

Teorías sobre la formación de las litiasis urinarias

Theories on the formation of urinary stones

Reinel Rodríguez-Pastoriza^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-9539-7984>

Tania González-León² <https://orcid.org/0000-0003-3813-9588>

Maikel Roque-Morgado³ <https://orcid.org/0000-0002-0819-1636>

¹Universidad de Ciencias Médicas. Hospital Provincial General Docente Dr. Antonio Luaces Iraola. Servicio de Urología. Ciego de Ávila, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas. Centro Nacional de Cirugía de Mínimo Acceso. Servicio de Urología. La Habana, Cuba.

³ Universidad de Ciencias Médicas. Departamento de Bioestadística. Ciego de Ávila, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: reinelrp73@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades renales afectan a cientos de millones de personas a nivel mundial y el número de pacientes aquejados por alguna afección renal aumenta cada año. Dentro de estas afecciones, la litiasis urinaria, constituye una de las enfermedades más frecuentes del tracto urinario, en las últimas décadas muestra un incremento en las tasas de incidencia, prevalencia y recurrencia. La litogénesis es el conjunto de procesos fisicoquímicos y biológicos que se producen desde la sobresaturación de la orina hasta la formación de un cálculo urinario.

Objetivo: Describir las teorías o perspectivas teóricas que explican la formación de las litiasis urinarias.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos SciELO, *ClinicalKey*, *RedALyC*, *Scopus*, *PubMed/Medline* y *Cochrane*, mediante el buscador Google Académico, entre los años 2019 y 2024, en idiomas español e inglés. Se emplearon los métodos teóricos analítico-sintético, histórico-lógico, e inductivo-deductivo.

Resultados: Se presentaron las diferentes teorías o perspectivas teóricas sobre la formación de las litiasis urinarias. La teoría de la nucleación de cristales, su aglomeración y crecimiento, así como la

de la inhibición de la cristalización, son las más aceptadas en la génesis de los cálculos urinarios. De acuerdo a la composición química las litiasis cálcicas, de ácido úrico, de estruvita y las de cistina, son las más comunes.

Conclusiones: La comprensión de las diferentes teorías que explican la génesis de los cálculos urinarios y así como el conocimiento de la composición química de estas, es fundamental para un adecuado diagnóstico y tratamiento específico según tipo de litiasis.

DeCS: ENFERMEDADES RENALES; UROLITIASIS/diagnóstico; TERAPÉUTICA; SISTEMA URINARIO; REVISIÓN.

ABSTRACT

Introduction: Kidney diseases affect hundreds of millions of people globally and the number of patients suffering from a kidney condition increases every year. Within these conditions, urinary lithiasis is one of the most frequent diseases of the urinary tract, since in recent decades it has shown an increase in incidence, prevalence and recurrence rates. Lithogenesis is the set of physicochemical and biological processes that occur from the supersaturation of urine to the formation of a urinary stone.

Objective: To describe the theories or theoretical perspectives that explain the formation of urinary stones.

Methods: A bibliographic review was carried out in the SciELO, ClinicalKey, RedALyC, Scopus, PubMed/Medline, and Cochrane databases, using the Google Academic search engine, between the years 2019 and 2024, in Spanish and English languages. The analytical-synthetic, historical-logical, and inductive-deductive theoretical methods were used.

Results: The different theories or theoretical perspectives on the formation of urinary stones are presented. The theory of crystal nucleation, their agglomeration and growth, as well as the inhibition of crystallization, are the most accepted in the genesis of urinary stones. According to the chemical composition, calcium, uric acid, struvite and cystine stones are the most common.

Conclusions: The understanding of the different theories that explain the genesis of urinary stones and the knowledge of their chemical composition are essential for an adequate diagnosis, and specific treatment according to the type of lithiasis.

DeCS: KIDNEY DISEASES; UROLITHIASIS/diagnosis; THERAPEUTICS; URINARY TRACT; REVIEW.

Recibido: 11/11/2024

Aprobado: 05/06/2025

Ronda:1

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades renales afectan a cientos de millones de personas globalmente y el número de pacientes aquejados por alguna afección renal aumenta cada año. Dentro de estas afecciones, la litiasis urinaria, (LU) también conocida como nefrolitiasis, constituye una de las enfermedades más frecuentes del tracto urinario, que mantiene un incremento notable en las últimas décadas, en las tasas de incidencia, prevalencia y recurrencia.

