.

*Cálculos de fosfato.* — Estas concreciones se forman como resultado de la descomposición de la orina a partir de la urea, con formación de amoniaco. En la solución amoniacal así formada, el magnesio es precipitado como fosfato triple y el calcio como oxalato y fosfato, siendo también arrastrado el urato de amonio. De este modo los cálculos formados en su mayor parte por fosfatos, resultan una mezcla de los anteriores.

Para casi todos los autores, la alcalinidad de la orina es factor principalísimo en la formación de este tipo de cálculo, situación contemplada con referencia a las infecciones del tracto urinario. Según Paillard, la alcalinidad de la orina por fermentación de origen microbiano, no es la única causa de la litiasis fosfática y en la mayoría de los casos la alcalinización y precipitación de los fosfatos son independientes de toda infección y cuando ésta se produce viene a complicar un estado de cosas existentes bajo una forma bien definida, pues es conocido el gran número de personas fosfatúricas que en su gran mayoría no poseen en la orina colibacilo, estafilococos ni otros gérmenes. Para que esos fosfatúricos sean litiásicos, dice Paillard, necesitan un "cemento" que reúna esos granos fosfáticos y esos cementos provienen a menudo de pequeñas hematurias a repetición o exudados de origen leucocitario.

*Cálculos de carbonatos.* — Se forman preferentemente en los hervíboros y es muy raro encontrarlos puros en el hombre, aunque pueden estar presentes, en pequeñas cantidades, en cálculos clasificados como mixtos. Cuando se presentan cristalizados, son las concreciones más duras que se conocen.

*Cálculos de cistina.* — Son sumamente raros. El problema de la cistinuria y de los cálculos de cistina, ha sido ampliamente estudiado por muchos investigadores debido a los siguientes hechos:

1. Su poca frecuencia. 2. Lo incierto de su etiología. 3. Las diferencias de opinión al considerar las relaciones entre los cálculos cistínicos y la cistinuria. 4. Por los excelentes resultados que pueden obtenerse, para su eliminación, con una dieta y medicación apropiadas.

Los cálculos de cistina pueden localizarse en cualquier parte del tracto urogenital y son frecuentemente múltiples. Como causa probable de la enfermedad se mencionan fallas metabólicas e imperfecta asimilación de los principios albuminoideos.

*Cálculos de indigo.* — Derivan del indican urinario, por oxidación. Son raros.

*Cálculos de xantina.* — Son extremadamente raros. Según la mayoría de los autores que se han dedicado a este tema, se presentan preferentemente en forma múltiple y no aislados. Frecuentemente se localizan en vejiga.

*Cálculos de ureostealita y de fibrina.* — Extremadamente raros.

Exponer y llegar a una conclusión acerca de como se forman los cálculos dentro de la vía urinaria, es un problema sumamente arduo, como lo es en general el de la formación de concreciones en los diferentes sitios donde pueden formarse, preferentemente dos:

Vías biliares y urinarias, siendo doblemente difícil dado que se han tendido a unificar y a tener un punto de vista único sobre la formación de cálculos aunque estos sean distintos en su morfología, composición y su evolutividad.

Durante mucho tiempo la formación de cálculos urinarios ha sido tenida como consecuencia de un fenómeno local. Así, Ebstein, Meckel y Albarrán patrocinan el llamado "catarro litógeno" o sea la existencia de un proceso inflamatorio que motiva la secreción de un líquido albuminoso, coloidal, que en determinadas circunstancias puede precipitar y constituye la base sobre la cual precipitan los elementos disueltos en la orina. Esto ocurriría en infecciones de las vías urinarias. Como en la práctica se observan muchos litiasicos sin infección, se amolda un poco el concepto para defenderla, hablando de infecciones leves. Esta idea del catarro litógeno se suponía, porque se exigía para la formación del cálculo, la precipitación de un coloide urinario, sobre el cual se almacenarían los materiales cristalinos que constituyen un cálculo.

Ulteriormente se demostró que toda orina contiene coloides, el llamado *coloide urinario*, que puede incluso dosificarse (número de oro) y sobre todo ponerse de manifiesto con facilidad.

Si existe este coloide en toda orina de sujetos normales, no hay que echar mano a la teoría del catarro litógeno. De ahí que el pensamiento se haya ido desplazando mas bien hacia la idea del la *diátesis litógena*.

Tratando de avanzar más, se ha partido del conocimiento de la composición química de los cálculos urinarios, para ver si realmente aún siendo un proceso metabólico general, no era siempre el mismo, sino uno para cada uno de los diferentes tipos clásicos de estos. Este ha sido el campo mas intensamente explorado, sobre todo a partir de los trabajos de Kleinschmidt, Umber y Lichwitz.

