

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey



Imagenología diagnóstica y terapéutica

Protocolo: ID (lo asignan comisiones o SSA)

Titulado:

**“Caracterización de litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector
espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua”**

Investigador principal: Dr. Raúl Serna Parra.

Director de tesis: Dr. José Arturo Ávila Armendáriz.

Asesores: Dr. José Luis Jasso, Dr. Jesús Alberto Beltrán Marín.

LISTA DE ABREVIATURAS

TC: Tomografía computarizada

UrotTAC: Tomografía computarizada urológica

kVp: pico de kilovoltaje

UH: Unidades Hounsfield

DECT: tomografía computarizada de doble energía

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

LEOC: litotricia extracorpórea por ondas de choque

NLPC: nefrolitotomía percutánea

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I Introducción	2
II Antecedentes	3
III Planteamiento del problema	7
IV Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	7
V Hipótesis	7
Hipótesis nula:	7
Hipótesis alterna:	8
VI Justificación	8
VII Alcance del estudio	8
II. MARCO TEÓRICO	10
Urolitiasis	10
Epidemiología	10
Factores de riesgo	11
Diagnóstico	11
Tratamiento	14
III. METODOLOGÍA	18
I Población	18
II Criterios de inclusión	18
III Criterios de exclusión	18
IV. Criterios de eliminación	19
V. Metodología de la investigación	19
VI. Variables	20
VII. Técnicas de análisis de resultados	21
VIII. Materiales.	21
IX. Aspectos éticos	22
Cumplimiento con las leyes y regulaciones	22
Apego a las normas éticas:	23
Contribuciones y beneficio a los participantes:	24
Balance riesgo/beneficio:	24
Comunicación de resultados:	24
Comité de ética	24
IV. RESULTADOS	25
V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
VI. CONCLUSIÓN	31

VII. REFERENCIAS	32
VIII. ANEXOS.	38
Hoja de recolección de datos	39

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del equipo y rutina de uroTAC espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua.....	22
Tabla 2. Caracterización demográfica de la población.....	26
Tabla 3. Caracterización de los litos urinarios.....	27

INDICE DE FIGURAS

Gráfico 1 . Datos de compromiso urodinámico observados en tomografía. Elaboración propia a partir de base de datos 2023.....	26
Gráfico 2. Relación entre el tipo de supresión espectral y morfología del lito. Elaboración propia a partir de base de datos 2023.....	28
Gráfico 3. Distribución de los litos renales de acuerdo a su localización en el sistema urinario.....	28

RESUMEN

Título	“Caracterización de litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua”
Tipo de estudio	Transversal, retrospectivo y descriptivo
Clasificación del estudio Según el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Artículo N° 17	Investigación sin riesgo. Se recolectó información sociodemográfica, clínica, así como información de los hallazgos tomográficos de los estudios efectuados a los pacientes. No se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio. La tomografía espectral es parte del protocolo diagnóstico/terapéutico habitual en los pacientes e indicada por el médico tratante del paciente, la participación en esta investigación únicamente permite que los investigadores puedan recolectar la información.
Objetivo Principal	Determinar el componente principal de litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua
Objetivos secundarios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el perfil sociodemográfico de los pacientes con litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral. 2. Caracterizar las comorbilidades litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral. 3. Determinar si existe relación entre el componente del lito y las unidades Hounsfield. 4. Determinar si existe asociación de factores demográficos con el tipo de lito encontrado.
Pregunta de Investigación	¿Cuál es el elemento principal por el cual están compuestos los litos urinarios evaluados mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua?
Grupo a investigar	Pacientes sometidos a tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua en el periodo de enero a junio de 2023
“N”	No probabilística por conveniencia, se incluirán todos los casos comprendidos en el período de enero a junio de 2023
Duración aproximada del estudio	6 meses.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I Introducción

Durante la última década, los avances tecnológicos han mejorado y ampliado notablemente la gama de aplicaciones clínicas de la tomografía computarizada (TC), lo que ha permitido mejorar la atención al paciente. Los equipos de TC espectral de última generación han mejorado cada etapa de la cadena de la adquisición de imágenes, desde el tubo hasta el detector, con una innovadora tecnología, integrada con nuevas herramientas de gestión de dosis e informes. Los nuevos algoritmos de reconstrucción que posee brindan más oportunidades para administrar la menor dosis de radiación y mejorar la calidad de la imagen, con lo cual se puede dar información más precisa y útil clínicamente.

La urolitiasis es una patología frecuente en México, particularmente en Chihuahua, resultado importante instaurar la terapéutica adecuada (médica o quirúrgica) de forma oportuna, ya que de no ser tratada adecuada y tempranamente puede conducir a infecciones de vías urinarias de repetición, hematuria y enfermedad renal crónica, y en la otra mano, tampoco deben efectuarse procedimientos quirúrgicos de alto riesgo en pacientes que bien pueden ser manejados médicamente o por litotripsia.

Ante este escenario resalta la importancia de la uroTAC que es el estándar de oro para el diagnóstico y decisión terapéutica de la urolitiasis, sin embargo, dado el riesgo de exposición a radiación, en muchas ocasiones no se efectúa este procedimiento y se guía la terapéutica solamente acorde a la clínica o resultados de ultrasonido; sin embargo, actualmente la TC espectral permite la ejecución de uroTAC con una mínima fracción de la radiación habitual en las TC.

II Antecedentes

La litiasis urinaria, una afección bien investigada con implicaciones significativas para la función renal, ha sido objeto de amplio estudio. Esto se debe a su potencial impacto en la función renal, lo que ha motivado una cantidad considerable de protocolos de investigación.

Cuando se trata de modalidades de imagen, se ha señalado que la tomografía computarizada simple se considera la herramienta de diagnóstico óptima para detectar cálculos radiolúcidos debido a su alta sensibilidad y especificidad. Esta fue un área de enfoque a partir de la década de 1980, y la atención posterior se dirigió hacia la importancia de las Unidades Hounsfield (UH) para guiar el tratamiento a corto y largo plazo. Sin embargo, surgieron desafíos en la observación de un solapamiento entre los valores y la composición real de la litiasis, lo que llevó a complejidades en la determinación precisa de la composición de la piedra.(1,2)

Para reducir tanto la incidencia como la recurrencia de la nefrolitiasis, es esencial una comprensión más profunda de la fisiopatología de los cálculos renales. Como tal, un análisis de la composición mineral de los cálculos renales proporciona información vital sobre las causas subyacentes de la formación de cálculos, facilitando así el manejo adecuado del paciente. En consecuencia, una técnica precisa in vivo para determinar la composición de la piedra puede permitir intervenciones tempranas y más efectivas, limitando finalmente la recurrencia de la piedra. (3)

La tomografía computarizada de doble energía de fuente única es una técnica de imagen especializada que utiliza un solo escáner TC para capturar imágenes en dos niveles de energía diferentes. La adquisición de tales imágenes es posible gracias a un generador capaz de cambiar de manera rápida entre objetivos de 80 y 140 kVp (pico de kilovoltaje) en menos de 0.5 milisegundos. Los datos de baja y alta energía se alinean en el espacio de proyección, permitiendo

así que los datos de atenuación convencionales se transformen en diferentes espectros de energía.

