

TC espectral: *Tips* en patología urinaria

Alba Fernández Rodríguez, Ana María Vera Carmona,
Lucía Martínez de Vega Ruiz, Noelia Bravo Alcobendas,
Carlos Tramblyn de la Moneda, Elena Canales Lachén,
Raquel García Latorre, Ana Villanueva Campos.

Hospital Ramón y Cajal, Madrid

TABLA DE CONTENIDOS



Objetivos.



Revisión del tema.

Introducción.

Métodos de adquisición.

Post-proceso y mapas espectrales.

Aplicaciones en patología urinaria: casos prácticos.



Conclusiones.



Referencias

OBJETIVOS

#1

Resumen de los principios de la TC espectral y diferencias respecto a la TC convencional.

#2

Breve repaso de los principales métodos de adquisición.

#3

Conocer los distintos mapas espectrales, con especial enfoque en los de mayor utilidad en el estudio de riñones y vía excretora.

#4

Exposición de las aplicaciones a partir de casos representativos de nuestro centro.

REVISIÓN DEL TEMA

Introducción

La incorporación de los equipos de TC espectrales o multinenergéticos a los servicios de Radiología supone un avance que permite ayudar al diagnóstico y mejor caracterización de los hallazgos, evitando en ocasiones la realización de pruebas complementarias y la reducción de la dosis de radiación.

En la siguiente tabla se exponen brevemente las diferencias con respecto a la TC convencional:

| TC CONVENCIONAL | VS. | TC ESPECTRAL |
|---|-----|---|
| Emplea un único espectro de energía. (~120 keV). | | Uso simultáneo de dos espectros energéticos distintos. Bajas energías: ~ 40 keV. Altas energías: ~ 200 keV. |
| Información dependiente de la atenuación de cada tejido (UH). | | Datos dependientes de las características del tejido a distintos niveles energéticos. |
| | | Información anatómica y datos de la composición tisular. |

A una determinada energía, dos estructuras pueden compartir el mismo coeficiente de atenuación.

Materiales de mayor atenuación (yodo, calcio), muestran distinta atenuación cuando se exponen a diferentes niveles energéticos.

En el presente póster se expondrá el valor de la TC espectral en el estudio de la patología urológica, focalizando en sus principales aplicaciones:

- ➔ Caracterización de masas renales indeterminadas incidentales.
- ➔ Clasificación de las litiasis renoureterales.
- ➔ Detección de lesiones sólidas

Métodos de adquisición

Existen distintos equipos espectrales, por lo que es fundamental conocer las diferentes técnicas de adquisición de las imágenes para una correcta optimización.

De forma simplificada, se pueden diferenciar dos grandes grupos: aquellos basados en la detección, donde se dispone de la información en todo momento, y aquellos basados en la emisión, en los que se deberá decidir previamente en qué estudios emplear energía dual.

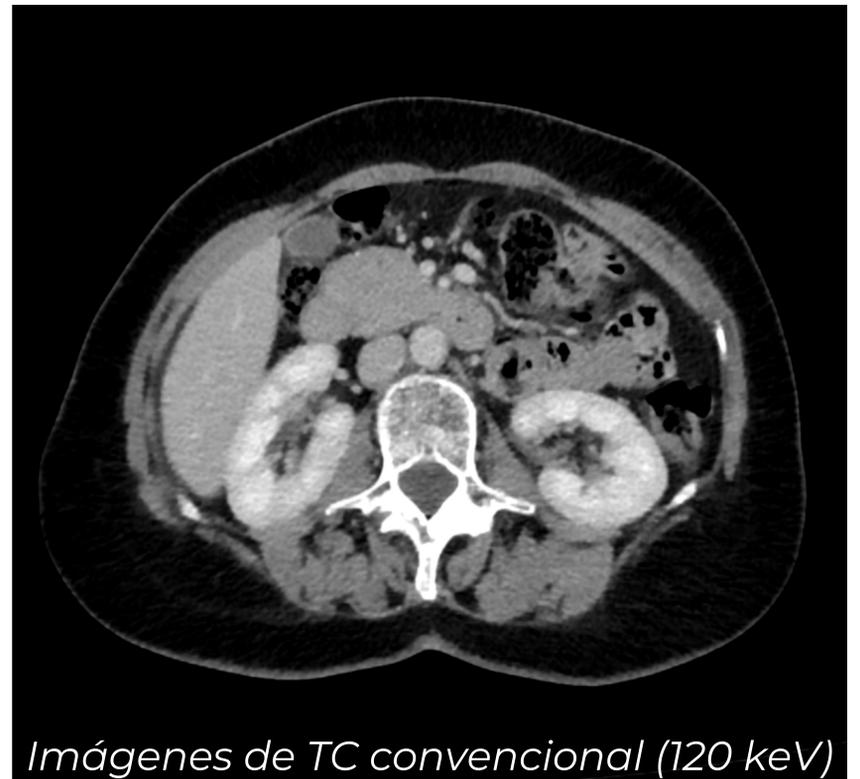
| | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| <p>((EMISIÓN))</p> | <p>Dual source</p> | <p>Dos tubos de RX y dos detectores, emiten simultáneamente a altas y bajas energías.</p> |
| | <p>Rapid kV switching</p> | <p>Fuente única de RX y un sólo detector. Durante la adquisición emite de forma alterna a altas y bajas energía.</p> |
| | <p>Split filter</p> | <p>Cuenta con un tubo de RX y una fila de detectores. Mediante un filtro de oro y estaño, separa los fotones de alta y baja energía.</p> |
| <p>DETECCIÓN</p> | <p>Dual layer detector</p> | <p>Única fuente de RX y dos filas de detectores (cada una absorbe selectivamente fotones de alta o baja energía).</p> |
| | <p>Photon counting</p> | <p>Único tubo de RX y una capa de detectores (que separa los fotones de alta y baja energía).</p> |

Post-proceso y mapas espectrales

Una vez realizado el estudio, se obtienen, por un lado, las imágenes convencionales, equivalentes a las que conseguimos con los equipos de TC habituales, además de una serie de reconstrucciones espectrales.

Imágenes convencionales

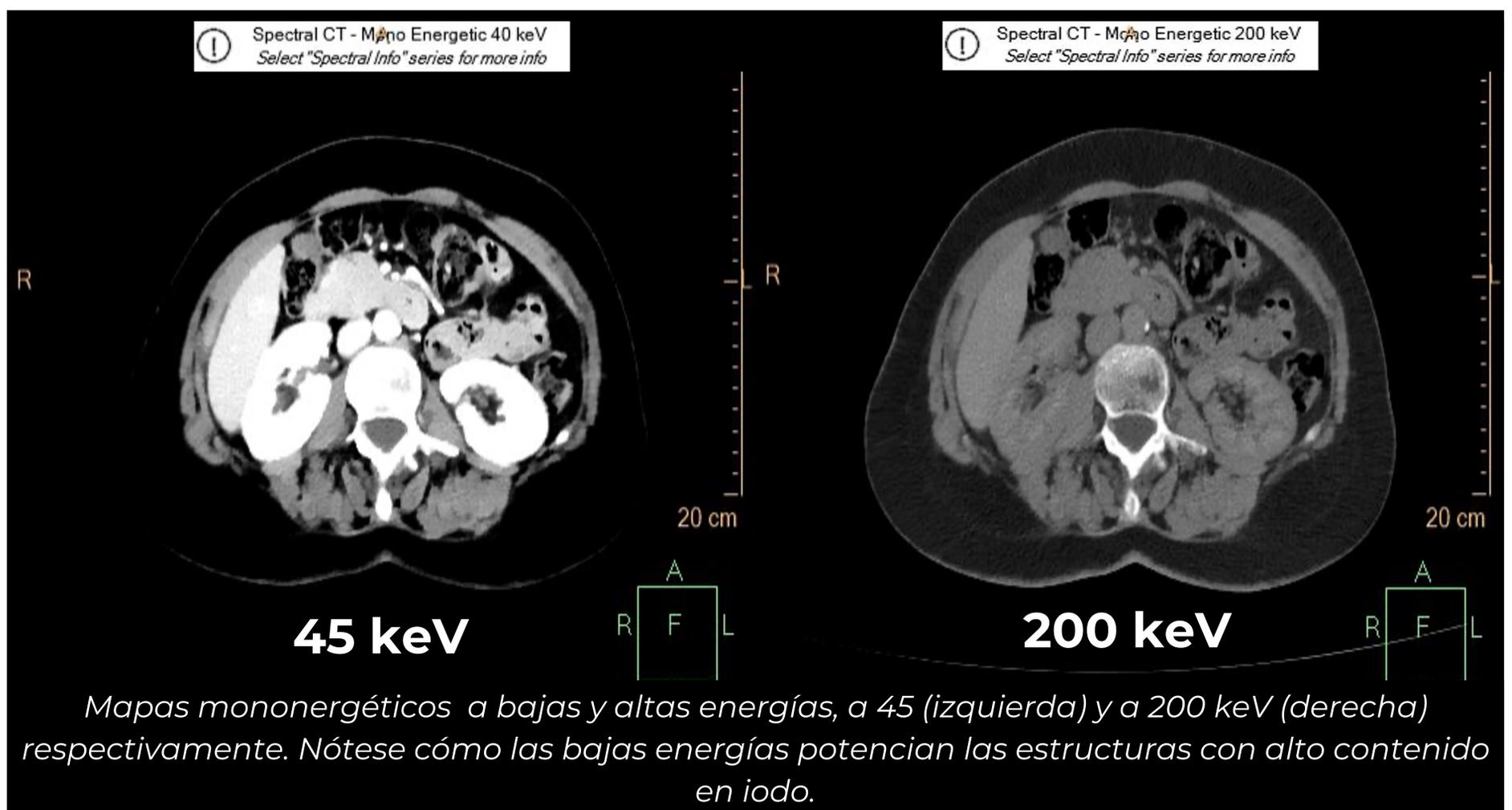
Equivalentes a las imágenes obtenidas con los equipos de TC habituales con adquisición a 120 keV aproximadamente, en las que la información estará representada en una escala de grises.



Imágenes de TC convencional (120 keV)

Mapas monoenergéticos

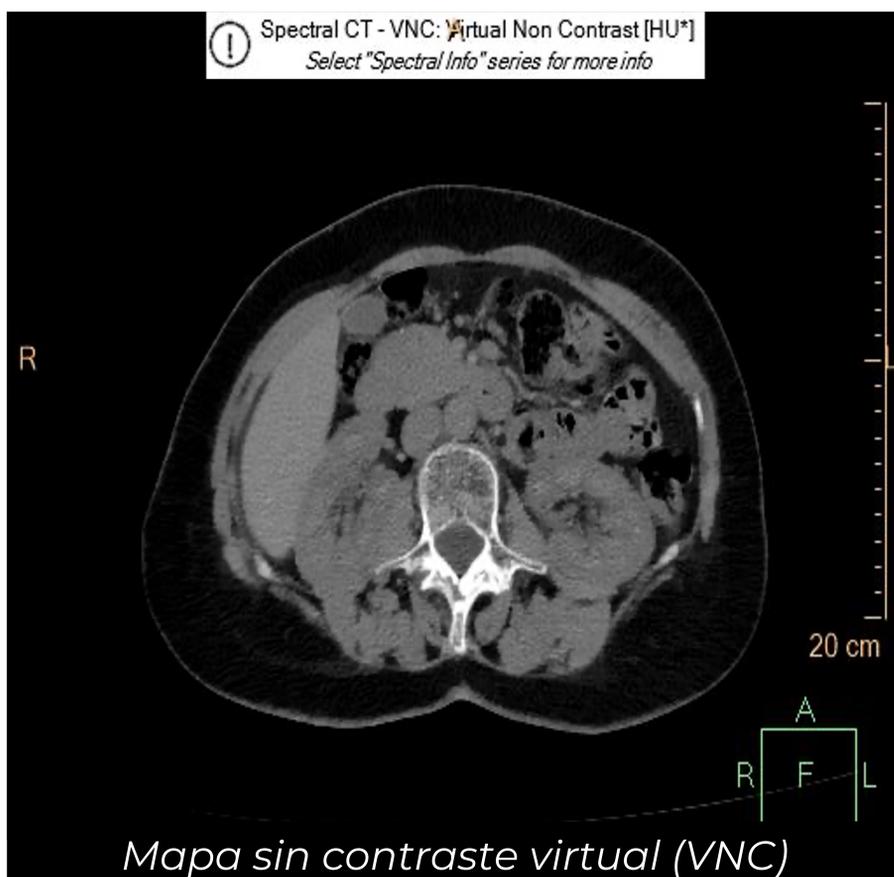
Mapas de reconstrucción que simulan la adquisición de las imágenes a distintos niveles energéticos, que oscilan entre los 35 keV hasta 200 keV en función del equipo.