Podemos dividir los cálculos urinarios en una serie de tipos de acuerdo con su composición, siendo los principales los de:

1, Acido úrico; 2, Uratos; 3, Fosfatos; 4, Oxalatos; 5, Carbonatos; 6, Cisteína.

Pueden estos tener una composición homogénea o no, siendo lo último lo más corriente, aunque la sustancias que forman los cálculos tienen por lo general un parentesco aunque mas no sea el pH en que su formación es provocada.

Seccionado un cálculo, encontramos en ellos diferentes estructuras. Nakano los divide en unizonales y plurizonales: los primeros constituidos por una sustancia uniforme sin señalar zonas diferentes desde el núcleo a la periferia. En cambio los otros presentan capas que se van sucediendo, existiendo los que podríamos llamar saltos de fase.

El núcleo, elemento central de estas estructuras, puede ser de naturaleza orgánica (elementos albuminosos, bacterias, pus, etc.) o inorgánicos de variada naturaleza.

Otro hecho, que es también punto de partida en el conocimiento de estas sustancias es la relación entre la formación de cálculo y la naturaleza del sedimento urinario. Casi todos los individuos que presentan calculosis tienen tendencia a que sus orinas presenten sedimentos con cristaluria. Sorprenderá, que siendo tan variados los elementos que componen la orina, los cálculos estén constituidos solamente por ácido úrico y sus sales, fosfatos y oxalatos, siendo probablemente razón de ello, el hecho que las sustancias que determinan concreciones se hallan en estado de sobresaturación dentro de la orina. Solamente las sustancias que se encuentren como sobresaturadas en la orina, son las que encontramos en los cálculos.

Para conocer el mecanismo de formación de los cálculos urinarios, tenemos que analizar sucesivamente: 1) Condiciones de estabilidad de estos elementos en la orina, 2) Fenómenos de protección y 3) Mecanismos de precipitación.

En cuanto al primer punto debemos fijar dos hechos ciertos: 1) La sobresaturación de una sustancia dada en un medio líquido cualquiera, está condicionada a la calidad y cantidad de otros iones presentes, por ejemplo el oxalato de calcio es insoluble en agua destilada y neutra, pero no en una solución acuosa que tenga otros iones salinos. 2) La concentración de iones hidrógeno de la solución o sea su pH.

Al abordar el 2º punto, debemos mencionar típicamente el estado coloidal y los coloides, que son los responsables que se mantengan en solución, sustancias que por su concentración, deberían precipitar. Se ha asignado al glucógeno, a la dextrina, a ciertas sustancias grasas, a la mucina, al ácido cítrico, etc., esta propiedad.

Evidentemente que para que se realice la precipitación, es necesario en primer término, "inestabilidad" de la sustancia que va a constituir el cálculo y 2º, condiciones tales que permitan esa precipitación. Estas últimas, tienen gran valor puesto que vemos sujetos que tienen orinas con gran sedimento

crystalino y sin embargo no son litiásicos o nunca llegan a serlo. Lo contrario, si no frecuente, también se observa, o sea individuos con litiasis urinaria sin antecedentes de orinas con sedimento propicio.

Lo fundamental del problema, a mi juicio está en la producción de núcleos, alrededor de los cuales van a precipitar en el futuro, todos los elementos cristalinos que formarán los cálculos, que la orina evidentemente contiene y provee en abundancia, dependiendo el tipo de cristal del pH urinario.

Por considerarlo de interés mencionaré aquí los trabajos de Boyce, Garvey y Norfleet, efectuados en New Caroline (U.S.A.) y publicados en el año 1955. Los cálculos urinarios están compuestos de una matriz orgánica y un cuerpo cristalino. Esta matriz puede ser una inclusión casual de un material inerte que se ha asociado al cristal en crecimiento o puede desempeñar el papel de una masa adhesiva que participa de este modo uniendo los cristales que terminarán por formar una estructura organizada. Este es el criterio sostenido por Hammarsten G., *The formation of the nucleus of stone in the urinary passages*. J. Path. and Bact. 57, 375, 1945. Que podrían desempeñar un papel mucho más activo en la formación y crecimiento de los cálculos está sugerido en los trabajos de Howard y Engel (*Mobilization of mucoprotein by parathyroid extracts*. Arch. Path. 53, 339, 1952).

Hasta que se conozca perfectamente el papel que desempeña la matriz de un cálculo desde el punto de vista de sustancia inerte o compuesto químico en acción, creen los autores, no se habrá avanzado nada en el sentido de prevención frente al problema de la litiasis urinaria.

Las limitaciones que sobre origen, estructura, etc., proveen los análisis cualitativos ha sido claramente demostrada por Prien y Frondel (*Studies in urolithiasis: The composition of urinary calculi*. J. Urol. 57, 949, 1947).