(4)

Esto implica la medición de la atenuación de rayos X en dos espectros diferentes, bajo kVp y alto kVp, que luego se transforman matemáticamente en mediciones de atenuación como densidad de dos materiales. Este proceso, conocido como descomposición de materiales o separación de materiales, mejora las capacidades de caracterización de tejidos. Esto permite la diferenciación de los materiales en función de su número atómico y densidad, ofreciendo así información detallada sobre la composición de los objetos imaginados. (4,5)

Además, la representación de imágenes monocromáticas minimiza los artefactos de endurecimiento del haz de rayos x, permitiendo mediciones de tejido más consistentes en exámenes y pacientes. En un estudio realizado por Kulkarni et al en febrero de 2013, la evaluación de 20 litos con composición conocida reveló que la tomografía computarizada de doble energía de fuente única puede predecir con precisión la composición de los cálculos urinarios, distinguiendo específicamente entre cálculos de ácido úrico y no ácido úrico, tanto en ambientes de laboratorio como en organismos vivos. (5)

En abril de 2013, Jepperson et al. realizó un estudio para evaluar la presencia de cálculos urinarios, con un enfoque particular en la necesidad de precisión en la interpretación de imágenes. Esto se debe a que la tomografía computarizada de doble energía (DECT) ofrece la capacidad única de identificar la composición de los cálculos urinarios, distinguiendo entre cálculos de ácido úrico y ácido no úrico. De esta manera, se anticipa que la DECT suplantará la TC tradicional de energía única como modalidad de imagen estándar para cálculos urinarios, dada su capacidad para caracterizar con precisión la composición de los litos urinarios. Sin embargo, es importante señalar que existen posibles factores de contraste que pueden conducir a un diagnóstico erróneo,

como lo demuestran los escenarios clínicos de la vida real derivados de una amplia experiencia con una población diversa in vivo. (6)

Morscbach et al (2014) han analizado la viabilidad y precisión de la tomografía de energía dual de fuente única para la caracterización de cálculos urinarios, en la que afirman que las técnicas de reconstrucción iterativa juegan un papel fundamental en la reducción de ruido y mejora de la calidad de imagen, contribuyendo así significativamente a la eficacia de la modalidad de imagen. (7)

Ahmed, M., (2019) realizó un estudio de investigación en Sudán titulado “Investigación de cálculos del sistema urinario en la población de Sudán mediante tomografía computarizada de 2018 a 2019”. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la composición química de los cálculos renales en la población sudanesa mediante la utilización de tomografía computarizada. Esta investigación fue de carácter descriptivo y abarcó un tamaño de muestra de 100 pacientes. Los hallazgos del estudio revelaron que la composición química predominante de los cálculos fue el ácido oxálico (0%), seguido de la cistina (26%), luego la estruvita (14%) y finalmente el calcio (60%). Los resultados de este estudio arrojan luz sobre la composición química prevalente de los cálculos renales en la población sudanesa y pueden servir de base para futuras investigaciones en este campo. (8)

En México se han realizado algunos estudios sobre epidemiología y caracterización de la litiasis urinaria, sin embargo no se encontraron estudios similares al que se presenta.

Se realizó un estudio retrospectivo en el Hospital General de México durante un periodo de dos años, de enero de 2008 a enero de 2010, enfocándose en 116 pacientes que habían sido sometidos a tomografía computarizada en el Servicio de Radiología y fueron diagnosticados de hematuria. El estudio reveló que la mayoría de los pacientes (77.5%) presentaban alguna forma

de afección urinaria, siendo la litiasis renal la más prevalente con 17.2%, seguida de pacientes sin enfermedad específica con 15.2%, neoplasia renal 14.7% y tumor vesical con 9.5%. (9)

Hace menos de 15 años la doctora Julieta Rodríguez condujo un estudio de caracterización de la urolitiasis por medio de tomografía en el hospital Español de ciudad de México, entre sus conclusiones afirma que “la tomografía simple podría reemplazar a la Urografía Excretora y al ultrasonido, como el método de elección en la evaluación inicial de los pacientes con sospecha de cólico renoureteral”. (10)

Por su parte, en el año 2020, el Dr. Alfonso Martínez demostró mediante su estudio realizado en un hospital de Michoacán México demostró que con el uso de un tomógrafo multicorte de 32 detectores se puede hacer una adecuada caracterización de los litos urinarios, así como una adecuada predicción de su posible composición bioquímica midiendo su densidad, ya que se obtuvo una correlación elevada y estadísticamente significativa al compararlo con el resultado de la composición bioquímica por laboratorio. (11)

III Planteamiento del problema

¿Cuál es el elemento principal por el cual están compuestos los litos urinarios evaluados mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua?

IV Objetivos

Objetivo General

Determinar el componente principal de litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua

Objetivos específicos

- Identificar el perfil sociodemográfico de los pacientes con litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral.
- Caracterizar las comorbilidades litos urinarios evaluada mediante tomografía con detector espectral.
- Determinar si existe relación entre el componente del lito y las unidades Hounsfield.
- Determinar si existe asociación de factores demográficos con el tipo de lito encontrado.

V Hipótesis

Hipótesis nula:

El calcio es el elemento principal que compone los litos urinarios evaluados mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua.

Hipótesis alterna:

El ácido úrico es el elemento principal que compone los litos urinarios evaluados mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua.

VI Justificación

La urolitiasis es un problema con alta morbilidad y prevalencia a nivel mundial. Se ha descrito

que el conocimiento de la composición química de los litos al momento de realizar el diagnóstico, guía la terapéutica; los litos cuyo componente es el ácido úrico pueden tratarse médicamente (mediante alcalinización urinaria), y los diferentes subtipos de cálculos de calcio tienen diferentes niveles de dureza, lo que los hace más o menos susceptibles a ciertos tipos de procedimientos quirúrgicos.

La asociación europea de urología en su más reciente actualización de las guías clínicas marca como recomendación fuerte “realizar un análisis de cálculos en formadores de primera vez utilizando un procedimiento válido (difracción de rayos X o espectroscopia infrarroja). (12)

El establecer en la práctica clínica, la caracterización de litos urinarios por medio del tomógrafo espectral con el que se cuenta en nuestra unidad, permitirá al médico realizar un diagnóstico temprano desde la tomografía inicial, sin necesidad de analizar por medio de espectroscopía o esperar a la obtención del lito para iniciar con el abordaje terapéutico médico.

VII Alcance del estudio

El presente estudio es el primero en su índole en realizarse en el norte del país, ya que el equipo de tomografía con energía dual es algo novedoso que se adquirió recientemente en el Hospital Ángeles Chihuahua. El tener evidencia local de la caracterización de la litiasis urinaria permitirá difundir ventajas de la utilización de la técnica de doble energía para la determinación de la composición de los litos y conducir de manera más efectiva el algoritmo diagnóstico y terapéutico de los pacientes. Además servirá de base para la realización de futuras investigaciones en el área.