La palabra nefrolitiasis proviene del griego *nefros* que significa riñón y *litos* que significa piedra.^(1,2)

La primera litiasis vesical fue observada en 1901 por Elliot Smith en una tumba prehistórica del antiguo Egipto, mientras que Shattock describió la presencia de un cálculo cerca de la columna vertebral en una momia de la segunda dinastía, lo cual se considera la litiasis renal más antigua que se conoce.

(3)

Esta enfermedad se caracteriza por la aparición de concreciones sólidas formadas a partir de los componentes de la orina, compuestas por cristales inorgánicos solo o con matrices orgánicas incluidas. Se denomina nefrolitiasis a las concreciones o cálculos que se encuentran dentro del riñón y urolitiasis a los que se ubican en cualquier parte del aparato urinario.⁽⁴⁾

El tiempo necesario para la formación de estos cristales, depende, en lo fundamental, de la sobresaturación de la disolución, que es la fuerza impulsora de la cristalización (factor termodinámico), de la presencia de partículas sólidas preexistentes (nucleantes heterogéneos) y de inhibidores de la cristalización (factor cinético). Estos últimos, debido a su estructura química, interaccionan con el núcleo o las caras del cristal, interfiriendo en su formación y desarrollo, por lo que, se afirma que la cristalización depende en gran medida del balance entre los factores termodinámicos y cinéticos.⁽⁴⁾

La litogénesis es el conjunto de procesos fisicoquímicos y biológicos que se producen desde la sobresaturación de la orina hasta la formación de un cálculo urinario. Los mecanismos implicados en el proceso litiásico son múltiples y complejos y no todos ellos están aun plenamente identificados, aunque en las últimas décadas se han producido grandes avances en la comprensión de los factores litógenos.

(5)

La formación de un cálculo renal requiere necesariamente, que la concentración de la sal que contiene el cálculo exceda su solubilidad en la orina, es decir, que se encuentre en estado de supersaturación. La composición química del cálculo influirá no solo en su límite de solubilidad, sino también en el pH y

en las interacciones iónicas, por lo que existen varias teorías o perspectivas teóricas para explicar la formación y desarrollo de los cálculos urinarios.⁽⁶⁾

El objetivo de la revisión es describir las teorías o perspectivas teóricas que explican la formación de las litiasis urinarias.

MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos *SciELO*, *ClinicalKey*, *RedALyC*, *Scopus*, *PubMed*, *Clinical Evidence Cochrane*, mediante el buscador Google Académico, entre los años 2019 y 2024, en idiomas español e inglés, aunque por su importancia se incluyó alguna información esencial que excedió este período de tiempo. Como palabras clave en la búsqueda se utilizaron las siguientes: nefrolitiasis; tracto urinario, orina; hipercalciuria; cristales de estruvita, litogénesis.

Se localizaron 63 artículos en inglés y español, entre ellos revisiones sistemáticas, metaanálisis, guías de prácticas clínicas y artículos originales. Se escogieron 23 entre estudios descriptivos, transversales, longitudinales, así como revisiones narrativas y sistemáticas. Se excluyeron las revisiones sistemáticas de autorreportes y análisis a propósito de un caso.

Se emplearon los métodos teóricos analítico-sintético, histórico-lógico, e inductivo-deductivo.

RESULTADOS

Teoría de la nucleación de cristales

La nucleación de cristales consiste en que, las partículas dispersas en una disolución comienzan a agruparse en forma de nido, constituyendo la primera fase de la cristalización que puede ocurrir de forma homogénea o heterogénea. Si los cristales de una misma especie forman el nido, se considera a la nucleación como homogénea, lo que requiere de un alto grado de supersaturación del mineral en una solución pura que no contenga un número significativo de otras partículas.⁽⁷⁾

Sin embargo, en una solución compleja como es la orina, donde existen gran diversidad de partículas, los cristales de un tipo pueden también arrastrar la precipitación de cristales de diversa naturaleza y desencadenar lo que se denomina como, nucleación heterogénea lo que se ha demostrado al analizar la precipitación de cristales de oxalato de calcio inducida por cristales de urato monosódico o de fosfato de calcio.⁽⁷⁾

Por otro lado, junto con las sales minerales puede ocurrir nucleación de proteínas, polímeros orgánicos o esfcelos celulares, no requiriendo para esto, de altos grados de supersaturación.⁽⁷⁾

Aglomeración y crecimiento de los cristales

Una vez que se ha formado el nido, éste alcanza el tamaño suficiente para alojarse en el tracto urinario, gracias al crecimiento y agregación de cristales e interacciones de éstos con la pared celular.