Las **bajas** energías **potenciarán** aquellas **estructuras** con **mayor cantidad de iodo**, mientras que las **altas** energías ayudan a **reducir los artefactos**.



En la patología urológica los mapas monoenergéticos a bajos kV permiten una mejor visualización y delimitación de lesiones renales y de la vía excretora, así como la valoración del grado de infiltración vascular. Los mapas monoenergéticos a altos kV ayudarán a eliminar los artefactos de las prótesis coxofemorales permitiendo la valoración de la región pélvica.

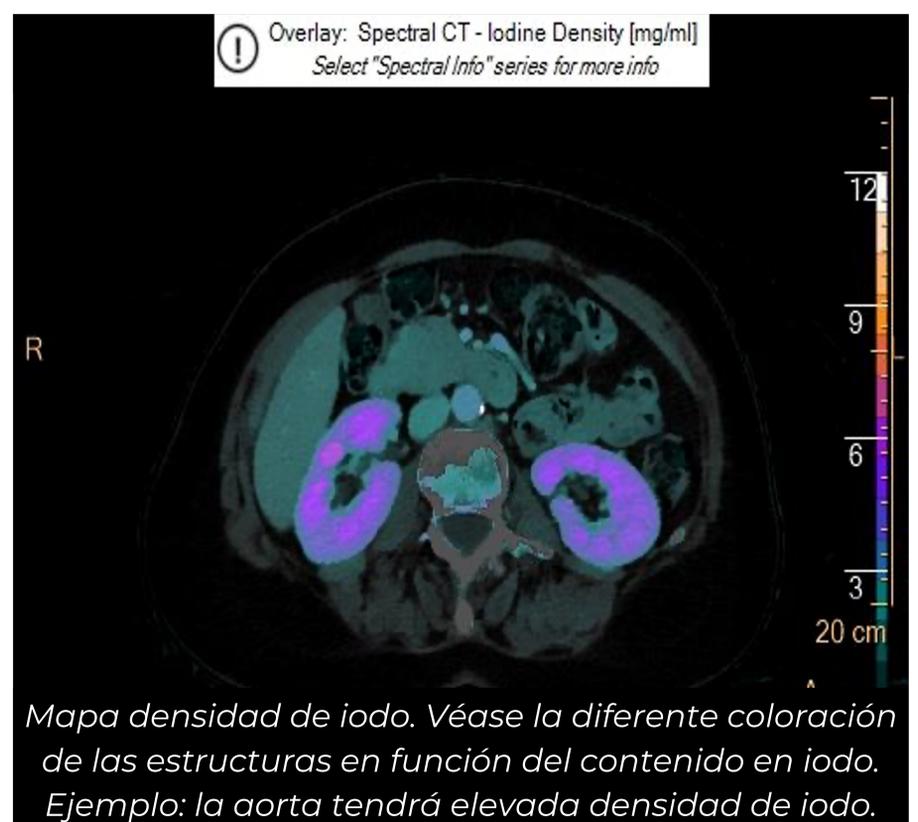


Imágenes sin contraste virtual

En el mapa sin contraste virtual/virtual non contrast (VNC) se elimina el iodo, obteniendo un mapa que simula un estudio basal de forma virtual.

Densidad de iodo

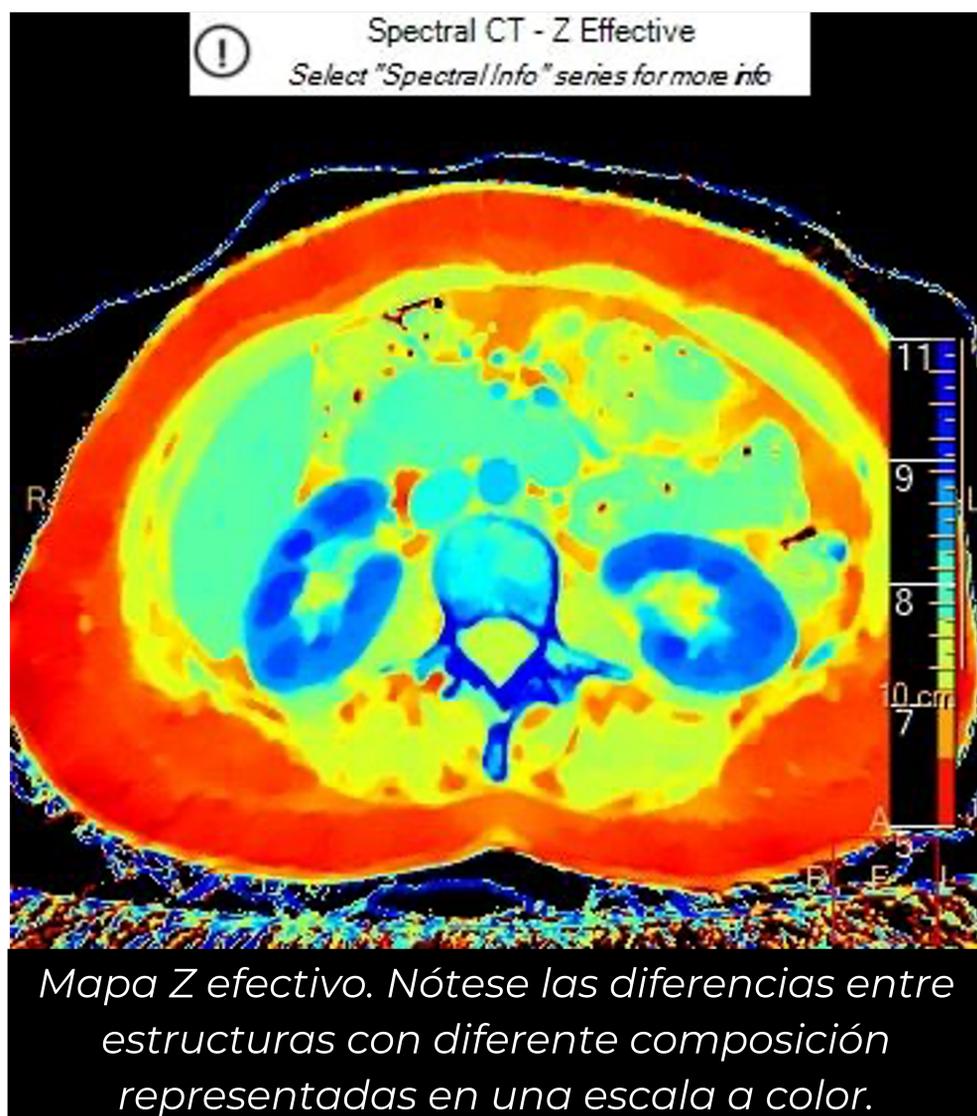
Representa la distribución de la captación de iodo y permite su cuantificación en mg/ml. En función del equipo, por encima de 0,5-1 mg/ml se podrá considerar que existe captación significativa.





Los mapas sin contraste virtual y de densidad de yodo son de gran utilidad en la **detección y caracterización de las lesiones renales y uroteliales**, especialmente en lesiones incidentales con una atenuación > 20 UH, donde no contamos con todos los datos necesarios para su análisis. Es fundamental disponer de un estudio basal para poder evaluar la presencia de contenido hemático o proteináceo, así como de una adquisición post-contraste para valorar la presencia de captación, lo que aportará información de la vascularización de una posible lesión sospechosa.

Su uso no solamente facilitará el diagnóstico, sino que **evitará realizar pruebas complementarias**.



Z efectivo

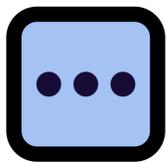
Mapa a color en el que cada elemento es representado en función de su número atómico. En el caso particular del sistema urinario, será de utilidad en la clasificación de las litiasis urinarias.

Sustracción de ácido úrico

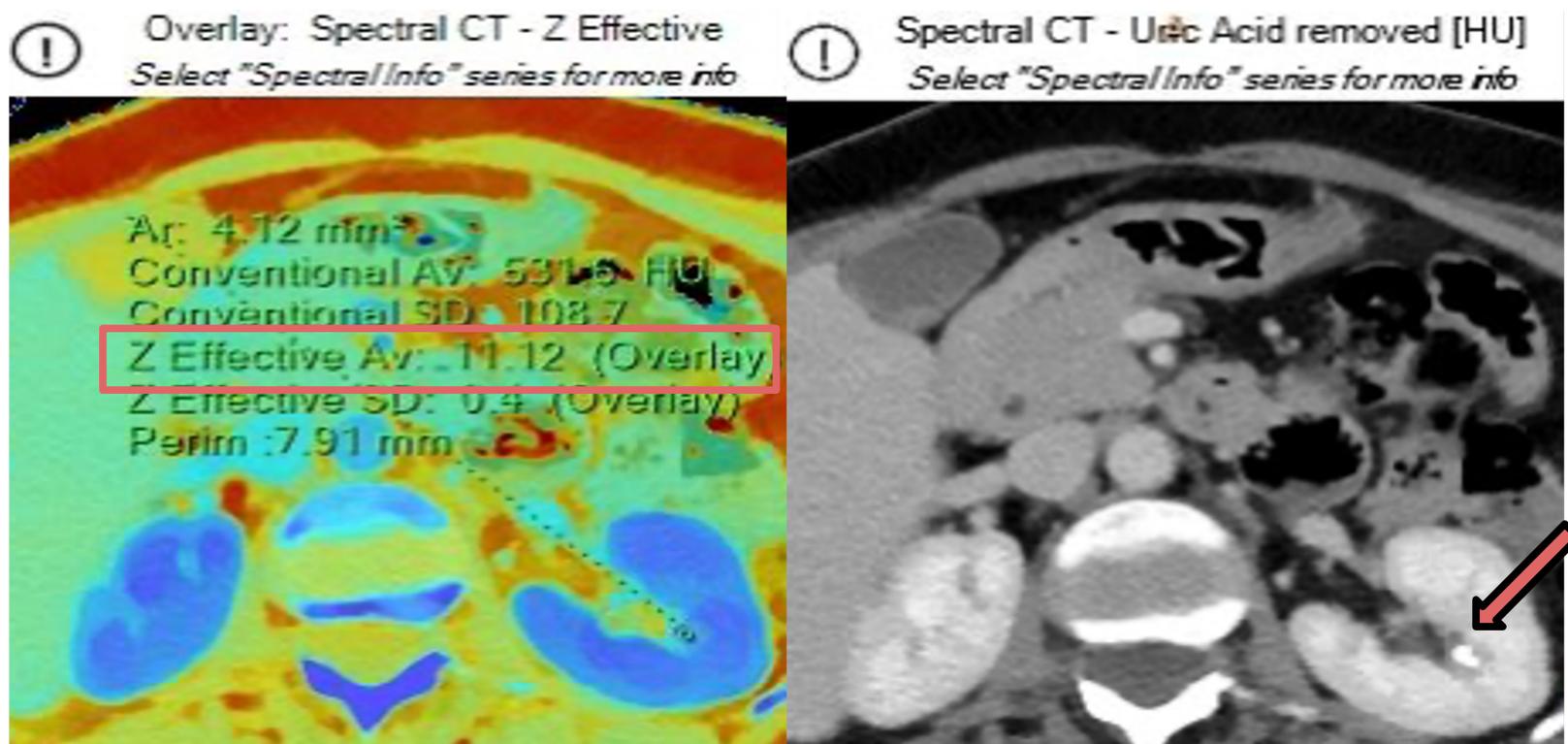
Mapas que permiten eliminar de forma selectiva estructuras compuestas por ácido úrico y que serán de utilidad en el estudio de los cálculos urinarios. Ha de tenerse en cuenta que presentan limitaciones en las litiasis muy pequeñas y en casos de composición mixta.



Existen mapas "sólo ácido úrico", que de forma selectiva muestran únicamente la estructura, siendo también de utilidad en la caracterización de las litiasis.