II. MARCO TEÓRICO

Urolitiasis

La urolitiasis, también conocida como litiasis urinaria, se refiere al proceso de acumulación de cristales en la orina, que comúnmente consiste en oxalato de calcio. La presencia de estos cálculos en el tracto urinario es responsable del cólico renal, el cual representa la manifestación sintomática más prevalente de la urolitiasis. (13)

Epidemiología

En México se ha realizado un número limitado de investigaciones epidemiológicas sobre litiasis urinaria. Una encuesta nacional realizada en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) documentó una prevalencia promedio de litiasis urinaria de 2.4 casos por 10,000 habitantes. (13) Además, reveló que Yucatán tiene la frecuencia más alta, con 5.8 casos por cada 10 mil habitantes. Otro estudio realizado entre la población general de Yucatán reportó una prevalencia de 550 casos por cada 10 mil habitantes. (13,14) De igual manera, la prevalencia de litiasis urinaria en Chihuahua es similar a la prevalencia nacional, situándose en 2.2 casos por cada 10 mil habitantes. (14)

La prevalencia de este padecimiento es notablemente mayor en hombres respecto a mujeres, con una tasa de 4.3 casos por cada 10 mil habitantes en hombres y 0.9 casos por 10 mil habitantes en mujeres. Además, la prevalencia aumenta con la edad, particularmente entre los individuos mayores de 50 años. (14)

Factores de riesgo

Los cálculos renales, que son concreciones minerales en los cálices renales y la pelvis, pueden estar libres o adheridos a las papilas renales. A nivel mundial, aproximadamente el 80% de los cálculos renales están compuestos por oxalato de calcio en combinación con fosfato de calcio. La formación de estos cálculos se atribuye a una interacción anormal de factores que influyen en la fuerza de conducción termodinámica (supersaturación) y la cinética. Una vez que se forma un cristal dentro de los riñones, su exposición a la orina fomenta su crecimiento a través de la incrustación.(13,14)

El riesgo de nefrolitiasis está influenciado por la composición de la orina, la cual puede verse afectada por ciertas enfermedades y los hábitos de los pacientes. Los factores más significativos incluyen obesidad, diabetes, hipertensión, gota, una dieta baja en líquidos, una dieta rica en proteínas animales, una dieta rica en sal, consumo excesivo de alcohol, consumo excesivo de cafeína y antecedentes familiares de urolitiasis. La orina con un nivel de pH ácido ($\text{pH} < 5.5$) favorece la precipitación de ácido úrico y la formación de cálculos de ácido úrico. Por otro lado, los cálculos de estruvita solo se desarrollan en pacientes con una infección del tracto urinario superior causada por un organismo productor de ureasas como *Proteus* o *Klebsiella*. (13-16).

Diagnóstico

La manifestación clásica de litiasis renal que resulta en obstrucción se presenta típicamente con un inicio abrupto de dolor intenso y severo en la región del flanco, que a menudo se extiende a la parte inferior del abdomen, la ingle o los genitales, y frecuentemente se acompaña de síntomas como náuseas, vómitos y una necesidad imperiosa de orinar con disminución de la producción de

orina. Esta constelación de síntomas se observa comúnmente en casos que involucran cálculos ureterales distales. (13-19)

La ubicación precisa de la obstrucción dicta el sitio específico del dolor. La obstrucción en la región pélvica renal o ureteral superior da lugar a dolor de flanco, mientras que la obstrucción en la región ureteral inferior provoca dolor que puede irradiar al testículo en el mismo lado. Además, la ubicación del dolor puede cambiar a medida que la litiasis avanza a través del uréter. (16,19)

Con frecuencia se encuentran síntomas concomitantes como urgencia de orinar, dolor al orinar, aumento de la frecuencia de micción y molestias en la abertura uretral, que se asemejan a los de una infección del tracto urinario inferior. (13,16,19)

Numerosas afecciones pueden imitar el cólico renoureteral, pero una revisión exhaustiva de la historia clínica del paciente, un examen físico integral y las pruebas diagnósticas adecuadas suelen ser suficientes para un diagnóstico preciso.(12-15)

El diagnóstico diferencial debe abarcar diversas afecciones, incluyendo pielonefritis, la cual se caracteriza por la presencia de fiebre y síntomas urinarios típicos de cistitis, así como coágulos intraluminales, neoplasias, torsión testicular, torsión ovárica, embarazo ectópico, salpingitis, apendicitis, obstrucción intestinal, diverticulitis, pancreatitis, infarto renal, disección aórtica y hemorragia retroperitoneal por rotura de aneurisma aórtico o tumor renal. (13-15)

La evaluación estándar de un paciente debe implicar una recopilación integral de la historia clínica del paciente y un minucioso examen físico. El diagnóstico clínico debe ser fundamentado por las modalidades de imagen adecuadas. (12-13)

La ecografía se considera la modalidad diagnóstica primaria, aunque es importante no retrasar el alivio del dolor u otras intervenciones urgentes en aras de la evaluación imagenológica. Adicionalmente, la urografía excretora puede utilizarse para diferenciar entre cálculos radiolúcidos y radiopacos y debe emplearse con fines comparativos durante el seguimiento, especialmente si se está considerando la tomografía axial computarizada simple. (12, 16-18)

En los casos en que se planifica la extracción del cálculo y se necesite evaluar la anatomía del sistema de recolección urinaria, se debe realizar un estudio de imagen con contraste. (18-20)

Con la introducción del DECT en 2006 se ha mejorado significativamente la precisión y eficiencia de la tomografía computarizada, abriendo nuevas posibilidades para el diagnóstico médico y la planificación del tratamiento. La capacidad de controlar tanto el potencial como la corriente del tubo de rayos X individualmente ha revolucionado el campo de la tomografía computarizada, permitiendo una visualización más precisa y detallada de las estructuras anatómicas y condiciones patológicas. Además, los análisis de descomposición de materiales realizados en el dominio de la imagen han mejorado la capacidad de los escáneres TC para diferenciar entre diferentes tipos de tejidos y materiales, mejorando así el potencial diagnóstico de esta modalidad de imagen. (1-3, 21-24)

El uso de TC de energía única tiene el potencial de proporcionar información valiosa respecto a la densidad del cálculo, como lo demuestra una precisión de predicción in vitro de 64-81% (39). Sin embargo, es importante señalar que la diferenciación entre diferentes tipos de cálculos puede no ser del todo confiable debido a varios factores influyentes. Estos factores incluyen el tamaño y ubicación precisa de la región de interés, lo que puede introducir efectos de volumen parcial. Esta complejidad se agrava aún más cuando se trata de cálculos mixtos, que representan 35-65% de todos los litos (35-65%). (25-29)

Por el contrario, la TC de energía dual ofrece una evaluación más precisa al abordar las limitaciones de las mediciones de UH. Esto se logra a través de la adquisición simultánea de dos escaneos a diferentes niveles de energía (80 y 120 kVp), permitiendo la exploración de la información resultante para caracterizar el material tisular. La distinción entre piedras de ácido úrico y otros tipos se atribuye a variaciones inherentes en la composición química. El ácido úrico, compuesto por elementos ligeros como hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno, difiere de otros tipos como oxalato de calcio, cistina y estruvita, que consisten en elementos pesados como fósforo, calcio y sulfuro. Estas diferencias en la composición química contribuyen a la variación de las propiedades de atenuación de rayos X del ácido úrico y otros tipos en respuesta a picos de kilovoltaje bajo y alto.(29-32)

Tratamiento

El tratamiento de la urolitiasis depende de los síntomas del paciente, el estado hemodinámico, el tamaño de la piedra, la ubicación, la composición y la función renal. (12,13)

Las opciones van desde la observación hasta la cirugía abierta. El tratamiento no invasivo incluye observación, terapia médica expulsiva y disolución oral para cálculos de ácido úrico.