El mecanismo biológico por el cual los cristales se anclan al urotelio no se ha explicado completamente, aunque existen varias teorías que han intentado explicar este fenómeno. Las teorías más aceptadas son: La teoría de partículas fijas y la de partículas libres.^(6,8)

De acuerdo a la teoría de partículas fijas y según Wang et al.,⁽⁶⁾ las litiasis comienzan como un depósito de fosfato de calcio en el intersticio renal, el cual crece hacia la superficie de la papila renal, donde queda expuesta a la orina de la pelvis renal, lo que establece un núcleo sobre el cual se deposita el oxalato de calcio, formando así un cálculo con núcleo central de fosfato y superficie de oxalato de calcio, lo que se conoce como: Placa de Randall.⁽⁸⁾

Por otra parte, Khan y Canales,⁽⁹⁾ expresan que la teoría de la partícula libre se basa en que, los cristales de fosfato de calcio, ácido úrico o cistina que se forman en los túbulos renales, se mueven con la orina, agregándose y atascándose en la porción terminal de los túbulos colectores, constituyendo lo que se conoce como: Plug de Randall. Una vez allí, a este agregado se le depositan nuevos cristales hasta ocluir el túbulo colector, bloqueándolo y promoviendo el éxtasis urinario y la formación de pequeñas litiasis por detrás de ellos, también puede llegar a sobresalir a la pelvis renal y continuar creciendo hasta ocupar gran parte de esta.

Teoría de la inhibición de la cristalización

En la orina normal existen varios inhibidores que actuando en competencia o en cooperación pueden disminuir la cristalización y la adhesión de células tubulares epiteliales. Estos inhibidores se pueden dividir en tres grandes grupos: Aniones, cationes metálicos y macromoléculas.⁽¹⁰⁾

Dentro de los aniones se encontraron el citrato el cual es capaz de inhibir de manera muy eficiente la cristalización, uniéndose al calcio presente en la orina y formando una sal soluble denominada citrato de calcio con lo cual, además disminuyen las concentraciones de calcio libre disponible en la orina para la formación de litiasis. La mayoría de los pacientes con enfermedad litiásica muestran una disminución en la excreción de citrato por lo que suplementos alcalinos son ampliamente utilizados para tratar la hipocitraturia de los pacientes con enfermedad litiásica recidivante.^(6,10)

Los cationes metálicos como el magnesio son capaces de inhibir el crecimiento y la agregación de los cristales y tienen un efecto sinérgico con el citrato. Durante mucho tiempo se planteó que el magnesio desempeña un papel en la formación litiasis urinarias. Estudios recientes demuestran que este catión puede inhibir cada una de las etapas de la formación de cálculos, como son la sobresaturación, la nucleación del oxalato de calcio, la agregación y crecimiento de los cristales, pero su papel fundamental radica, en la inhibición competitiva de la unión del oxalato de calcio a las células del epitelio renal, impidiendo así la agregación de nuevos cristales. Los suplementos dietéticos de magnesio demostraron un aumento significativo de su excreción urinaria y por consiguiente una disminución en la formación de cálculos.⁽¹¹⁾

La osteopontina, otro inhibidor del crecimiento de los cristales, juega un papel importante en la modulación de la función renal, al regular el proceso de calcificación renal e inhibir la formación de litiasis. Se ha observado en pacientes con urolitiasis, bajos niveles urinarios de esta proteína. Por último, la nefrocalcina, que fue la primera proteína urinaria descrita con propiedades inhibidoras de la formación de cristales, se considera más potente que la uromodulina y la osteopontina y es probable que sea la proteína más importante en la protección de los riñones contra la sobresaturación urinaria, debido a que dentro de sus componentes se encuentra el ácido carboxiglutámico que inhibe el crecimiento, la nucleación y la agregación de cristales.⁽¹²⁾