Los estudios cristalográficos realizados por estos autores, han agregado mucho a los conocimientos sobre componentes cristalinos de los cálculos urinarios, pero la estructura interna y los mecanismos de crecimiento requieren más ensayo. Muchas estructuras cristalinas tienen fórmulas empíricas, las cuales, no existen como unidades moleculares en ningún otro estado. Un sólo átomo o ión es incluido algunas veces en la formación de un cristal sin otra razón aparente que la de completar su particular estructura. Las fuerzas que mantienen estas unidades dentro del cristal en su relación espacial, están dispuestas del mismo modo que en un gran cristal tal como el de cloruro de sodio o la hidroxí-apatita (fosfato de calcio).

Las reglas generales relativas a la formación y crecimiento de los cristales tienen un límite de aplicabilidad en el estudio de las concreciones urinarias. La cristalización puede verse favorecida por núcleos tales que presentan superficies favorables para la deposición, sobre ellos de una sustancia cristalina cualquiera, pero tal, que tienda a ajustarse química y espacialmente sobre la superficie estructural de cristales similares. Así por ejemplo el núcleo de un cristal de ácido úrico tiende a crecer por la adición a la solución, de cristales de ácido úrico. Una unidad (Núcleo) de hidroxí-apatita cristal, crece por adición de cantidades exactas de iones calcio, fosfato y oxhidrilos.

El hecho que ciertas sustancias sean aptas para cristalizar en medios biológicos no quiere decir que necesariamente tengan que ser insolubles. Sin embargo, ambas, capacidad de cristalización y solubilidad de un determinado ión, o compuesto, son modificadas por gran cantidad de factores, tales como:

concentración de iones hidrógenos, sistema buffers, concentración iónica total, cargas eléctricas relativas, etc.

La orina, es una solución iónica, molecular y buffer. Contiene suspensoides orgánicos de peso molecular elevado (en conjunto cerca de los 7 millones) y agrupaciones inorgánicas tan pequeñas como el átomo de hidrógeno. Puede resultar algo confuso, decir que la orina está saturada 20 veces con respecto al oxalato de calcio. La orina no está normalmente saturada con respecto a los iones calcio, pues puede agregarse a una muestra de orina de 24 horas otra cantidad igual del calcio que posee sin que se produzca precipitación. La misma observación puede hacerse con respecto al radical del ácido oxálico.

Hiper calciuria no es esencial para el desarrollo de cálculos. La mayoría de los litíasicos renales, sin evidencia de asociación de mieloma múltiple, hiperparatiroidismo o disfunción renal no presentan aumento en la excreción del calcio urinario, ni la mayoría de pacientes con acidosis, mieloma múltiple, hiperparatiroidismo o tirotoxicosis tienen cálculos urinarios y en estos estados el aumento del calcio urinario es apreciable.

Un aumento en la cantidad de macromoléculas solubles o coloides protectores en la orina, no pueden explicar la ausencia de formación de cálculo en la mayoría de los pacientes con hiper calciuria. Extrayendo estos coloides por ultracentrifugación, no se nota influencia significativa en la precipitación de las sales de la orina. Algunos de estos coloides están presentes en la orina como resultado de filtración glomerular, mientras que otros son producto de la secreción epitelial. En general, las primeras son los prótidos presentes en el suero sanguíneo que transportan a la orina el calcio con ellas ligado. Como el pH urinario es usualmente más bajo que el del plasma, estos prótidos combinarán menos calcio en la orina que en el plasma. Los urocoloides derivados de secreciones epiteliales son en su gran mayoría compuestas por *uromucoid*, agrupación que posee un peso molecular cercano a los 7 millones. Este compuesto está aumentado en todos los pacientes con disfunciones litíasicas y es completamente insoluble en orinas de mediana concentración. Dado que algunas soluciones coloidales aumentan la solubilidad de los compuestos de calcio, los coloides de la orina podrían actuar del mismo modo. No tenemos evidencia que una simple cristaluria tenga relación etiológica con la formación de cálculos. Cristaluria es una frecuente observación y puede ocurrir diariamente en un mismo individuo sin que se formen cálculos. En base a nuestros actuales conocimientos, no podemos decir que la formación de cálculos sea solamente ni tampoco primariamente el resultado de factores que influyen sobre la solubilidad de los productos que contiene la orina.

Hasta el presente ha sido imposible determinar con seguridad la cantidad de material orgánico que puede ser considerado como formador del núcleo de un cálculo. Los métodos usuales de disolución empleando ácidos inorgánicos fuertes, destruyen la matriz y lo que se recupera es un material gomoso, no identificable.