El primero paso en pacientes con cólico renal por urolitiasis es el alivio del dolor. La administración diaria de α -bloqueantes parece disminuir los casos de cólico, aunque aún existe un debate en curso dentro de la literatura publicada. En los casos en que la analgesia no se pueda lograr a través de métodos médicos, se procede a tratamientos invasivos. (13)

El segundo paso del tratamiento implica la implementación de la terapia médica expulsiva, que implica la utilización de diversas clases de fármacos, tales como alfa-bloqueantes, antagonistas del calcio e inhibidores de la fosfodiesterasa 5. Estos medicamentos se emplean con el propósito de facilitar la expulsión de la piedra. (12, 31-32)

En el contexto de las piedras de ácido úrico, la quimiólisis oral de las piedras o sus fragmentos puede resultar beneficiosa. Este enfoque se basa en la alcalinización de la orina a través de la aplicación de citrato alcalino o bicarbonato de sodio. Es crucial ajustar el pH de la orina a un rango de 7.0-7.2 para lograr resultados óptimos. Por el contrario, las piedras que contienen calcio no responden a ninguna forma de medicamento y no pueden disolverse por este medio. (12,33)

La litotricia extracorpórea por ondas de choque (LEOC) es un procedimiento eficaz utilizado para el manejo de cálculos renales y ureterales proximales. La tasa de éxito del LEOC depende de diversos factores como la ubicación de la litiasis, su composición y tamaño. Se considera una opción de tratamiento prometedora para pacientes con cálculos localizados en la parte proximal del riñón o uréter. Sin embargo, es importante considerar las contraindicaciones antes de continuar con este procedimiento. Las pacientes embarazadas, individuos con diátesis de sangrado no compensado, aquellos con infecciones del tracto urinario no tratadas, malformaciones esqueléticas graves, obesidad severa, aneurismas arteriales cercanos y obstrucciones anatómicas distales al cálculo deben ser excluidas de LEOC. (34-45)

En los casos de litos ureterales medios a distales, se emplea la ureteroscopia. Este procedimiento implica el uso de endoscopios flexibles que permiten un fácil acceso al uréter. Adicionalmente, la ureteroscopia suele ir acompañada de litotricia láser de holmio:itrio-aluminio granate, lo que permite la extracción directa de la piedra a través de la visualización endoscópica.

La nefrolitotomía percutánea (NLPC) es otra opción de tratamiento que está indicada para pacientes con cálculos renales grandes, complejos o anormales. Sin embargo, es importante señalar que la NLPC tiene mayores tasas de complicaciones en comparación con otros tratamientos. Por lo tanto, se debe considerar cuidadosamente las contraindicaciones antes de

continuar con este procedimiento. Similar a LEOC, se debe evitar la NLPC en pacientes con infecciones del tracto urinario no tratadas, tumores en la zona de acceso, tumores renales potencialmente malignos y embarazo. Es crucial evaluar a fondo el historial médico y la condición del paciente antes de decidir el enfoque de tratamiento adecuado. (12, 34)

La cirugía abierta, aunque ahora rara, puede considerarse para pacientes con cálculos complejos o excesivamente grandes. La cirugía laparoscópica, por otro lado, rara vez está indicada. La decisión de realizar cirugía abierta o laparoscópica se debe tomar caso por caso, teniendo en cuenta las características específicas de la piedra y la salud general del paciente.(35-36)

En cuanto al tratamiento y seguimiento de los litos renales, aún existe controversia en curso. Las guías europeas sugieren un seguimiento después de seis meses y luego anualmente, especialmente en los casos en los que los litos no hayan sido tratados. Este seguimiento incluye la evaluación de los síntomas del paciente y la realización de estudios de imagen adecuados. El monitoreo regular es esencial para asegurar una intervención oportuna si las piedras muestran crecimiento, causan obstrucción o están asociadas con dolor. (12-13)

Para manejar eficazmente los cálculos renales y prevenir su recurrencia, es crucial clasificar a los pacientes en función de su riesgo de recurrencia. Esta clasificación se basa en gran medida en un análisis confiable de la composición de la litiasis. El análisis de composición guiará el algoritmo diagnóstico para los exámenes paraclínicos posteriores. Al determinar con precisión la composición de la piedra, los profesionales de la salud pueden adaptar el plan de tratamiento al paciente individual, optimizando así los resultados y reduciendo el riesgo de recurrencia. (12, 33)

III. METODOLOGÍA

I Población

- Pacientes mayores de 18 años atendidos en el Hospital Ángeles Chihuahua durante el periodo de enero a junio de 2023.
- La muestra será no probabilística por conveniencia, se incluirán todos los casos comprendidos en el período de enero a junio de 2023.

II Criterios de inclusión

Se incluirán en esta investigación a pacientes que cumplan la totalidad de los siguientes requisitos:

- Pacientes mayores de 18 años.
- Cuenten con urotomografía en tomógrafo de detector espectral y se haya identificado al menos un lito urinario.
- Atendidos en el periodo de estudio

III Criterios de exclusión

No podrán participar en esta investigación los pacientes que cumplan con alguna de las siguientes características:

- Artefactos metálicos que disminuyan la calidad de la interpretación.
- Pacientes con material de drenaje
- Pacientes con antecedentes quirúrgicos en vías urinarias.

IV. Criterios de eliminación

Serán eliminados y no considerados para los análisis, los registros de los pacientes con alguna de las siguientes características:

- Expedientes incompletos.
- Estudio de tomografía no registrado o disponible en el sistema

V. Metodología de la investigación

Se ejecutó un estudio descriptivo, transversal y retrospectivo. El presente protocolo fue presentado y aprobado por el comité de ética e investigación local, y posterior a su revisión y corrección de observaciones se inició con su ejecución.

Obtenida la aprobación se prepararon los materiales de recolección de datos, y se difundió el protocolo con el servicio de Urología mediante un par de visitas al área de trabajo de médicos y consulta externa, donde se les explicará de esta investigación (objetivos, alcance, tipo de pacientes a incluir).

Terminada la difusión, comenzó la etapa de inclusión de pacientes y recolección de datos. Los pacientes que se recibieron en el servicio de imagenología para urotomografía con o sin diagnóstico de urolitiasis en el periodo de enero a junio 2023 fueron enlistados y se conformó la base de datos con las distintas variables.

Las urotomografías fueron realizadas en un equipo de TC espectral (IQon – Spectral CT, Philips Healthcare, USA, consultar Tabla 1) bajo los procedimientos y estándares habituales. Se analizó la base de datos disponible en el hospital Ángeles Chihuahua, incluyendo las urotomografías que presentaran litos urinarios independientemente de su indicación. De cada estudio se obtuvieron las diferentes variables de cada lito (morfología, densidad, composición, tamaño, localización).

Concluida la etapa de selección de pacientes y recolección de datos, se realizó el análisis estadístico.