Gracias a estos mapas será posible, no solo en la detección de las litiasis y la estimación de su tamaño, sino que también aportan información acerca de su composición, que tendrá implicaciones en el manejo terapéutico. En cálculos de ácido úrico se puede optar por un manejo conservador mediante alcalinización de la orina, evitando tratamientos más agresivos como la litotricia extracorpórea o la extracción quirúrgica.



Ejemplo de caracterización de una litiasis renoureteral izquierda de características cálcicas. Un número Z efectivo por encima de 7-8, sugiere naturaleza cálcica, en este caso se obtiene un valor de 11,12 (izquierda). Además, se puede comprobar cómo la litiasis persiste en el mapa de sustracción de ácido úrico (derecha).

APLICACIONES EN PATOLOGÍA URINARIA: CASOS PRÁCTICOS

➔ Caracterización de masas renales indeterminadas incidentales

CASO 1. Varón de 77 años en estudio por dolor abdominal inespecífico de inicio reciente. Lesión incidental en riñón izquierdo.

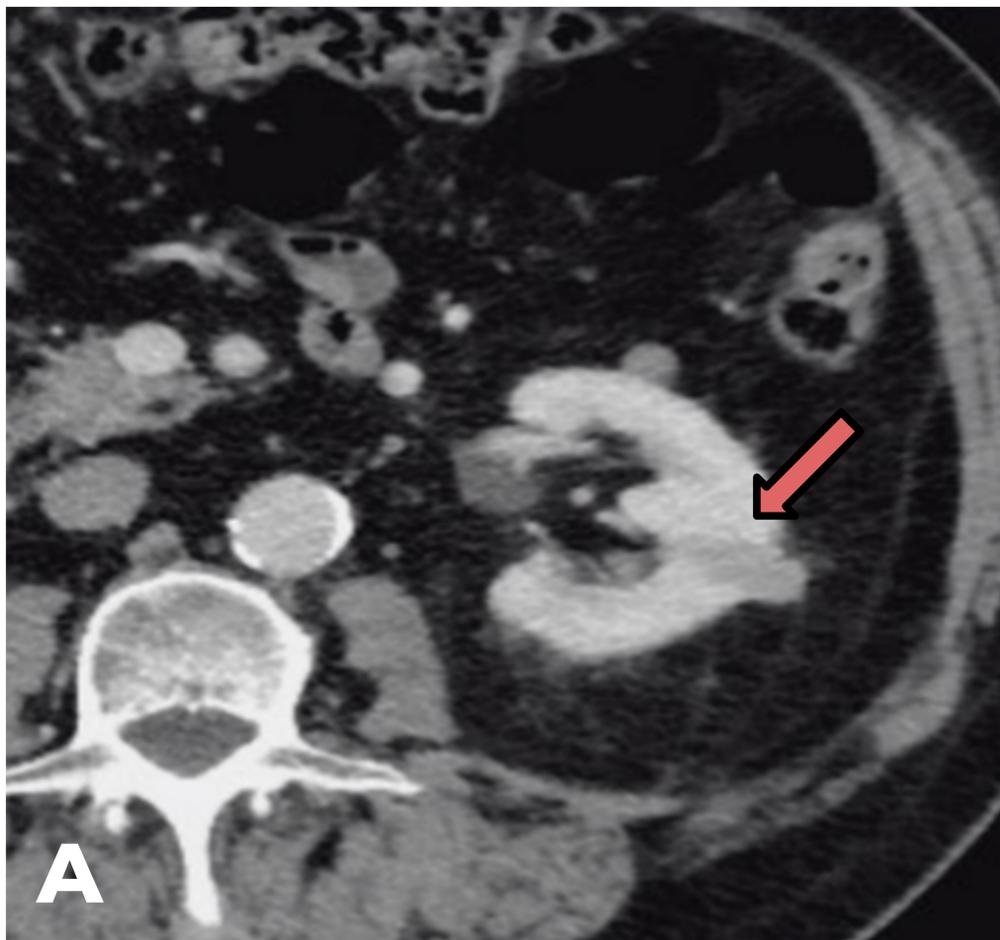
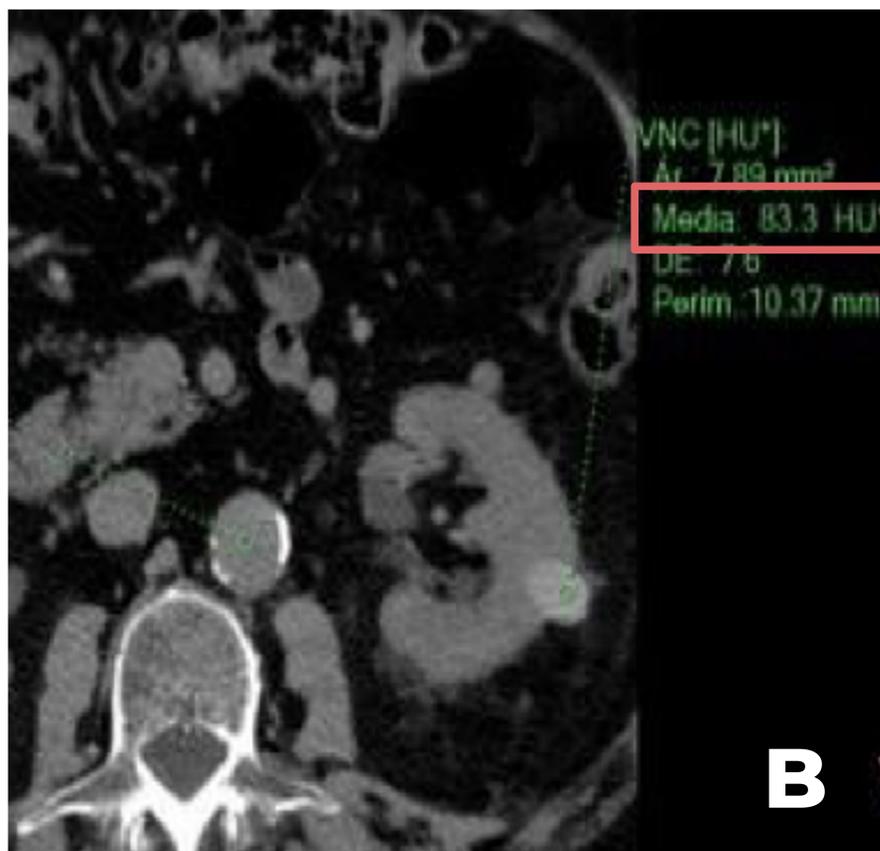


Imagen axial de TC abdomino-pélvica en fase portal (A) donde se aprecia una pequeña lesión cortical hiperdensa en la región interpolar del riñón izquierdo.

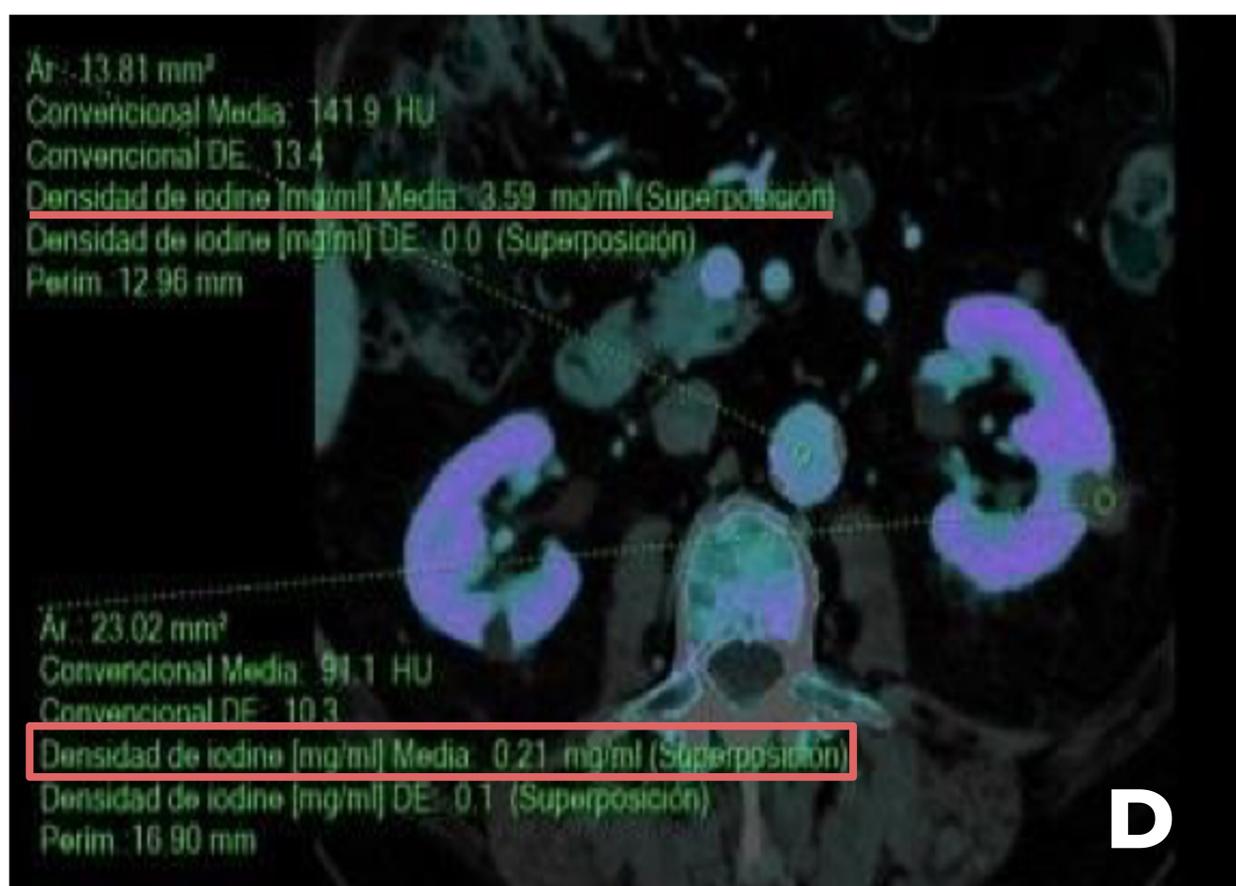
¿Se trata de un **quiste complicado** o de una **lesión sólida**?

Para caracterizar adecuadamente una lesión renal hiperdensa, y es fundamental contar con un **estudio basal** para valorar si se trata de contenido denso presente previa a la administración del contraste y para evaluar su posible captación en caso de tratarse de una lesión sospechosa.

Dado que es una lesión incidental, no se dispone con las fases necesarias para su análisis, siendo necesaria la realización de pruebas complementarias. Al realizarse en TC espectral es posible llevar a cabo un post-proceso con distintos mapas que permitirán un diagnóstico.



Mapa VNC (B) en el que la lesión se muestra hiperdensa en el estudio basal (83,3 UH*)
Imágenes convencionales (C) donde se comprueba que **no existe variación significativa** en cuanto a la **densidad** de la lesión **respecto al VNC** (83,3 UH* vs 87,4 UH).