Al parecer no existe una teoría única para explicar la formación de las litiasis, ya que influyen varios factores a la hora de analizar la génesis de un cálculo, ya sea que tenga lugar de forma intra o extracelular. Los principios de la cristalización deberán siempre tenerse en cuenta, tanto en lo que respecta a los elementos que favorecen a la cristalización, como los que la impiden. Así también factores secundarios como anomalías anatómicas, infección o drogas poco solubles pueden conducir per se a la formación de cálculos. La patogenia de la litiasis renal es multifactorial e involucra alteraciones en mecanismos fisicoquímicos y biológicos que regulan la solubilidad de la orina.⁽¹¹⁾

Composición química de las litiasis

Existen cuatro tipos de litiasis urinarias: Las que están formadas en lo fundamental por calcio (oxalato de calcio o fosfato de calcio); las que están formadas por ácido úrico, las de estruvita (fosfato amónico de magnesio) y las de cistina. Es habitual que, al analizar la composición química de la litiasis, aparezca más de un elemento químico, la gran cantidad de factores que influyen en su formación.^(13,14)

Litiasis cálcicas

Las litiasis cálcicas son las más frecuentes en la mayoría de los pacientes a nivel mundial, representan del 75 al 80 % de los casos.⁽⁴⁾

La hipercalciuria (calcio en proporción superior a 4 mg/kg/día) se considera como la principal causa de las litiasis cálcicas. Existen varios mecanismos que la justifican, como es el aumento de la absorción intestinal de calcio (absortiva), por aumento de la reabsorción ósea (resortiva) o por aumento de las pérdidas renales de calcio (renal).⁽¹⁵⁾

La hipercalciuria absortiva consiste en el aumento de la absorción del calcio intestinal procedente de la dieta, puede ser primaria o relacionarse con hipervitaminosis D como es el caso de la beriliosis, hipotiroidismo o sarcoidosis. Por otro lado, la resortiva suele asociarse a hipercalcemia, siendo el hiperparatiroidismo primario una de sus principales causas. La hipercalciuria renal es causada por la disminución de la absorción renal de calcio como ocurre en el hipoparatiroidismo, altos niveles de corticoides en sangre, acidosis tubular renal, enfermedad de Wilson, uso de diuréticos, entre otros.⁽¹⁵⁾

Dentro de las litiasis cálcicas, las compuestas por oxalato de calcio son las más frecuentes, existe en forma de monohidrato o dihidrato, los cristales de oxalato de calcio monohidrato son delgados, aplanados y se distribuyen dentro de la litiasis en forma radiada, por el contrario, los cristales de oxalato de calcio dihidrato tienen forma bipiramidal tetragonal; generalmente en una litiasis están presentes las dos formas de oxalato de calcio otorgándole una compleja estructura.⁽¹⁶⁾

El fosfato de calcio le sigue en orden de frecuencia, el cual es una mezcla de calcio y fosfato o pueden estar constituidas por otra forma de fosfato de calcio conocida como brushita, ambas formas son muy difíciles de tratar debido a las fuertes uniones entre sus iones que le dan gran dureza.⁽¹⁶⁾

Litiasis de ácido úrico

Según Martínez et al.,⁽¹⁾ los cálculos de ácido úrico representan alrededor el 10 % de todas las litiasis renales, los altos niveles de ácido úrico en orina y bajos niveles de pH urinario pudieran ser los dos factores que favorecen al desarrollo de este tipo de litiasis, ya que promueven la conversión de la sal de urato, relativamente soluble, en ácido úrico insoluble. Estos dos factores también podrían explicar la relación entre este tipo de litiasis y otras enfermedades, donde se producen altos niveles de ácido úrico como es el caso de la policitemia vera y en los bajos niveles de pH urinario asociados a bajos volúmenes de diuresis como en los pacientes con diarreas crónicas o en la gota donde se incrementa el riesgo de padecer cálculos urinarios tanto de ácido úrico como oxalato de calcio.

La hiperuricosuria se define como la elevación del ácido úrico urinario por encima de 800mg/día en hombres y 750 mg/día en mujeres y se ha comprobado que los pacientes portadores de cálculos de ácido úrico, se asocian también a un incremento del riesgo de padecer litiasis de oxalato de calcio, lo cual se puede explicar por los siguientes mecanismos:⁽¹⁸⁾

- Precipitación de oxalato de calcio sobre cristales de urato mediante nucleación heterogénea.
- Eliminación de inhibidores de la cristalización de oxalato de calcio mediante partículas coloidales de urato.
- Aumento de la concentración de urato disminuye de manera significativa la solubilidad del oxalato de calcio.