VI. Variables

Variable dependiente: Composición del lito por tomografía con análisis espectral

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	VALOR DE VARIABLE
INDEPENDIENTES				
Edad	Diferencia expresada en años entre la fecha de nacimiento del paciente y la fecha de atención	Cuantitativa	Continua	Años
Sexo	Conjunto de características biológicas determinado por la carga genética, pudiendo ser masculino (XY) o femenino (XX)	Cualitativa	Nominal dicotómica	1. Femenino 2. Masculino
Diabetes mellitus	Antecedente de diagnóstico establecido de diabetes mellitus.	Cualitativa	Nominal dicotómica	1. Si 2 No
Hipertensión arterial sistémica	Antecedente de diagnóstico establecido de hipertensión arterial sistémica.	Cualitativa	Nominal dicotómica	1. Si 2 No
Origen	Lugar de donde proviene el paciente para la realización del estudio.	Cualitativa	dicotómica	1. Ambulatorio 2. Hospitalizado
DEPENDIENTES				
Composición lito por TC espectral	Elemento del cual están compuesto principalmente los litos identificados mediante TC espectral	Cualitativa	Nominal	1. Calcio 2. Ácido úrico 3. Ambas
Tamaño del lito	Medida en milímetros del diámetro máximo del lito identificado.	Cuantitativa	Continua	Milímetros
Densidad	Medida obtenida del coeficiente de atenuación mediante tomografía en el centro del lito.	Cuantitativa	Continua	Unidades Hounsfield
Morfología	Forma del lito evaluado respecto a la angulación de sus bordes.	Cualitativa	Nominal	1. Oval 2. Espiculada 3. Esférica.
Lateralidad	Compromiso renal de los litos.	Cualitativa	Nominal	1. Unilateral 2. Bilateral
Múltiple	Localización de más de un lito.	Cualitativa	Dicotómica	1. Si 2. no.
Localización	Sitio específico en donde se observa el lito evaluado.	Cualitativo	Nominal	1. RD GCS. 2 RD GCM. 3. RD GCI. 4. RD PELVIS 5. RI GCS. 6. RI GCM. 7. RI GCI. 8 RI PELVIS. 9 UDP. 10 UDM. 11 UDD. 12 UIP. 13 UIM. 14 UID. 15. VEJIGA.
Compromiso urodinámico	Obstrucción del sistema urinario por el lito visualizado.	Cualitativo	Nominal	1. Edema perirrenal. 2. Ectasia ureteral 3. Hidronefrosis.

VII. Técnicas de análisis de resultados

Con el programa IBM SPSS versión 25 para Windows, Microsoft Excel 2019. Para las variables cuantitativas se determinaron valores de tendencia central y dispersión.

Para las variables categóricas se determinaron la proporción de frecuencia, porcentaje con relación al total de muestra. Se realizó un análisis de chi cuadrada entre los factores demográficos y el análisis por tomografía para definir posible asociación, al no encontrarse asociación no se realizó alguna prueba inferencial.

En todos los análisis el nivel de significación estadística mínimo a considerar fue del $p \leq 0.05$.

VIII. Materiales.

Tomógrafo IQon – Spectral CT, Philips Healthcare, USA

Base de datos del departamento de Radiología e Imagen del Hospital Ángeles Chihuahuas incluyendo el PACS.

Estación de interpretación de imágenes con pantallas diagnósticas.

Computadora con software SPSS y Excel.

Los parámetros técnicos del estudio se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del equipo y rutina de uroTAC espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua

Tomógrafo	IQon – Spectral CT, Philips Healthcare
Posición del paciente	Pies primero, supino.
Modo de energía	Dual
kV	kv de referencia 120, mAs de referencia 82, length (Z) 550
Colimación	1.2
Pitch	1.234
Tiempo de escaneo	4.8 segundos
CTDivol / DLP	8.6 mGy / 388.7 mGy*cm
Modulación de corriente	Automática
Espesor de corte	2 mm
Reconstrucción	iDose nivel 4 (espectral) Mono E 50 KeV

	Calcium Supression Electron Density Z effective Uric Acid Removed Uric Acid
--	---

IX. Aspectos éticos

Cumplimiento con las leyes y regulaciones

De acuerdo con el artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, el riesgo de este proyecto corresponde a una investigación SIN RIESGO (fracción I) debido a que se ejecutará un estudio observacional, y la participación de los pacientes en esta investigación no supone la ejecución de maniobras adicionales al proceder diagnóstico-terapéutico habitual dentro del Hospital Ángeles Chihuahua para pacientes con urolitiasis, en quienes se efectúa de forma rutinaria la uroTAC con equipos tradicionales o de alta tecnología como la TC espectral.

El presente trabajo de investigación se apega a la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, la cual establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos publicada en el Diario Oficial de la Federación el 04 de enero de 2013.

Apego a las normas éticas:

Este estudio se ajustará a las normas éticas institucionales y a la Ley General de Salud en materia de experimentación en seres humanos, así como a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial sobre los “Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos”. Además de acuerdo con los principios adoptados por la 18ª Asamblea Médica Mundial de Helsinki, Finlandia en junio de 1964, y enmendadas por la 29ª Asamblea Médica Mundial en

Venecia, Italia, en octubre de 1983, por la 41ª Asamblea Mundial Hong Kong, en septiembre de 1989, en la 48ª Asamblea en Sudáfrica en 1996; y en la última 59ª Asamblea general de la Asociación Médica Mundial en Seúl, en octubre de 2008 y sus enmiendas posteriores.

No se realizará ningún procedimiento que pongan en riesgo la salud o la integridad física del personal de salud, o las y los pacientes, o afecte al medio ambiente, evitando todo sufrimiento o daño innecesario físico o mental como lo dicta el código de Nuremberg 1947.

Contribuciones y beneficio a los participantes:

Los participantes no recibirán ninguna contribución económica, en especie ni de otra índole.

Balance riesgo/beneficio:

No existe ningún riesgo para los participantes. El beneficio será para la comunidad médico-científica ya que se podrá conocer la concordancia entre la impresión clínica y los hallazgos por tomografía espectral sobre la posible composición de los litos.

Debido a la naturaleza observacional de esta investigación, no existen riesgos para los pacientes participantes, los investigadores o resto de personal del departamento de Radiología e Imagen del Hospital Ángeles Chihuahua.

Esta investigación no conlleva riesgo físico y/o emocional para los pacientes, investigadores o personal del departamento de Radiología e Imagen del Hospital Ángeles Chihuahua.

Comunicación de resultados:

La interpretación de los resultados del estudio de imagen (uroTAC) serán entregados por escrito al paciente y médico tratante acorde a los lineamientos institucionales vigentes.

Comité de ética

El presente protocolo de investigación será sometido a evaluación y aceptación por el comité de ética e investigación y hasta ser aceptado se iniciará con su realización.

Este estudio pretende evaluar la concordancia entre la impresión clínica y los hallazgos por tomografía espectral sobre la posible composición de los litos en pacientes con urolitiasis.

Confidencialidad:

La participación en esta investigación es confidencial, y la información almacenada será resguardada bajo las más estrictas medidas de seguridad, manteniéndose confidencialidad de toda la información, sin revelarse a terceros.

IV. RESULTADOS

Se incluyeron 33 tomografías del sistema PACS del departamento de radiología e imagen del Hospital Ángeles Chihuahua, de las cuales se obtuvo una muestra de 75 litos. Las tomografías se realizaron con protocolo de urotomografía, incluyendo análisis espectral de supresión de calcio, supresión de ácido úrico y ácido úrico.

Las características demográficas de la población se representan en la tabla 2, la población estuvo compuesta en similar proporción de hombres y mujeres, así como de pacientes hospitalizados o ambulatorios, la media de edad fue de 49.3 con una desviación estándar de 17.21.