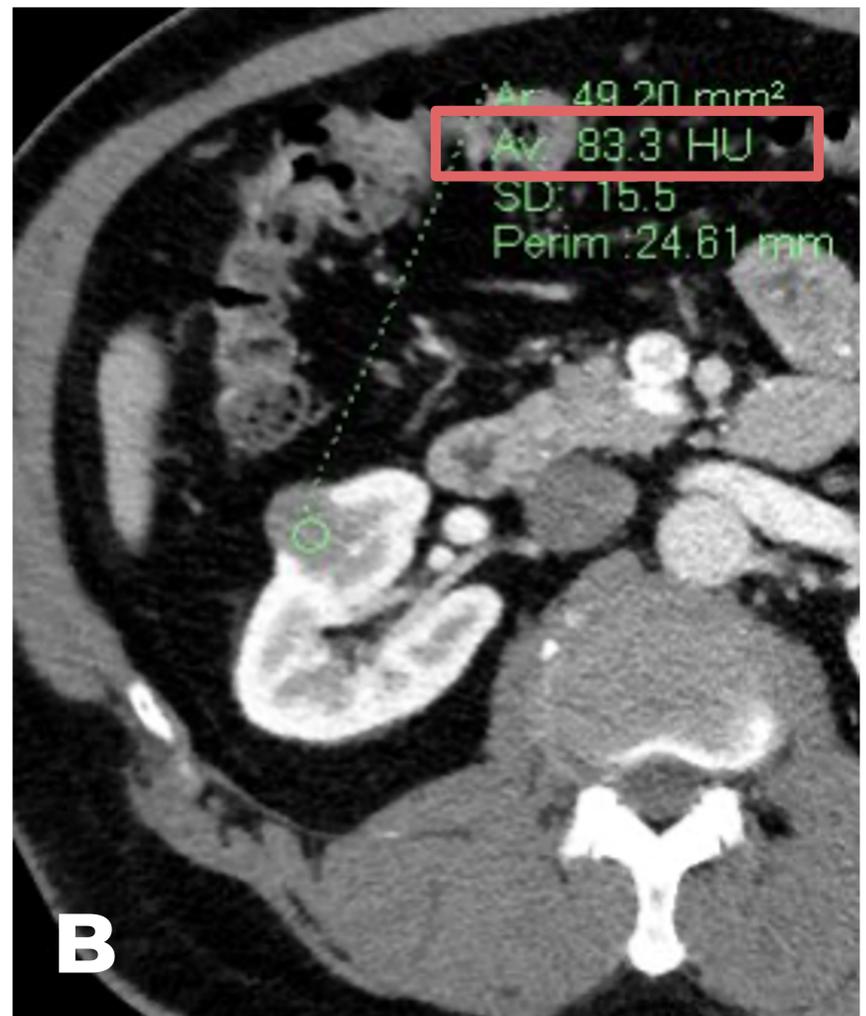


Mapa de densidad de yodo (D) para la cuantificación del posible realce. En este caso se obtiene un valor de **0,21 mg/ml**, por lo que no existe captación de la masa a estudio.

*Se toma otro valor de referencia en el interior de la aorta abdominal, obteniendo valores elevados dada la presencia de yodo (3,59 mg/ml).

Estos datos en conjunto permiten **confirmar** el hallazgo de **quiste complicado**, afirmando con mayor seguridad la ausencia de una lesión sospechosa **sin la necesidad de recomendar estudios adicionales**.

CASO 2: Lesión renal derecha dudosa en ecografía, se solicita TC para mejor caracterización.

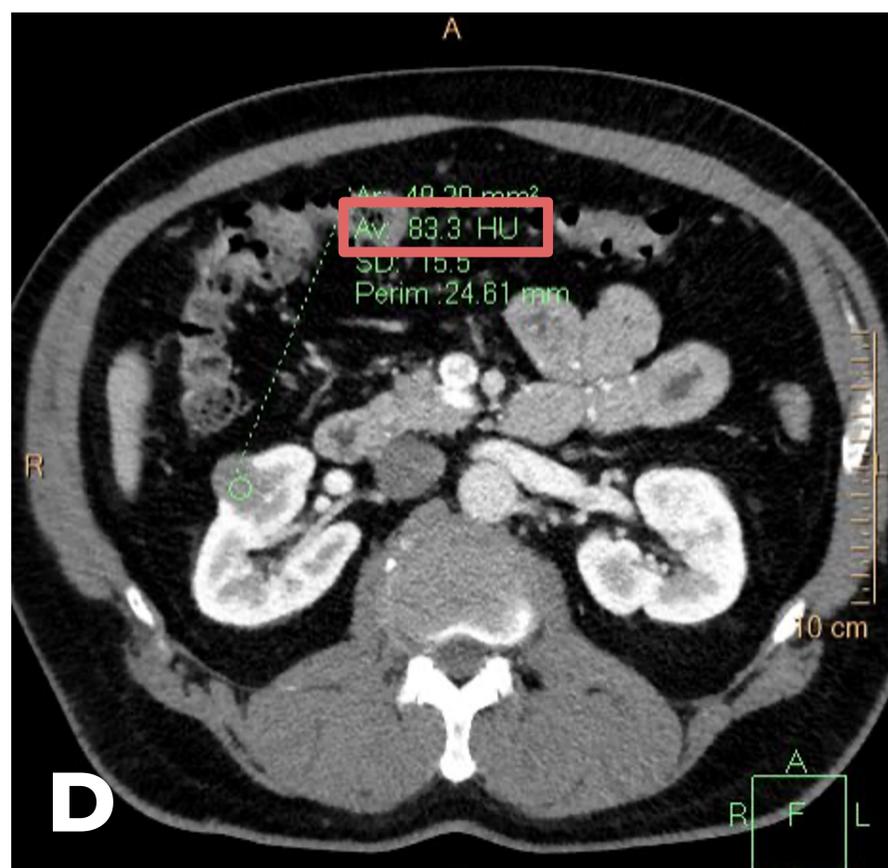
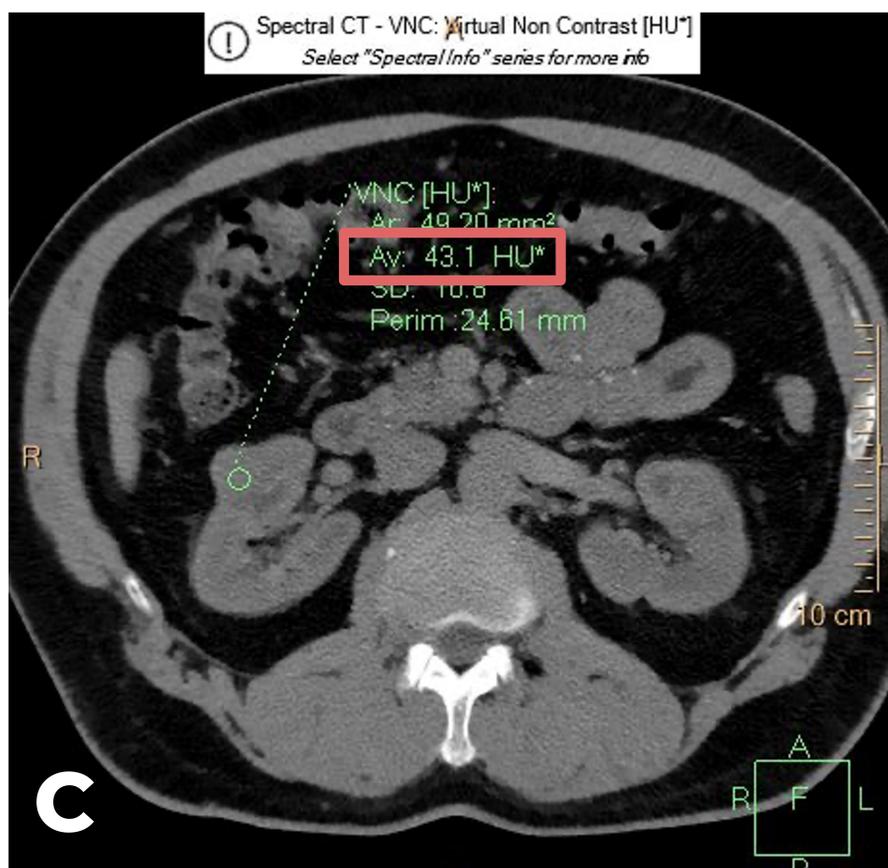


Se muestran dos imágenes axiales de TC abdominopélvica (A y B) en la que objetiva una lesión cortical en valva anterior del riñón derecho con una atenuación media elevada (83,3 UH).

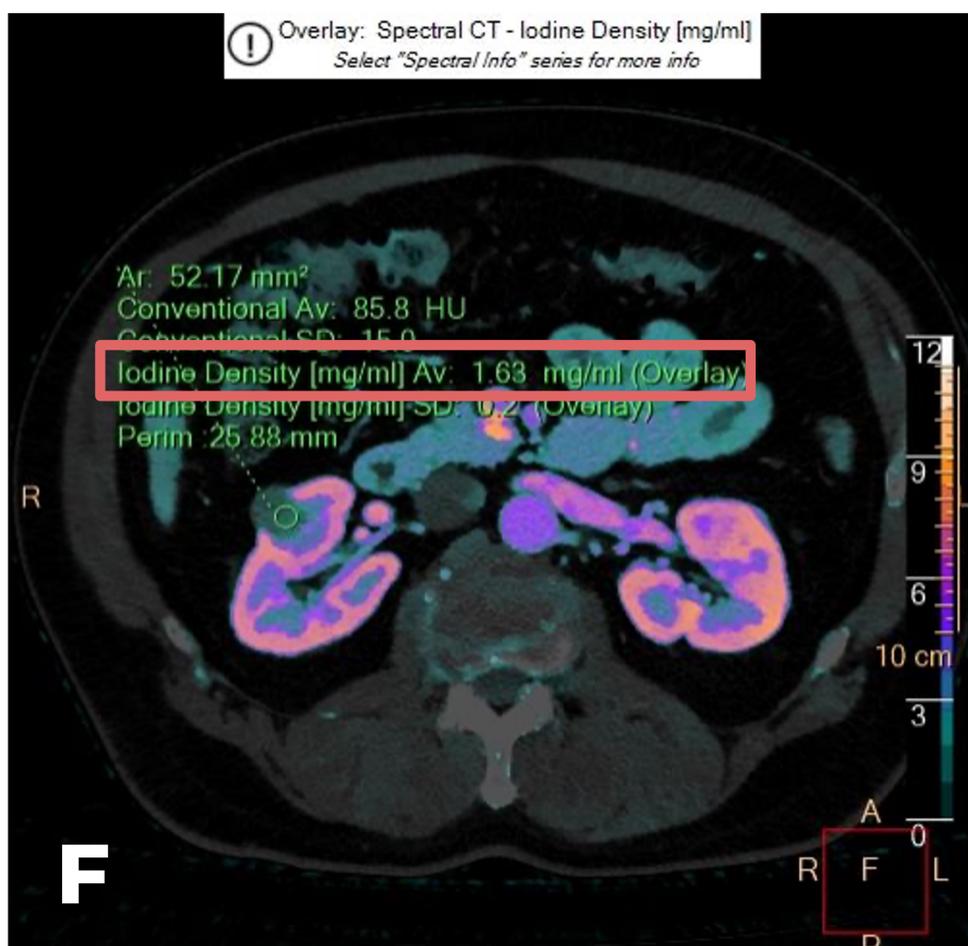
Para analizar una masa renal es necesario contar con **fases pre y post-administración de contraste iodado endovenoso** para valorar la captación de la lesión a estudio. Si existe un aumento significativo de la densidad (>20 UH) entre las distintas adquisiciones, será sospechosa de una tumoración renal.



¡Recuerda! Los quistes complicados serán hiperdensos en el estudio basal y no mostrarán captación significativa en la fase post-contraste.



Comparativa entre el mapa sin contraste virtual (C) y la imagen convencional (D) evidenciándose una **variación significativa** en la **atenuación** de la **lesión renal**, de 43,1 UH* a 83,3 UH.



Mapa de densidad de yodo en el que se analiza cuantitativamente la captación de la lesión, con un valor de **1,63 mg/ml**.

Estos datos en conjunto **sugieren** la presencia de una **masa sólida** renal derecha **sospechosa** de **tumoración primaria**.

TIPS

en lesiones renales incidentales

Mapa sin contraste virtual: demuestra si existe contenido denso en la supuesta lesión antes de la administración de contraste.