La hiperuricosuria también aparece en pacientes con un exceso en la ingestión de alimentos ricos en purinas, como las carnes rojas y los mariscos, o en pacientes con un aumento en la producción de ácido úrico endógeno, por ejemplo, en la gota o en el incremento del catabolismo de las purinas como en algunos trastornos mieloproliferativos o en los pacientes que reciben quimioterapia.⁽¹⁷⁾

Las litiasis de ácido úrico son compactas, en forma de pequeñas piedras, con un centro agregado formados por cristales de ácido úrico anhidro rodeados por columnas de cristales de ácido úrico anhidro pero organizado en forma de láminas, lo que les da la característica de ser mucho más compactos y duros en la capa exterior y en el centro del cálculo es mucho más friable.⁽¹⁸⁾

Litiasis de estruvita

El tercer componente más común, es el fosfato amonio y magnesio, también conocido como estruvita que representa del 7 al 8 % de todas las litiasis.⁽¹⁹⁾

En la orina normal no hay altos niveles de estos componentes y la formación de este tipo de litiasis solo ocurre cuando aumenta la producción de amoníaco y se eleva el pH urinario, lo que disminuye la solubilidad del fosfato. Esta situación solo aparece cuando hay una infección del tracto urinario con bacterias que desdoblan la urea, como son: el *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae* y las especies de *Corynebacterium* o *Ureaplasma urealyticum*, por lo que son conocidos como cálculos infecciosos. El resultado es una orina muy alcalina que no se puede lograr en condiciones fisiológicas normales. El alto nivel de alcalinidad urinaria promueve la sobresaturación de fosfato amónico magnésico y fosfato cálcico.^(19,20)

Estas litiasis, por lo general, crecen muy rápido en períodos de semanas o meses y de no tratarse de manera correcta pueden llegar a convertirse en litiasis coraliforme, que ocupan total o parcial el sistema colector renal causando deterioro de la función renal, además al estar asociados a procesos sépticos, pues estos cálculos suelen estar infectados con un mayor riesgo de producir sepsis generalizadas, por lo que se debe realizar cultivo del cálculo o si esto no es posible realizar urocultivos directamente del riñón previo o durante la cirugía para identificar el tipo de germen.⁽¹⁹⁾

Los cálculos de estruvita son grandes congregaciones cuyo centro está compuesto por cristales de estruvita adheridos entre sí y rodeados de cristales de carbonato de apatita con una mezcla de detritos celulares que pueden contener bacterias en su interior, las mujeres presentan con mayor frecuencia este tipo de litiasis, debido a que sufren infecciones del tracto urinario con mayor frecuencia que los hombres.⁽²¹⁾

Estas litiasis eran asociadas en décadas anteriores con altas tasas insuficiencia renal y mortalidad, pero hoy en día, las técnicas quirúrgicas de mínimo acceso y el uso adecuado de los antibióticos han mejorado su pronóstico.⁽²²⁾

Litiasis de cistina

Los cálculos de cistina ocupan el cuarto lugar en orden de frecuencia, son realmente raros, representan alrededor del 1-2 % de los cálculos en los adultos, pero del 5-8 % en los pacientes pediátricos. Son el resultado de mutaciones que inactivan los genes que codifican los transportadores tubulares renales que reabsorben el aminoácido cisteína. La unión de dos moléculas de cisteína da como resultado la formación de la cistina la cual es de manera relativa insoluble. La cistina normal está presente en la orina en pequeñas cantidades, insuficientes para provocar sobresaturación, cristaluria o formación de cálculos.⁽²³⁾

Debido a este trastorno genético los pacientes con cistinuria tiene un aumento de más de 10 veces en la excreción de cistina en la orina, así como el aumento de la excreción de otros aminoácidos

dibásicos como la lisina, ornitina y arginina. En el pH normal de la orina la cistina es insoluble, por lo que no se necesitan variaciones del pH urinario para favorecer su aparición, ya que se forman tanto en el riñón como en la vejiga, tienen forma compacta de color ámbar con una composición de estructuras cristalinas hexagonales. Se caracterizan por ser litiasis grandes y que se aprecian muy fácilmente en los rayos X debido a la cantidad de azufre que contiene la cistina.⁽¹⁷⁾