De los 33 pacientes únicamente 10 se presentaron con lito único, siendo su mayoría múltiple, de los cuales la mayoría mostraron litos en ambos riñones ya que 5 de ellos mostraron todos en un solo riñón.

En cuanto al compromiso urodinámico, se encontró que el 55.6 % de los pacientes mostraron edema perirrenal, sin embargo únicamente el 27.8 % mostró ectasia ureteral y el mismo porcentaje algún grado de hidronefrosis.

Tabla 2. Caracterización demográfica de la población.

VARIABLE	n= 33
Edad (media/ rango)	49.3 (18-85 años)
Sexo (mujeres / hombres)	16/17
Origen (Ambulatorio / Hospitalizados)	18/15
Antecedentes	
DM	8
HAS	3
Compromiso urodinámico	
Edema perirrenal (%)	55.6
Ectasia ureteral (%)	27.8

Hidronefrosis (%)

27.6

Gráfico 1. Datos de compromiso urodinámico observados en tomografía. Elaboración propia a partir de base de datos 2023.

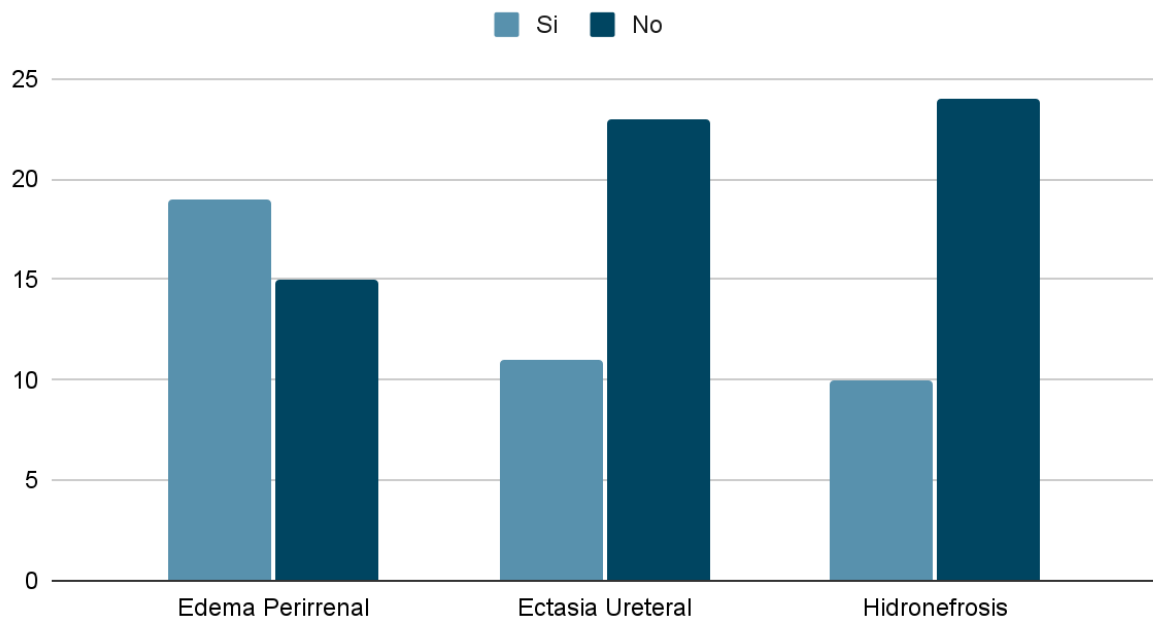


Tabla 3. Caracterización de los litos urinarios.

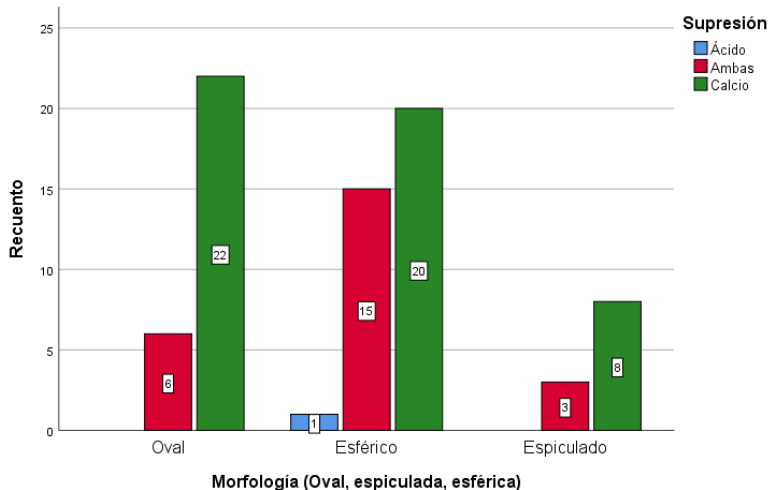
VARIABLE	n= 75
Tamaño (media/ rango)	5.87 (3-13 mm)
Densidad (media / rango)	539 (116-1713)
Componente Calcio	50

Ácido Úrico	1
Ambos	24
Morfología	
Oval	28
Espiculada	11
Esférica	36

De los 75 litos analizados, la mayoría de ellos mostró supresión de calcio (66.7%), el 32 % mostró supresión con calcio y con ácido úrico en relación con componente mixto y únicamente 1 lito mostró supresión de ácido úrico. En cuanto a la morfología, 48% eran esféricos, el 37.3% eran ovals y el 14.7% espiculados, en el gráfico 2 se representa la tabla cruzada entre el tipo de supresión encontrado en tomografía y la morfología, con un análisis de χ^2 no se encontró asociación significativa.

El tamaño de los litos osciló entre 3 y 13 mm con una media de 5.87 mm, en cuanto a la densidad, se encontró una gama de UH entre 116 y 1713, con una media de 539.

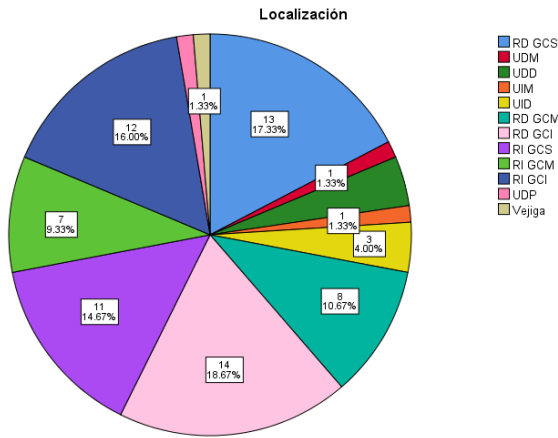
Gráfico 2. Relación entre el tipo de supresión espectral y morfología del lito. Elaboración propia a partir de base de datos 2023.



El gráfico 3 representa la distribución de la localización de los diferentes litos, encontrando que la mayoría se encontraban en el riñón derecho hacia el grupo calicial inferior (18.6%), seguido de riñón derecho en el grupo calicial superior y en tercer lugar el riñón izquierdo en el grupo calicial inferior (16%). La mayoría de los litos (35) se localizaron en el riñón derecho, en el riñón izquierdo se observaron 30, en el uréter derecho se observaron 5, en el ureter izquierdo 4 y en la vejiga 1.

Gráfico 3 .Distribución de los litos renales de acuerdo a su localización en el sistema urinario.

Elaboración propia a partir de base de datos noviembre 2023.



V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio se realizó una caracterización de los litos urinarios observados en 75 estudios de tomografía, utilizando un tomógrafo de única fuente y doble detector lo que permitió analizar las distintas variables en especial la composición del lito.