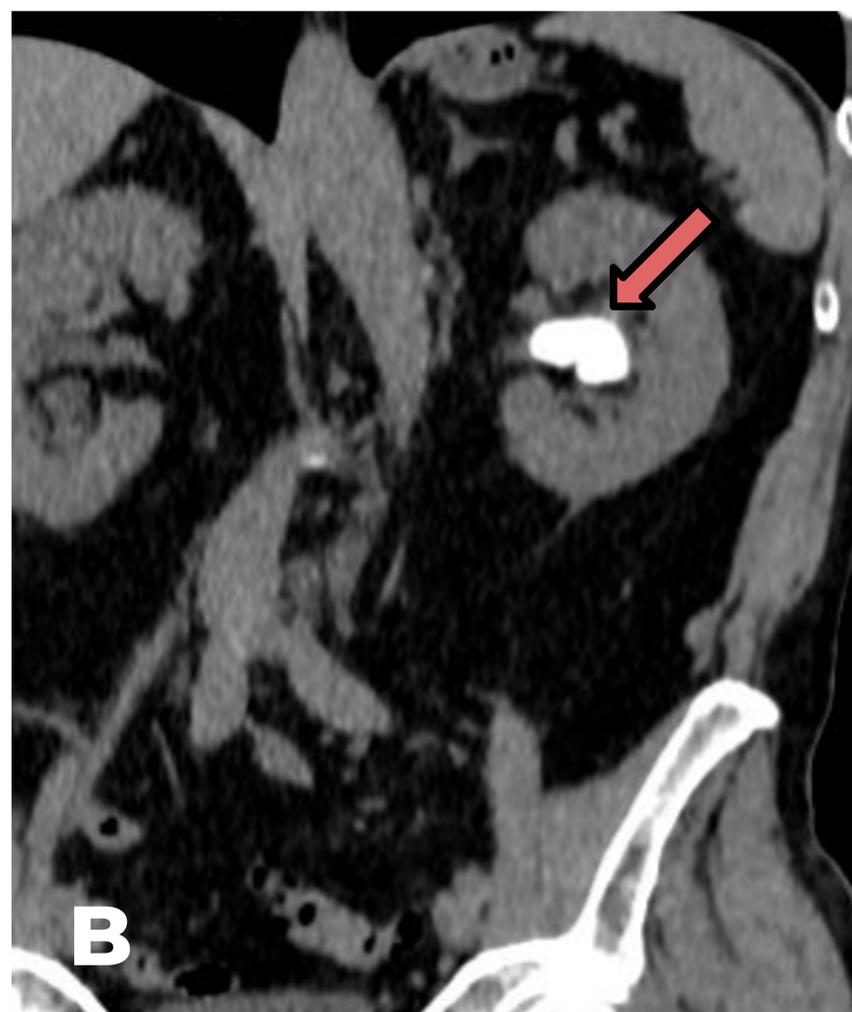
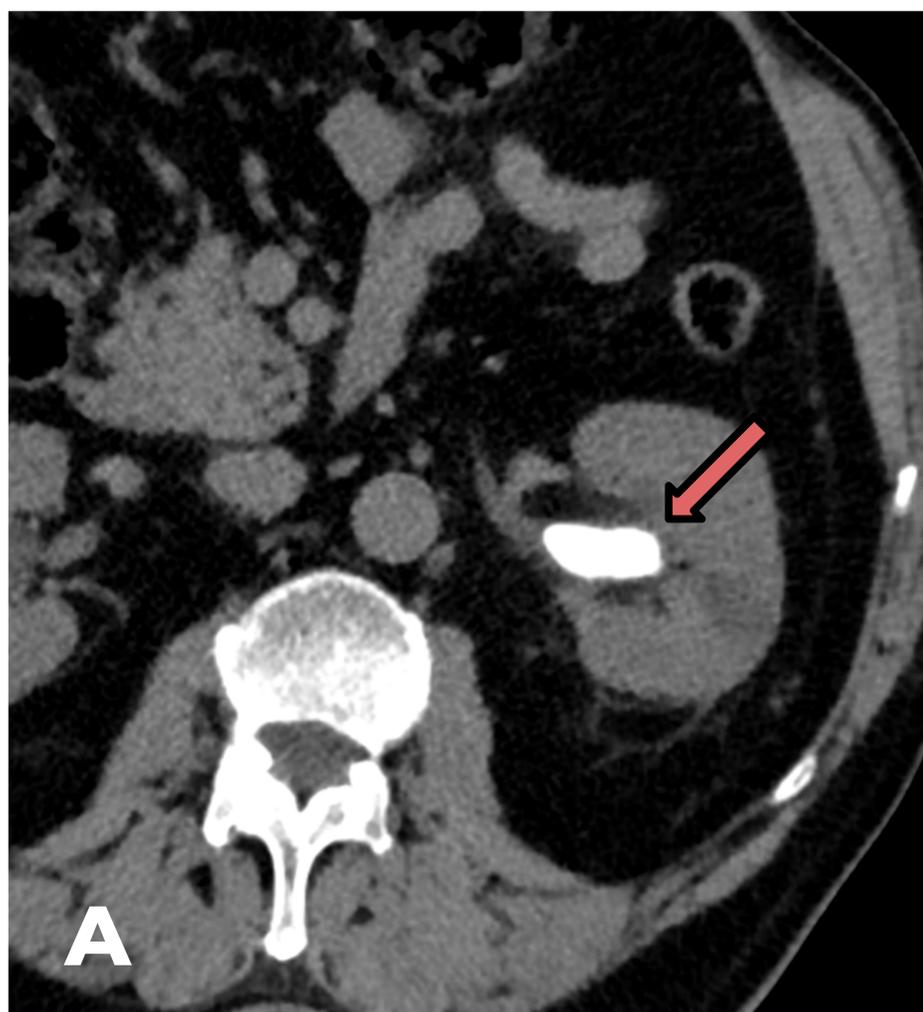
Mapa de densidad iodo: permite cuantificar la captación de la masa renal, aportando mayor seguridad en afirmar si presentan o no un aspecto sólido. En función del equipo, por encima de **0,5-1 mg/ml** podemos considerar que existe captación significativa.



Los mapas virtuales sin contraste y de densidad de iodo serán de especial **utilidad** en casos de **lesiones incidentales**, en las que no se dispone de un estudio multifásico para su correcta caracterización, reduciendo la necesidad de pruebas complementarias.

➔ **Caracterización de litiasis urinarias.**

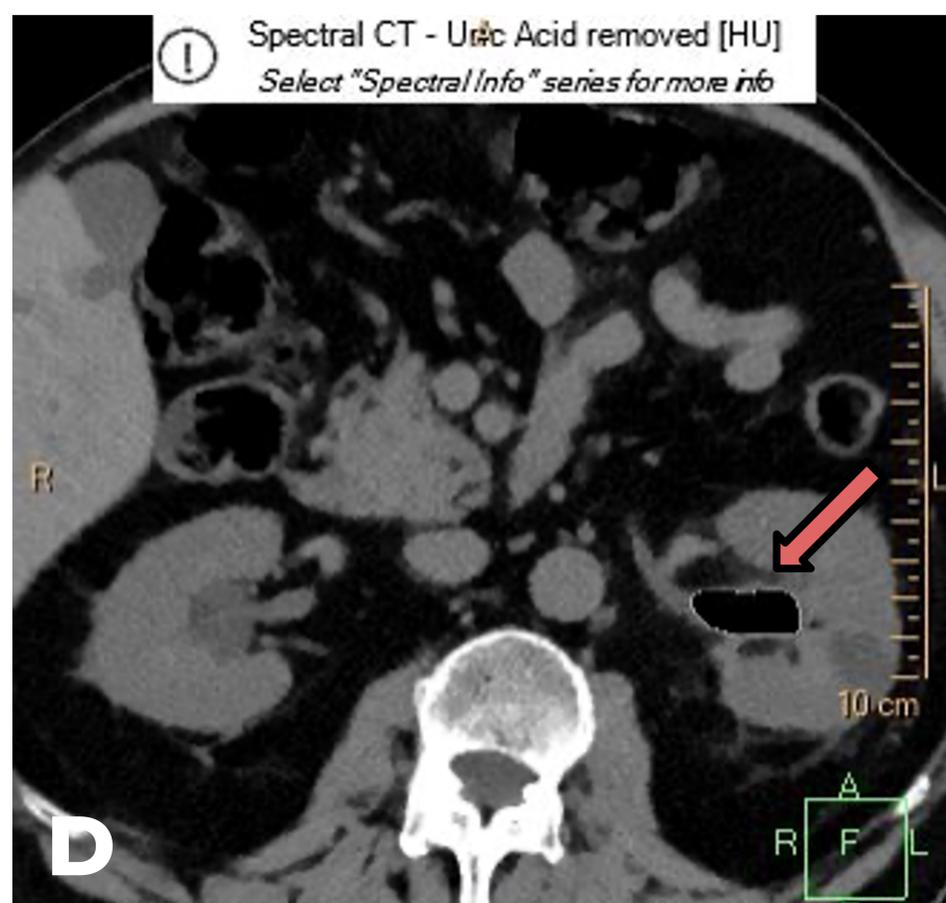
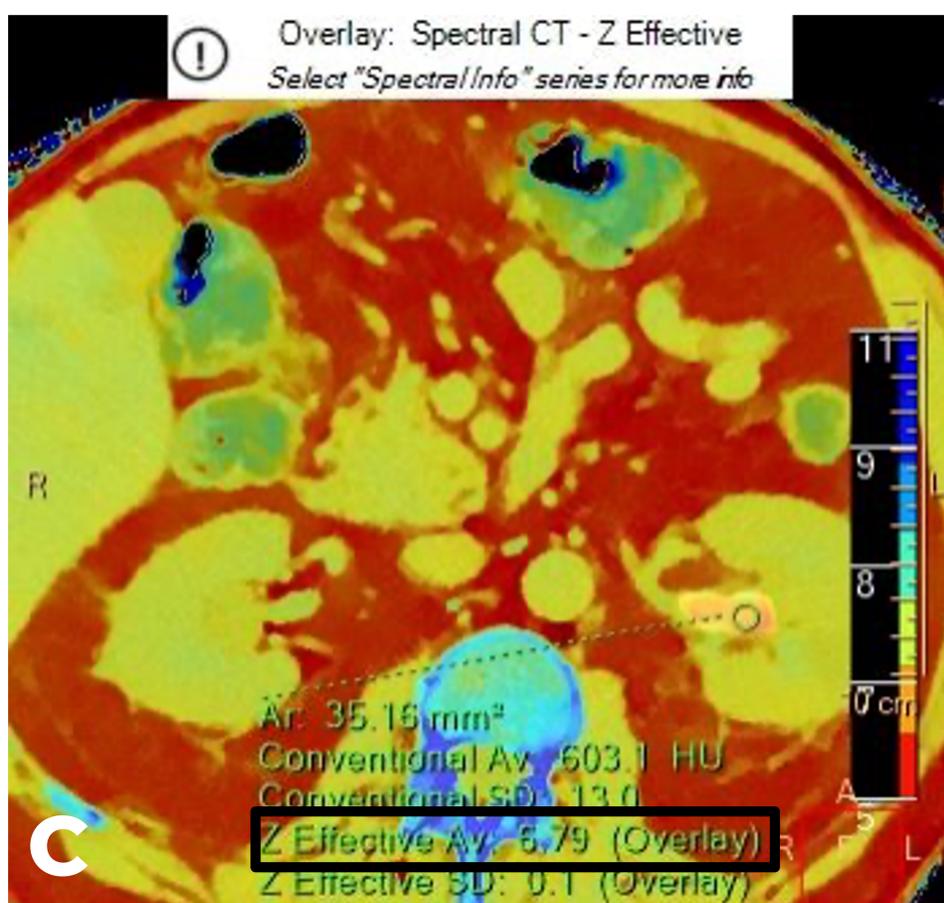
CASO 3. Paciente con antecedentes de cólicos renoureterales.



Corte axial de una TC abdomino-pélvica realizada sin administración de contraste yodado (A). Se objetiva una voluminosa litiasis coraliforme renal izquierda no obstructiva. En B se muestra la reconstrucción en sagital.

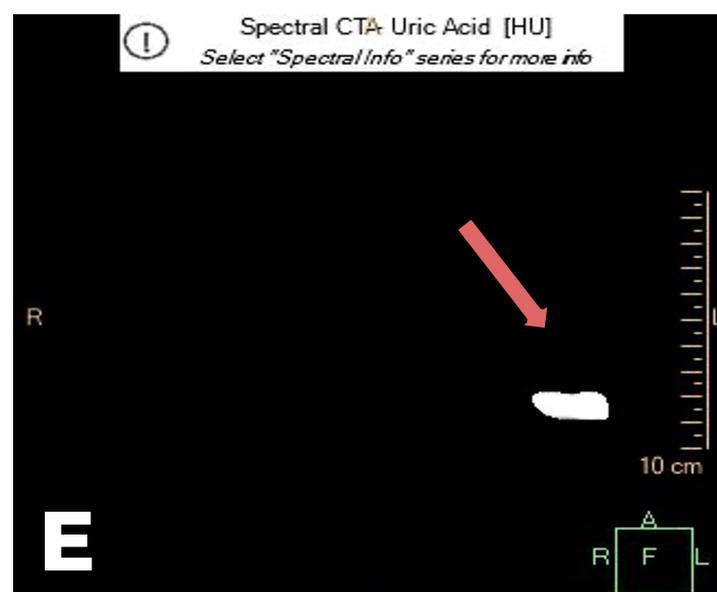
El paciente tiene tiene una litiasis renoureteral...
¿se puede **aportar más información?**

Con los equipos de TC espectrales es posible analizar la composición de las litiasis urinarias.