La disolución parcial de los cálculos de ácido úrico en soluciones alcalinas, ha permitido mejores observaciones, aunque el núcleo que finalmente se obtiene, está acompañado siempre de todos los pigmentos (rojo o marrones) que siempre acompañan a esta clase de cálculos. Dichos pigmentos son inseparables de la matriz orgánica.

Un método más satisfactorio, demostrativo de la presencia de una matriz orgánica ha sido la lenta quelación de las sales de calcio con el ácido etilendiamino-tetraacético. El hecho que el material orgánico recuperado de gran cantidad de cálculos, da reacciones positivas de Million, biuret, ácido periódico, Molisch, etc., indican la presencia simultánea de prótidos y de carbohidrato. En general, los cálculos en los que predomina el oxalato de calcio, tienen bajo contenido de matriz mientras que sucede lo inverso en los cálculos compuestos por mezclas de fosfatos de calcio (apatita).

Estudios electroforéticos de los prótidos urinarios han permitido demostrar la presencia de una mucoproteína, con movilidad electroforética diferente a la hallada en orina de individuos nolitíasicos.

Cuando esta proteína fué suspendida en soluciones que contenían iones calcio, se observó la precipitación de un quelato-mucoproteína-calcio y subsiguientemente formación de un precipitado de fosfato de calcio.

Las observaciones mencionadas permiten considerar la posibilidad que la orina de pacientes litíasicos contuvieran matrices capaces de precipitar compuestos de calcio. Tal propiedad no se comprobó con la mucoproteína aislada de pacientes no litíasicos. Esta proteína de peso molecular  $7 \times 10^6$ , ha sido clasificada como un *uromucoid*, y es el principal producto de la actividad secretora del epitelio urinario. En su composición química participan los carbohidratos en la proporción de un 26 % entre los cuales las hexosas (galactosa y manosa) forman el 9 % y la hexosamina el 8 %. El *uromucoid* es prácticamente insoluble en soluciones cuyo pH sea próximo al de la orina normal. Se degrada en solución buffer a pH 12,3 en fracciones de peso molecular comprendido entre 3.700 y 4.300. Estas fracciones más pequeñas (hidrolizado), se unen a los iones calcio formando compuestos insolubles. Estudios conductimétricos y electroforéticos, indican que estamos en presencia de un quelato insoluble (mucoproteína-calcio).

Se concluye diciendo, que la matriz con poder de calcificación, presente en la orina de pacientes litíasicos, es una forma activada o modificada del *uromucoid* presente en toda orina.

Iones metálicos + mucoproteína activa → metal quelato →  
Intercambio iónico → cristalización → cálculo

Considerable evidencia se ha acumulado para indicar que la matriz orgánica de un cálculo urinario juega una parte activa en la concentración local y precipitación del calcio. Este metal es el principal catión que figura en la estructura cristalina de más del 90 % de concreciones urinarias.

Cuatro corrientes fundamentales en la investigación y esclarecimiento de los temas que nos ocupan, han permitido arribar a las conclusiones que con toda seguridad se expondrán en estas reuniones. Ellos son:

1.— Los trabajos de Meyer (Ztschr, f. klin. Med. 111, 613. 1929) determinando las condiciones que rigen la precipitación de los cristales en la orina.

2.— Los trabajos sobre metabolismo en urolitiasis experimentales en ratas, de Hammarstein.

3.— Las observaciones de Randall sobre formación de cálculos en el riñón humano.

4. — Los estudios cristalográficos de la estructura y composición de 6.000 cálculos urinarios, correlacionados con el estudio clínico de los mismos portadores.

Como resultado de esos estudios parece lógico considerar algún principio físico-químico, que facilitaría la formación de cálculos, con particular énfasis sobre la importancia de los núcleos y los factores básicos de crecimiento del cristal.

Ya que los cálculos urinarios son sustancias cristalinas, es posible estudiarlos con las mismas técnicas usadas en el estudio de los minerales. Estos métodos son: Examen del polvo proveniente de pulverizar un cálculo, con luz polarizada, usando el microscopio petrográfico y estudios fotográfico de los espectros de difracción obtenidos con rayos X.

Usando estos métodos ha sido posible estudiar a fondo la estructura de los cálculos e identificar el material que compone el cristal, en los tejidos de riñón, aún estando en cantidades microscópicas. Si a esto se añade el examen de los cálculos con microscopio polarizador, tenemos un método práctico por la seguridad y rapidez en la identificación de los componentes, incluyendo el núcleo y las sucesivas capas.

La recurrencia a la litiasis está probablemente por encima del 20 % de todos los casos tratados, de ahí que sea indispensable el conocimiento absoluto de la composición química, con el objeto de proyectar medidas preventivas.