Nuestros hallazgos demuestran que la tomografía con algoritmo de descomposición de materiales para la determinación del componente del lito urinario visualizado en los pacientes del Hospital Ángeles Chihuahua es un método eficaz, que no añade costo ni radiación para el paciente.

El componente principal de los litos evaluados coincide con lo descrito en la literatura, ya que la mayoría de ellos están compuestos por calcio, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Un hallazgo relevante es que gran parte de los litos estuvieron compuestos por más de un material, por lo que se sugiere realizar estudios posteriores en donde se analicen los demás componentes.

La caracterización de piedra se puede realizar inmediatamente después del escaneo utilizando la herramienta de software de doble energía disponible en el sistema, con un tiempo de procesamiento menor a 2 minutos.

Entre las variables analizadas se determinó la presencia o no de artefactos de endurecimiento que pudieran reducir la precisión diagnóstica, lo cual no fue observado en ninguno de los 33 pacientes evaluados.

No se encontró ninguna asociación significativa entre las unidades hounsfield de los litos y el componente del lito, lo que le brinda mayor valor al estudio pues por mucho tiempo se ha utilizado para predecir el componente y dirigir la actitud terapéutica.

Una de las limitaciones del estudio fue que al ser un estudio retrospectivo, transversal y descriptivo, no es posible analizar la correlación que pueda existir con otras variables sociodemográficas, sería interesante realizar un estudio tomando en cuenta la variable espectroscópica mediante infrarrojo para determinar la sensibilidad y especificidad del equipo del Hospital Ángeles Chihuahua. Sin embargo, con nuestros resultados, se abre una línea de investigación para difundir este y el resto de los protocolos que se están implementando al contar con un tomógrafo de doble energía, lo que permitirá realizar diagnósticos más precisos que contribuyan en el algoritmo diagnóstico y terapéutico de los pacientes.

VI. CONCLUSIÓN

El componente principal de los litos urinarios evaluados mediante tomografía con detector espectral en el Hospital Ángeles Chihuahua es el calcio.

Se evaluó el perfil sociodemográfico de los pacientes con litos urinarios sin encontrar asociación significativa entre las distintas variables.

No existe asociación significativa entre el componente del lito y las unidades Hounsfield por lo que el análisis espectral de descomposición de material que se encuentra establecido en el protocolo de urotomografía se deberá continuar utilizando para determinar la composición del lito.

Se demostró que el equipo con el que se cuenta en el Hospital Ángeles Chihuahua permite describir las características principales que influyen en el tratamiento y seguimiento de los pacientes, lo que permitirá disminuir las tasas de morbilidad así como la recurrencia en los casos de ácido úrico.

VII. REFERENCIAS

1. Dalrymple NC, Verga M, Anderson KR, et al. The value of unenhanced helical computerized tomography in the management of acute flank pain. *J Urol*. 1998; 159:735–740. [PubMed: 9474137]
2. Mitcheson HD, Zamenhof RG, Bankoff MS, Prien EL. Determination of the chemical composition of urinary calculi by computerized tomography. *J Urol*. 1983; 130:814–819. [PubMed: 6887427]
3. Hillman BJ, Drach GW, Tracey P, Gaines JA. Computed tomographic analysis of renal calculi. *AJR Am J Roentgenol*. 1984; 142:549–552. [PubMed: 660764]
4. Qu, M., Ramirez-Giraldo, J. C., Leng, S., Williams, J. C., Vrtiska, T. J., Lieske, J. C., & McCollough, C. H. (2011). Dual-energy dual-source CT with additional spectral filtration can improve the differentiation of non-uric acid renal stones: an ex vivo phantom study. *AJR. American journal of roentgenology*, 196(6), 1279–1287. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.5041>
5. Kulkarni, N. M., Eisner, B. H., Pinho, D. F., Joshi, M. C., Kambadakone, A. R., & Sahani, D. V. (2013). Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography. *Journal of computer assisted tomography*, 37(1), 37–45. <https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e3182720f66>
6. Jepperson, M. A., Cernigliaro, J. G., Sella, D., Ibrahim, E., Thiel, D. D., Leng, S., & Haley, W. E. (2013). Dual-energy CT for the evaluation of urinary calculi: image interpretation, pitfalls and stone mimics. *Clinical radiology*, 68(12), e707–e714. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2013.07.012>

7. Morsbach, F., Wurnig, M. C., Müller, D., Krauss, B., Korporaal, J. G., & Alkadhi, H. (2014). Feasibility of single-source dual-energy computed tomography for urinary stone characterization and value of iterative reconstructions. *Investigative radiology*, 49(3), 125–130. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000002>
8. Ahmed, M. E., & Ahmed Aldosh, M. S. (2019). STUDY OF URINARY SYSTEM CALCULI IN SUDANESE USING COMPUTED TOMOGRAPHY 2018-2019. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 7(10), 233–237. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v7.i10.2019.391>
9. Carril C. Gonzalez A.M. Hallazgos de Tomografía computada en pacientes con hematuria. Vol 10. Número I. Enero- marzo 2011.
10. Julieta, R. (2009) Tomografía computada en el diagnóstico de urolitiasis. Universidad Autónoma de México. Tesis.
11. Martinez, A. (2020) Correlación entre las características tomográficas y bioquímicas por laboratorio, de los litos urinarios midiendo su densidad, utilizando un tomógrafo. Universidad Autónoma de México. Tesis.
12. Cau (2022) Asociación Europea de Urología - Guía de bolsillo 2021, CAU. Available at: <https://caunet.org/2021-eau-guias/> (Accessed: 07 July 2023).
13. Diagnóstico y tratamiento del cólico renoureteral en el servicio de urgencias. (2019). Retrieved from https://imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/635GER_0.pdf
14. Méndez-Durán, A. et al. (2010) ‘Epidemiología de la insuficiencia renal Crónica en México’, *Diálisis y Trasplante*, 31(1), pp. 7–11. doi:10.1016/s1886-2845(10)70004-7.
15. Romero Martínez, Reyes Duran (2021) PREVALENCIA DE LA LITIASIS RENAL EN LOS PACIENTES CON OBESIDAD EN EL SERVICIO DE NEFROLOGÍA DEL

HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO, SSA. Revista Oficial del Colegio de Nefrólogos de México AC. VOL. 41.