La litiasis a estudio presenta un número Z efectivo de 6,79 (C) y queda totalmente suprimida en el mapa de sustracción de ácido úrico (D). Todo ello concordante con **litiasis coraliforme con características de ácido úrico** según mapas espectrales.

* Mapa sólo ácido úrico en el que se muestra selectivamente la litiasis coraliforme (E).



TIPS

en litiasis urinarias

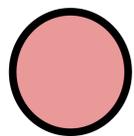


Mapa Z efectivo en el que se obtiene el número atómico del material a estudio. Si obtenemos un z efectivo $< 7-8$ estaremos ante una litiasis de **ácido úrico**.

Supresión ácido úrico y **mapa sólo ácido úrico** que elimina y muestra respectivamente el cálculo.

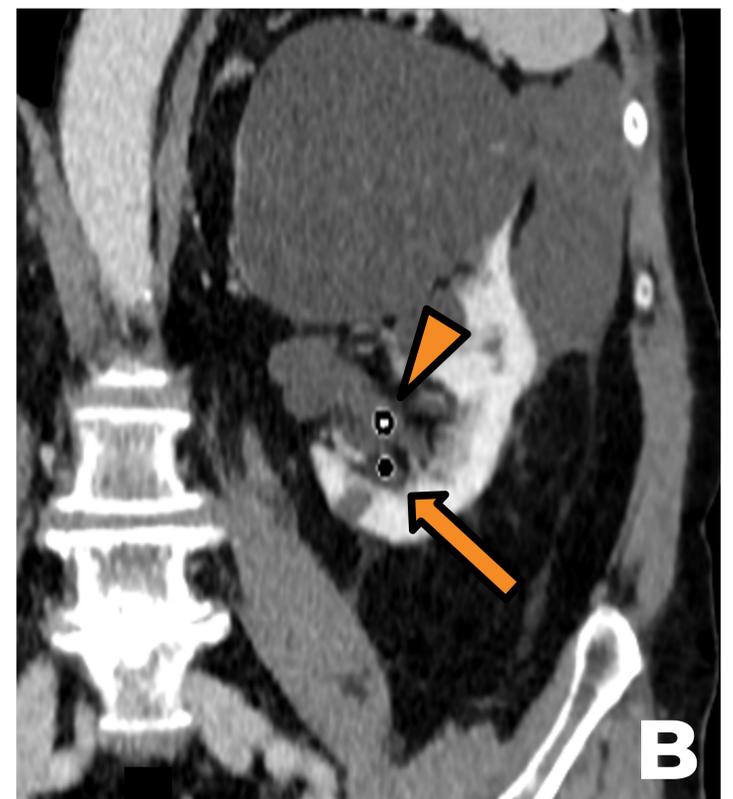


La **composición** de las **litiasis renoureterales** puede **cambiar** sustancialmente el **manejo** del paciente. Las litiasis de **ácido úrico** son **candidatas** a **tratamiento conservador** mediante alcalinización de la orina, evitando opciones más agresivas.



¡Cuidado! Este análisis presenta limitaciones en cálculos de muy pequeño tamaño y en casos de composición mixta.

Se muestran dos cortes coronales de un estudio convencional (A) y un mapa de supresión de ácido úrico (B) donde se objetivan dos litiasis no obstructivas en grupo calicial inferior derecho. Una de ellas presenta características compatibles con ácido úrico con supresión



completa en el mapa de la derecha (flecha), otra queda suprimida de forma parcial (punta de flecha), lo que sugiere un cálculo mixto.

➔ Detección de lesiones sólidas

CASO 3. Mujer de 86 en seguimiento por carcinoma colorrectal. Hallazgo incidental en pelvis renal izquierda.

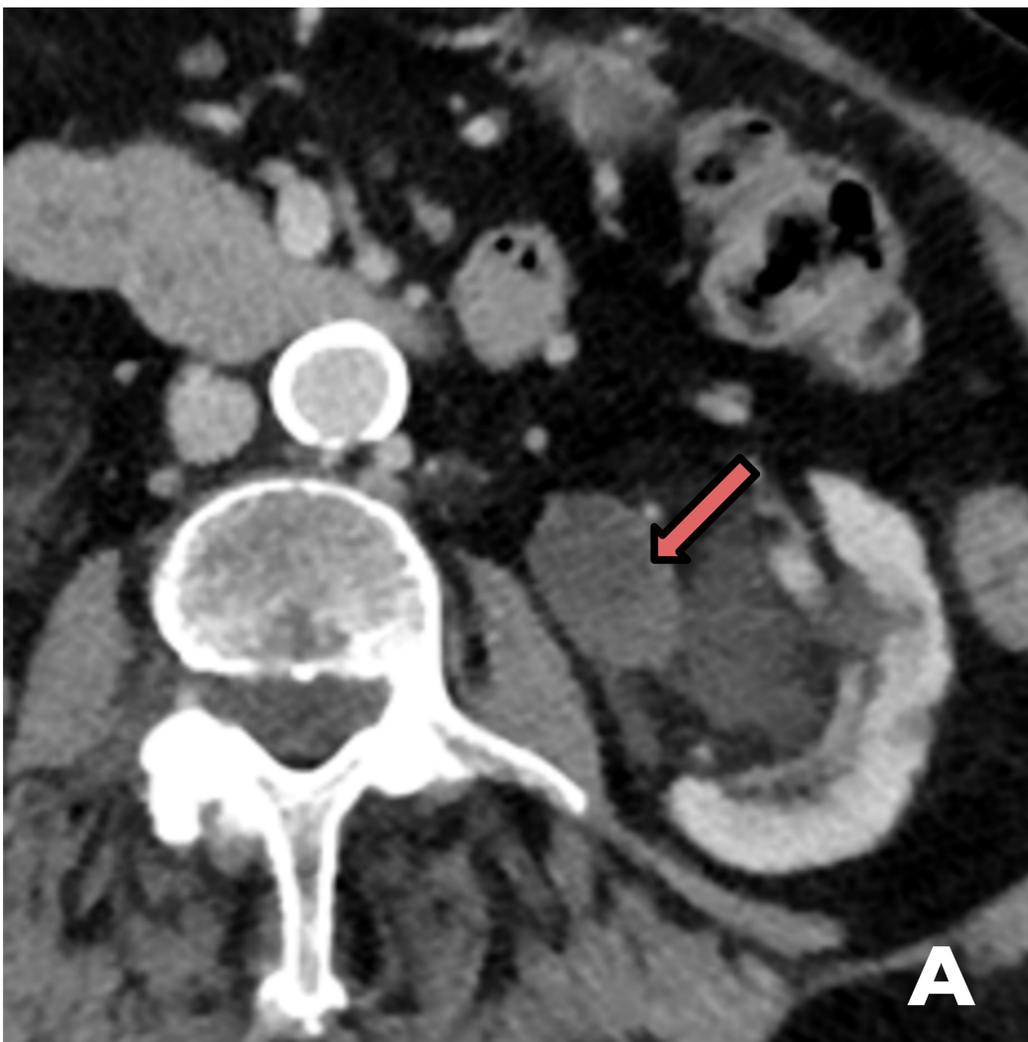
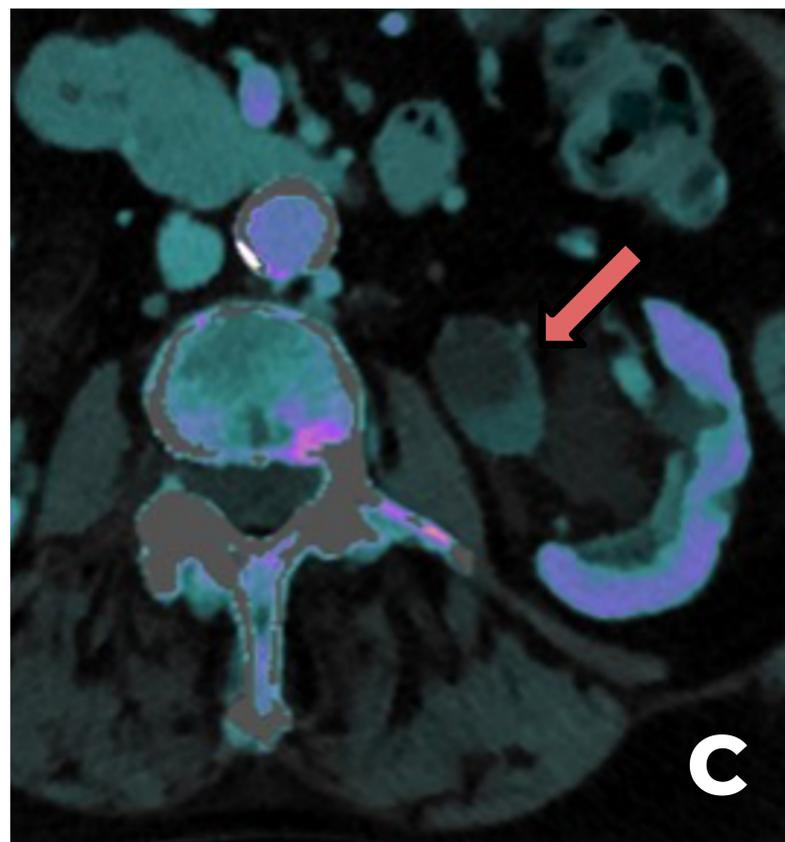
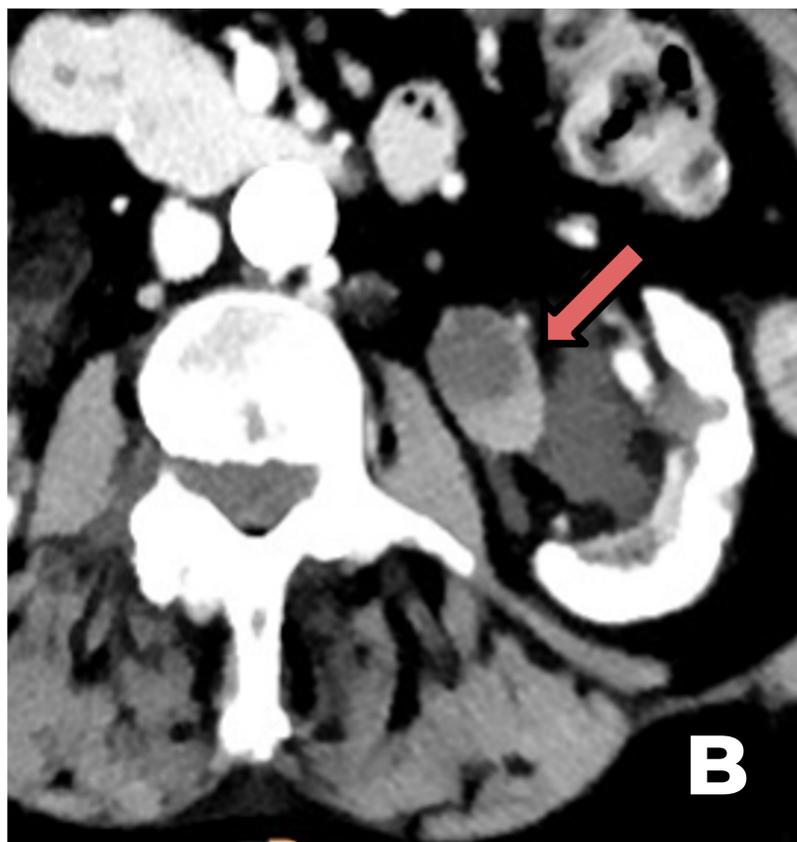


Imagen axial de TC abdomino-pélvica en fase portal (A) donde se objetiva un riñón izquierdo de aspecto atrófico, con quistes sinusales y ectasia de la pelvis renal, en la que se aprecia una sutil hiperdensidad en la porción declive.

¿Es realce urotelial patológico o detritus?