La mayoría de los pacientes formadores de litiasis de cistina producirán cálculos de cistina pura, sin embargo, alrededor de un 40 % pueden desarrollar cálculos mixtos (nucleación heterogénea) compuestos además por oxalato de calcio, fosfato de calcio o estruvita. En comparación con los pacientes formadores de litiasis cálcicas, los enfermos con urolitiasis de cistina tienden a formar cálculos más grandes requiriendo mayor cantidad de procedimientos urológicos debido a que forman cálculos con más frecuencia y comienzan desde una edad más temprana, también se enfrentan a un mayor riesgo de daño renal e insuficiencia renal crónica en comparación con los pacientes con nefrolitiasis cálcicas.⁽²³⁾

CONCLUSIONES

La comprensión de las diferentes teorías que explican la génesis de los cálculos urinarios y así como el conocimiento de su composición química es fundamental para el adecuado diagnóstico y tratamiento específico según tipo de litiasis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez-López JM, Sierra-del Río A, Gálvez- Luque MP. Tratamiento farmacológico de la litiasis renal. Arch Esp Urol [Internet]. 2021 [citado 3 May 2024];74(1):63-70. Disponible en: <https://www.aeurologia.com/EN/Y2021/V74/I1/63>
2. Stamatelou K, Goldfar DS. Epidemiology of Kidney Stones. Healthcare [Internet]. 2023[citado 23 May 2024];11:424. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9914194/pdf/healthcare-1100424.pdf>
3. Gonzalo-Rodríguez V, Pérez- Albacete M, Pérez-Castro Ellen TE. El mal de la piedra. Arch Esp Urol [Internet]. 2009 [citado 23 May 2024]; 62(8): 623-629. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/urol/v62n8/03.pdf>
4. Brito V, Rojas de Gas B, Mago JM, Velásquez W, Lezama J. Cálculos Urinarios: Importancia de los métodos de identificación química en la litogénesis, constitución y clasificación. Acta Microscópica [Internet]. 2022 [citado 23 May 2024];31(1):39-47. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/profile/Blanca-Gascue/>

[publica-](#)

[tion/360461308_Calculos_Urinarios_Importancia_de_los_metodos_de_identificacion_quimica_en_la_litogenesis_constitucion_y_clasificacion/links/627863f02f9ccf58eb38aa43/Calculos-Urinarios-Importancia-de-los-metodos-de-identificacion-quimica-en-la-litogenesis-constitucion-y-clasificacion.pdf](#)

5. Herrera-Muñoz AA, Morelli-Martínez IE, Álvarez-Cedeño NA, Ruiz-Salgado ED, Jiménez-Salazar R, Salazar-Cedeño V; et al. Nefrolitiasis: Una revisión actualizada. Rev Clín Escuela Med UCR-HSJD [Internet]. 2020 [citado 23 May 2024];10(3):11-18. Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcliescmed/ucr-2020/ucr203b.pdf>

6. Wang Z, Zhang Y, Zhang J, Deng Q, Liang H. Recent advances on the mechanisms of kidney stone formation (Review). Internat J Molecular Med [Internet]. 2021 [citado 14 May 2024]; 48:149. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8208620/pdf/ijmm-48-02-04982.pdf>

7. Grasas F, Costa-Bauza A. Diagnóstico de la litiasis renal a través del cálculo. Estudio morfocomposicional. Arch Esp Urol [Internet]. 2021 [citado 23 May 2024];74(1):35-48. Disponible en:

<https://www.aeurologia.com/EN/Y2021/V74/I1/35>

8. Letavernier E, Vandermeersch S, Traxer O, Tligui M, Baud L, Ronco P; et al. Demographics and Characterization of 10,282 Randall Plaque-Related Kidney Stones A New Epidemic. Med [Internet]. 2015 [citado 23 May 2024]; 94(10): e566. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4602465/pdf/medi-94-e566.pdf>

9. Khan SR, Canales BK. A Unified Theory on the Pathogenesis of Randall's Plaques and Plugs. Urolithiasis [Internet]. 2015 [citado 23 May 2024]; 43(01): 109–123. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4373525/pdf/nihms673112.pdf>

10. Sandí-Ovares N, Salazar-Campos N, Mejía-Arens C. Nefrolitiasis: evaluación metabólica. Rev Ciencia Salud [Internet]. 2021 [citado 23 May 2024]; 5(1): 69-79. Disponible en:

<https://revistacienciaysalud.ac.cr/ojs/index.php/cienciaysalud/article/view/262/345>

11. Shringi S, Raker Ch, Tang J. Dietary Magnesium Intake and Kidney Stone: The National Health and Nutrition Examination Survey 2011–2018:FR-PO832. J Am Soc Nephrol [Internet]. 2023 [citado 23 May 2024];34(11S): 635-636. Disponible en:

<http://rimed.org/rimedicaljournal/2023/12/2023-12-20-kidney-stone-shringi.pdf>

12. Luis-Negri A, Spivacow FR. Kidney stone matrix proteins: Role in stone formation. World J Nephrol [Internet]. 2023 [citado 23 May 2024]; 12(2):21-28. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10075018/pdf/WJN-12-21.pdf>

13. Bargagli M, Moochhala S, Robertson WG, Gambaro G, Lombardi G, Unwin RJ; et al. Urinary

<http://revistaamc.sld.cu/>

- metabolic profile and stone composition in kidney stone formers with and without heart disease. *J Nephrol* [Internet]. 2022 [citado 15 May 2024]; 35:851–857. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8995244/pdf/40620_2021_Article_1096.pdf
14. Rojas-Salazar YL, Gómez-Montañez E. Litiasis renal: una entidad cada vez más común. *Expresiones Médicas* [Internet]. 2021 [citado 15 May 2024]; 9(1): 30-36. Disponible en: <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/expemed/article/view/4556/5042>
15. Ware EB, Smith JA, Zhao W, Ganesvoort RT, Curhan GC, Pollak M; et al. Genome-wide Association Study of 24-Hour Urinary Excretion of Calcium, Magnesium, and Uric Acid. *Mayo Clin Proc Inn Qual Out* [Internet]. 2019 [citado 15 May 2024];3(4):448-460. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6978610/pdf/main.pdf>
16. Williams JM, Al-Awadi H, Muthenini M, Bledsoe SB, El-Achkar T, Evan AP; et al. Stone Morphology Distinguishes Two Pathways of Idiopathic Calcium Oxalate Stone Pathogenesis. *J Endourol* [Internet]. 2022 [citado 15 May 2024]; 36(5): 694–702. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9145590/pdf/end.2021.0685.pdf>
17. Song L, Maalouf NM. Nephrolithiasis. [Actualizado 2020 Mar 9]. En: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, et al., editores. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc. 2000-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279069/>
18. Adomako E, Moe OW. Uric acid and Urate in Urolithiasis: The Innocent Bystander, Instigator, and Perpetrator. *Semin Nephrol* [Internet]. 2020 [citado 15 May 2024]; 40(6): 564–573. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8127876/pdf/nihms-1671473.pdf>
19. Karki N, Leslie SW. Struvite and Triple Phosphate Renal Calculi. [Updated 2023 May 30]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568783/>
20. Torricelli F, Monga M. Staghorn renal stones: what the urologist needs to know. *IBJU* [Internet]. 2020 [citado 15 May 2024];46(6): 927-933. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7527092/pdf/1677-6119-ibju-46-06-0927.pdf>
21. Alsawi M, Amer T, Mariappan M, Nalagatla S, Ramsay A, Aboumarzouk O. Conservative management of staghorn stones. *Ann R CollSurgEngl* [Internet]. 2020 [citado 15 May 2024];102: 243–247. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7099166/pdf/rcsann.2019.0176.pdf>
22. Terry RS, Preminger GM. Metabolic evaluation and medical management of staghorn calculi. *Asian J Urol* [Internet]. 2020 [citado 15 May 2024];7,122-129. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7096691/pdf/main.pdf>
23. Leslie SW, Sajjad H, Nazzal L. Cystinuria. [Updated 2023 May 30]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Disponible en:

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Reinel Rodríguez-Pastoriza (Conceptualización. Curación de datos. Análisis formal. Investigación. Metodología. Administración de proyecto. Validación. Visualización. Redacción-borrador original).

Tania González-León (Conceptualización. Análisis formal. Metodología. Administración de proyecto. Supervisión. Validación. Redacción-revisión y edición).

Maikel Roque-Morgado (Curación de datos. Análisis formal. Investigación. Metodología. Software. Supervisión. Validación. Visualización).