16. Jung, Helenea,b; Pless, Maria S.a; Osther, Palle J.S.a,b. Anatomic variations and stone formation. *Current Opinion in Urology* 28(5):p 420-427, September 2018. | DOI: 10.1097/MOU.0000000000000519
17. Susaeta R, Benavente D, Marchant F, Gana R. (2018) Diagnóstico y manejo de litiasis renales en adultos y niños. *Rev Med Clin Condes* 29(2) 197-212.
18. Reichard C, Gill BC, Sarkissian C, De S, Monga M (2015) 100% uric acid stone formers: what makes them different? *Urology* 85(2):296–298. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2014.10.029>
19. Coe FL (1983) Uric acid and calcium oxalate nephrolithiasis. *Kidney Int* 24(3):392–403
20. Akman, T., et al. Comparison of percutaneous nephrolithotomy and retrograde flexible nephrolithotripsy for the management of 2-4 cm stones: a matched-pair analysis. *BJU Int*, 2012. 109: 1384.
21. Mansouri M, Aran S, Singh A, Kambadakone AR, Sahani DV, Lev MH, et al. Dual-Energy computed tomography characterization of urinary calculi: basic principles, applications and concerns. *Curr Probl Diagn Radiol* 2015; 44: 496–500. doi: [https:// doi. org/ 10. 1067/ j.cpradiol. 2015. 04. 003](https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.04.003)
22. Thomas C, Heuschmid M, Schilling D, Ketelsen D, Tsiflikas I, Stenzl A, Thomas, Heuschmid S, et al. Urinary calculi composed of uric acid, cystine, and mineral salts: differentiation with dual-energy CT at a radiation dose comparab to that of intravenous pyelography. *Radiology* 2010; 257: 402–9. doi: [https:// doi. org/ 10. 1148/radiol. 10100526](https://doi.org/10.1148/radiol.10100526)

23. Nestler, T., Nestler, K., Neisius, A. et al.(2019) Diagnostic accuracy of third-generation dual-source dual-energy CT: a prospective trial and protocol for clinical implementation. *World J Urol* 37, 735–741. <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2430-4>
24. Zhang GM, Sun H, Xue HD, Xiao H, Zhang XB, Jin ZY (2016) Prospective prediction of the major component of urinary stone composition with dual-source dual-energy CT in vivo. *Clin Radiol* 71(11):1178–1183. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2016.07.012>
25. Appel E, Thomas C, Steuwe A, Schaarschmidt BM, Brook OR, Aissa J, et al. Evaluation of split-filter dual- energy CT for characterization of urinary stones. *Br J Radiol* 2021; 94: 20210084.
26. Rompsaithong U, Jongjitaree K, Korpraphong P, Woranisarakul V, Taweemonkongsap T, Nualyong C, et al. Characterization of renal stone composition by using fast kilovoltage switching dual-energy computed tomography compared to laboratory stone analysis: a pilot study. *Abdom Radiol* 2019; 44: 1027–32. doi: [https:// doi. org/ 10. 1007/ s00261-018- 1787-6](https://doi.org/10.1007/s00261-018-1787-6)
27. Hidas G, Eliahou R, Duvdevani M, CoulonP, Lemaitre L, Gofrit ON, Hidas, Eliahou D, et al. Determination of renal stone composition with dual-energy CT: in vivo analysis and comparison with X-ray diffraction. *Radiology* 2010; 257: 394–401. doi: [https:// doi. org/ 10. 1148/ radiol. 10100249](https://doi.org/10.1148/radiol.10100249)
28. Nakhostin D, Sartoretti T, Eberhar, M, Krauss B, Müller D, Alkadhi H, et al. Low-Dose dual-energy CT for stone characterization: a systematic comparison of two generations of split- filter single-source and dual-source dual- energy CT. *Abdom Radiol* 2020;; 1–11. doi: [https:// doi. org/ 10. 1007/ s00261- 020-02852-5](https://doi.org/10.1007/s00261-020-02852-5)

29. Almeida IP, Schyns LEJR, Öllers MC, van Elmpt W, Parodi K, Landry G, Schyns Öllers, et al. Dual-Energy CT quantitative imaging: a comparison study between twin-beam and dual-source CT scanners. *Med Phys* 2017; 44: 171–9. doi: <https://doi.org/10.1002/mp.12000>
30. Graser A, Johnson TRC, Bader M, Staehler M, Haseke N, Nikolaou K, et al. Dual energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience. *Invest Radiol* 2008; 43: 112–9. doi: <https://doi.org/10.1097/RLI.0b013e318157a144>
31. Spek A, Strittmatter F, Graser A, Kufer P, Stief C, Staehler M (2016) Dual energy can accurately differentiate uric acid-containing urinary calculi from calcium stones. *World J Urol* 34(9):1297–1302. <https://doi.org/10.1007/s00345-015-1756-4>
32. Wisenbaugh ES, Paden RG, Silva AC, Humphreys MR (2014) Dual-energy vs conventional computed tomography in determining stone composition. *Urology* 83(6):1243–1247. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2013.12.023>
33. Gerstenbluth RE, Resnick MI. (2004) Medical Management of Calcium Oxalate Urolithiasis. *Med Clin N Am*, 88:431-42.
34. Wendt-Nordahl, G., et al. Do new generation flexible ureterorenoscopes offer a higher treatment success than their predecessors? *Urol Res*, 2011. 39: 185.
35. Lahme S1, Zimmermanns V, Hochmuth A, Janitzki V, Minimally invasive PCNL (mini-perc). Alternative treatment modality or replacement of conventional PCNL?. *Urologe A*. 2008 May;47(5):563-8. doi: 10.1007/s00120-008-1708-3.
36. Franken A, Gevenois PA, Muylem AV, Howarth N, Keyzer C (2018) In vivo differentiation of uric acid versus non-uric acid urinary calculi with third-generation dual-

source dual-energy CT at reduced radiation dose. *AJR Am J Roentgenol* 210(2):358–363.

<https://doi.org/10.2214/AJR.17.18091>

VIII. ANEXOS.

COMPONENTES PROTOCOLO INVESTIGACIÓN	2023																								
	NE	E	EB	F	AR	M	BR	A	AY	M	UN	J	UL	J	GO	A	EP	S	CT	O	OV	N	IC	D	
Título, objetivos, pregunta de investigación, asesores		X																							
Elaboración de protocolo		X		X		X		X		X		X		X		X		X							
Trabajo autorizado en COMITÉ DE INVESTIGACIÓN.																				X					
Recolección información. Seguimiento cada mes de % avance.																						X			
Terminación captura datos.																						X			
Base datos terminada. Análisis.																						X			
Entrega trabajos con resultados, conclusiones y discusiones.																						X			
Tesis terminada.																						X			
Redacción artículo																						X			
resumen inglés y español																							X		
Redacción artículo: Introducción y objetivo.																							X		
Redacción artículo: Metodología																							X		X
Redacción artículo: Resultados																									X
Redacción artículo: Discusión y conclusiones																									X

Cronograma de actividades.

Hoja de recolección de datos

**Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey**

Protocolo: Concordancia entre la impresión diagnóstica clínica y los hallazgos por tomografía espectral sobre la composición de los litos en pacientes con urolitiasis

I. Del paciente:

1. ID participante: _____ 2. Fecha del estudio: _____ 3. Iniciales del paciente: _____
4. Edad: ____ años 5. Sexo: () M () F 6. Origen: () Interno () Externo
7. HAS () Si () No 8. DM () Si () No

II. Caracterización del lito

9. Supresión en el análisis espectral: () Calcio () Ácido Úrico () Ambos

10. UH: ____ 3. Tamaño: ____ mm

11. Morfología: () Oval () Espiculada () Esférica 12. Único () Si () No

13. Localización () RD GCS. () RD GCM. () RD GCI. () RD PELVIS () RI GCS.
() RI GCM. () RI GCI. () RI PELVIS. () UDP. () UDM. () UDD. () UIP. () UIM. () UID. () VEJIGA.

III. Compromiso urodinámico:

14. Edema perirrenal () Si () No 15. Ectasia ureteral () Si () No 16. Hidronefrosis
() Si () No 17. Engrosamiento de pared vesical () Si () No

IV. Otros hallazgos:

18. Artefacto por endurecimiento del haz () Si () No 19. Quistes: () Si () No 20. Tumor renal () Si () No