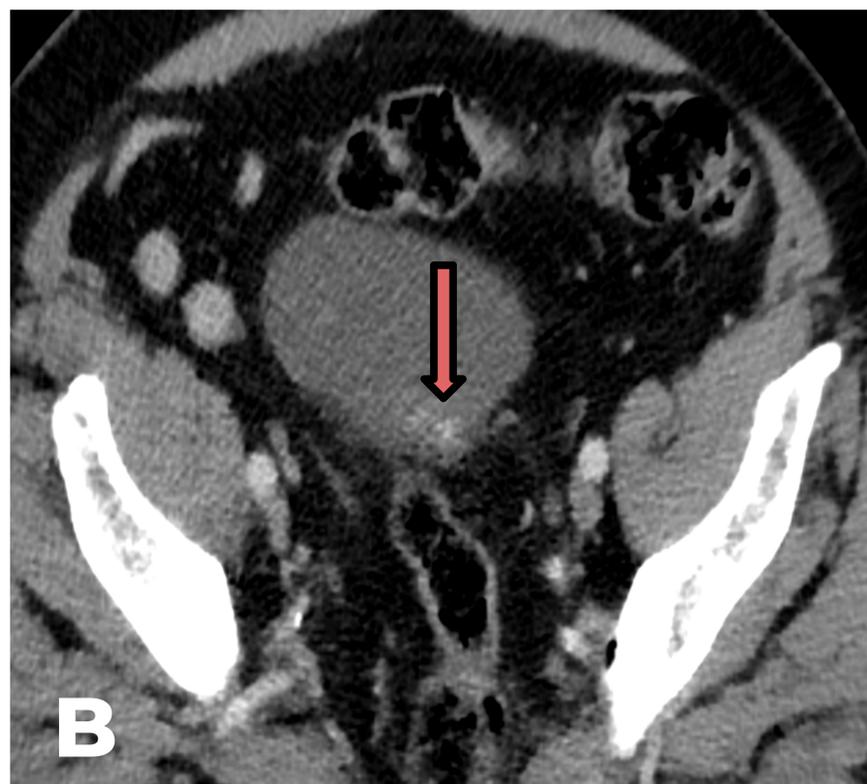
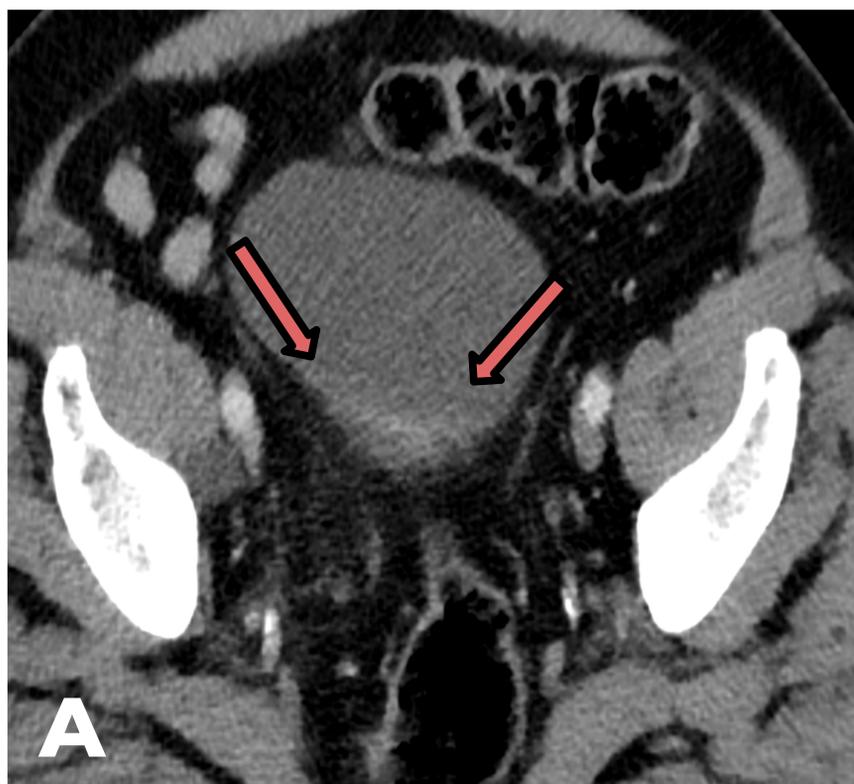
- La presencia de contenido denso en la vía excretora puede llegar a ser sutil y dudoso. Mediante algunos de los mapas de post-proceso estos hallazgos pueden ser más concluyentes de cara a reflejarlos en el informe radiológico.



Mapa monoenergético a 45 keV (B) donde resulta más evidente una **captación focal de urotelio en la pelvis renal izquierda**.

Mapa de densidad de iodo (C) en el que se objetiva aumento de la densidad de iodo en el área sospechosa, lo que **obliga a descartar una posible lesión urotelial** y a **recomendar un estudio dirigido**.

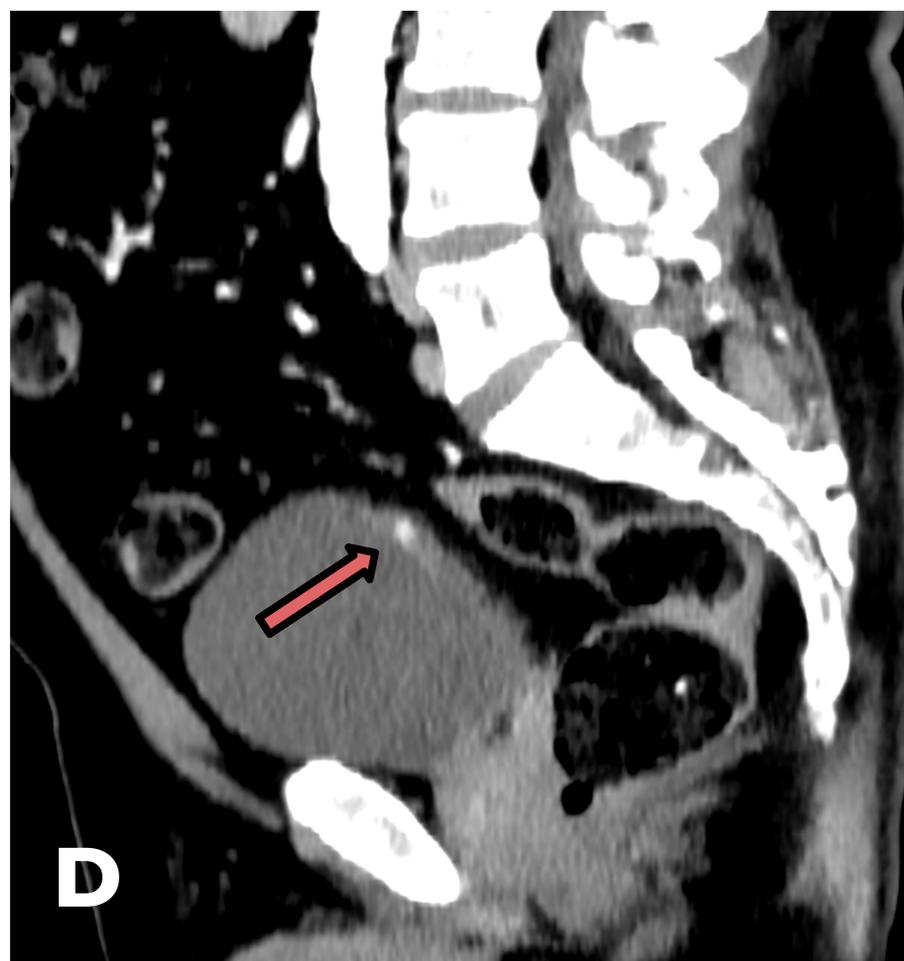
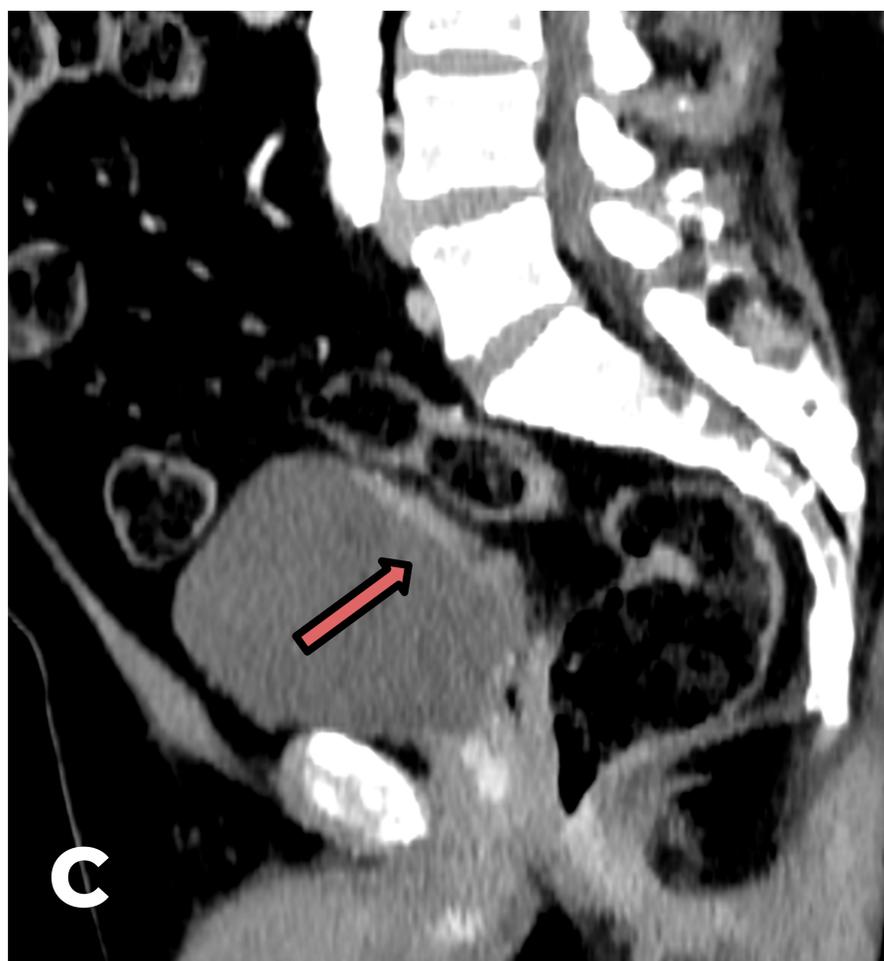
CASO 4. Paciente de 80 años fumador con microhematuria.



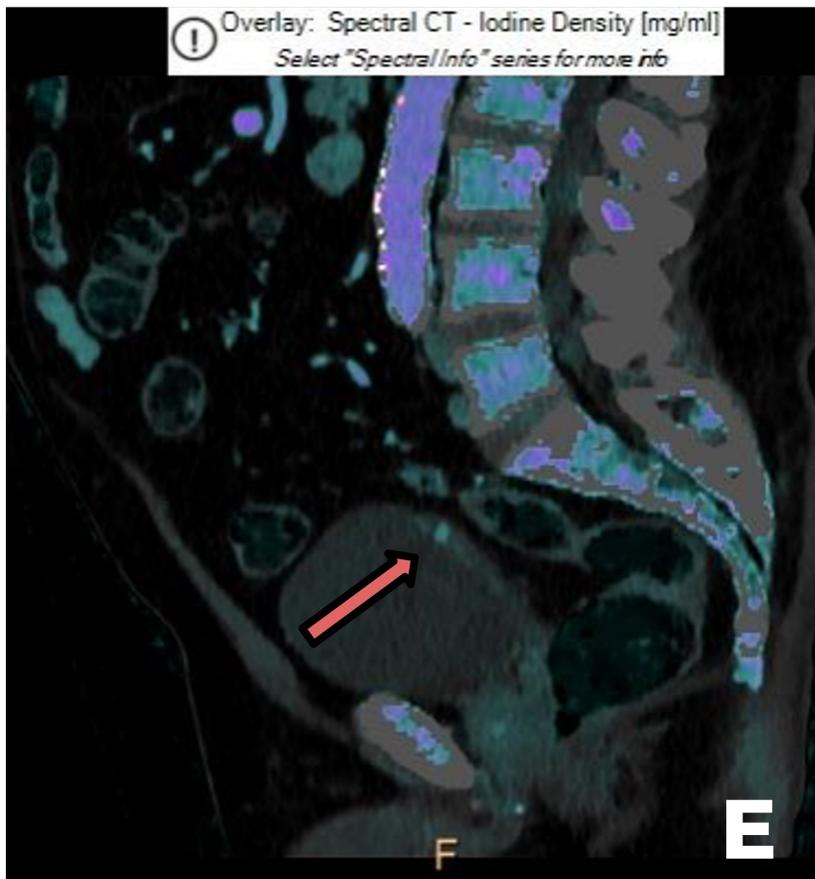
Se muestran dos cortes axiales de una TC abdomino-pélvica en fase portal, donde se objetiva una hiperdensidad focal de la pared vesical a nivel del trígono (A), con un pequeño componente más nodular (B).

¿Es una verdadera **lesión sólida** vesical?

Al igual que en el caso anterior, se puede cuestionar si la presencia de contenido denso pudiera estar en relación, por ejemplo, con detritus o litiasis, o si realmente se trata de una verdadera lesión sólida.

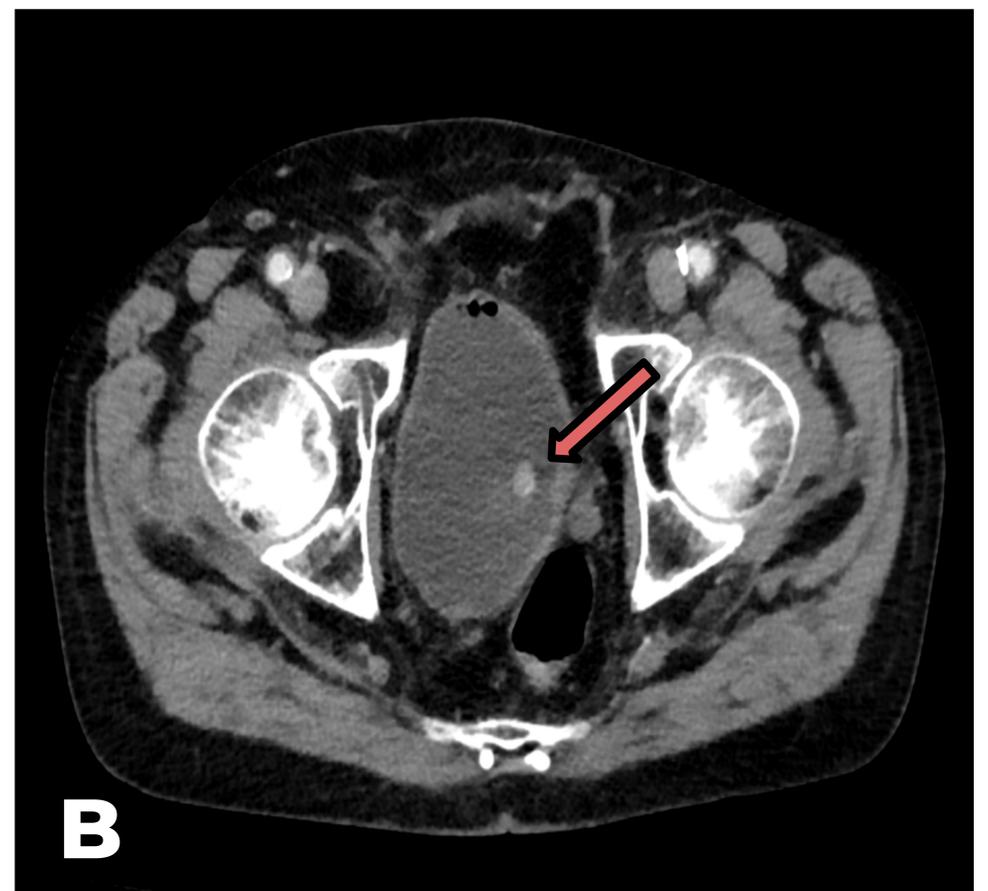
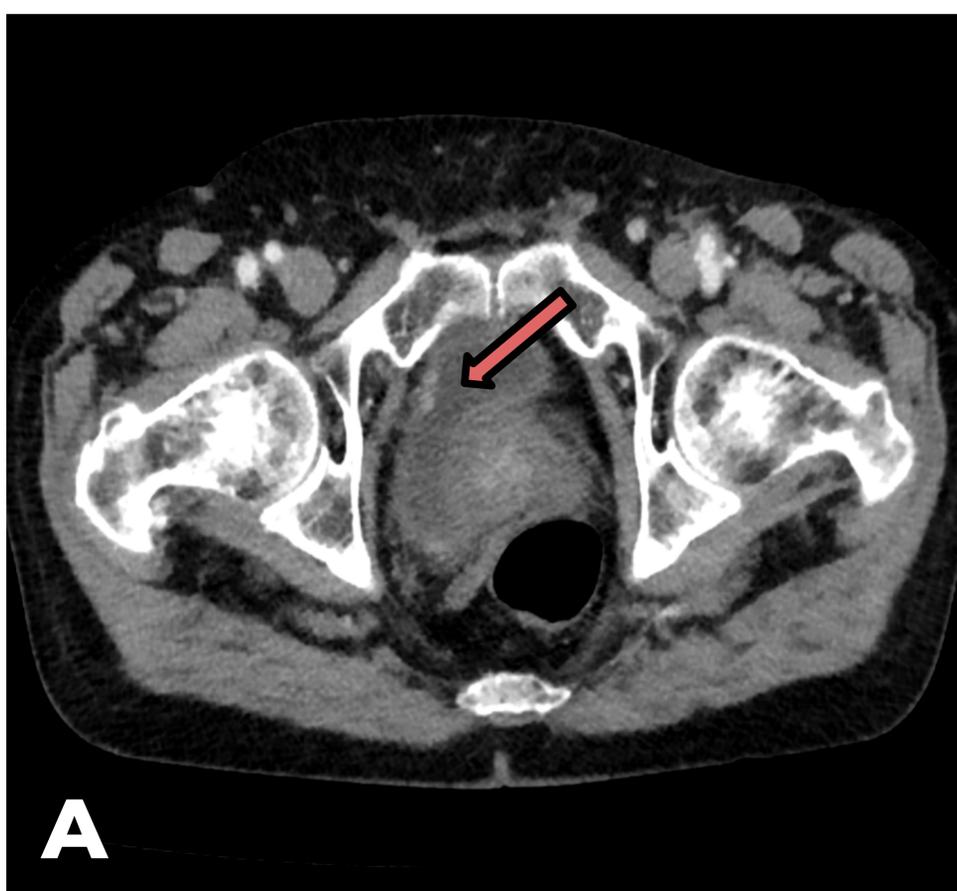


*Mapa monoenergético a 45 keV con reconstrucción en sagital donde resulta **más evidente** la **captación del urotelio en trígono vesical** y el componente más nodular en su margen anterosuperior (C y D).*

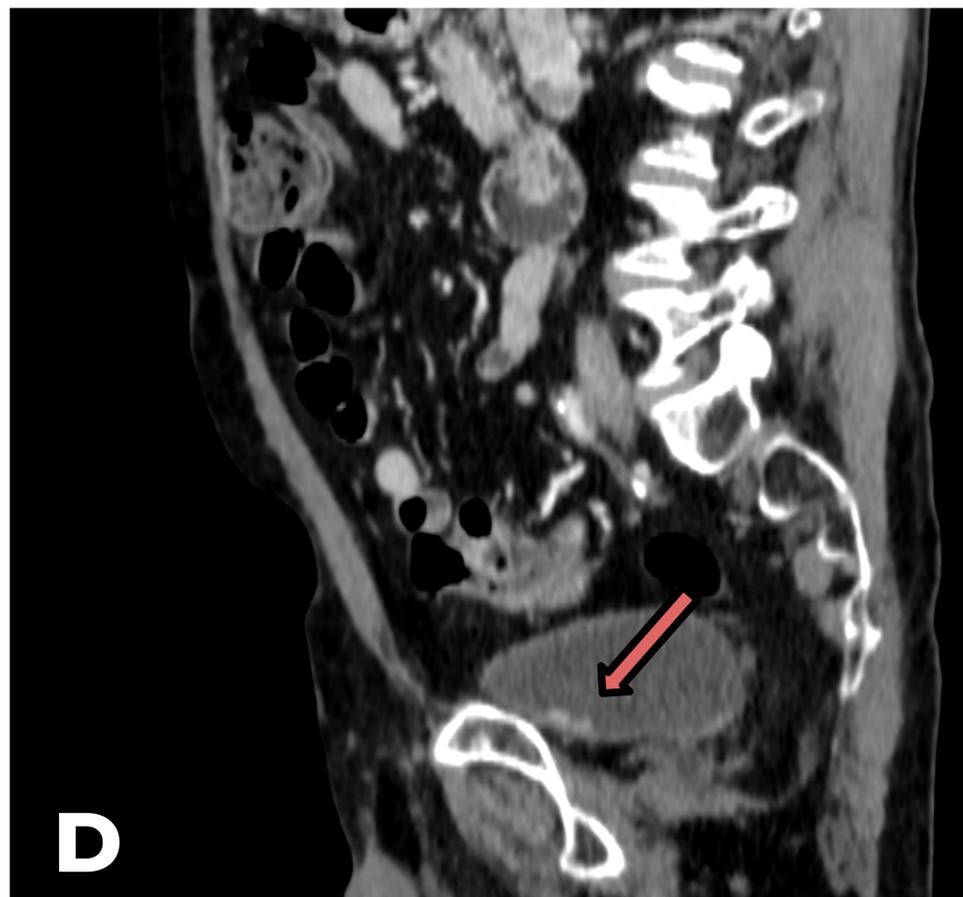


Mapa de densidad de yodo (E) en el que se demuestra aumento de la captación de yodo en trígono vesical con pequeño foco nodular (F). Se cuantifica dicha captación obteniendo un valor de 2,24 mg/ml (F). Estos datos **sugieren** una **naturaleza sólida** de la lesión, en este caso sugestivo de **tumoración vesical**.

CASO 5. TC de control de paciente con antecedente de tumor vesical resecado.

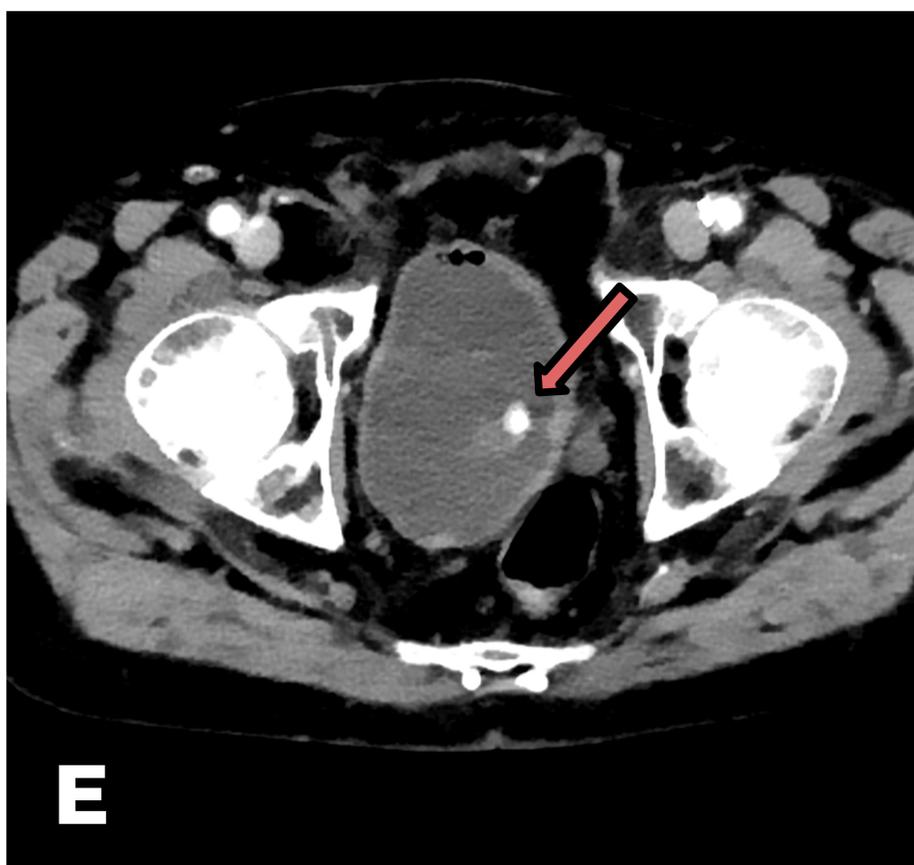


Cortes axiales de TC a nivel de la pelvis (A y B) donde se visualizan varios **nódulos** hiperdensos aparentemente dependientes de la **pared vesical**.

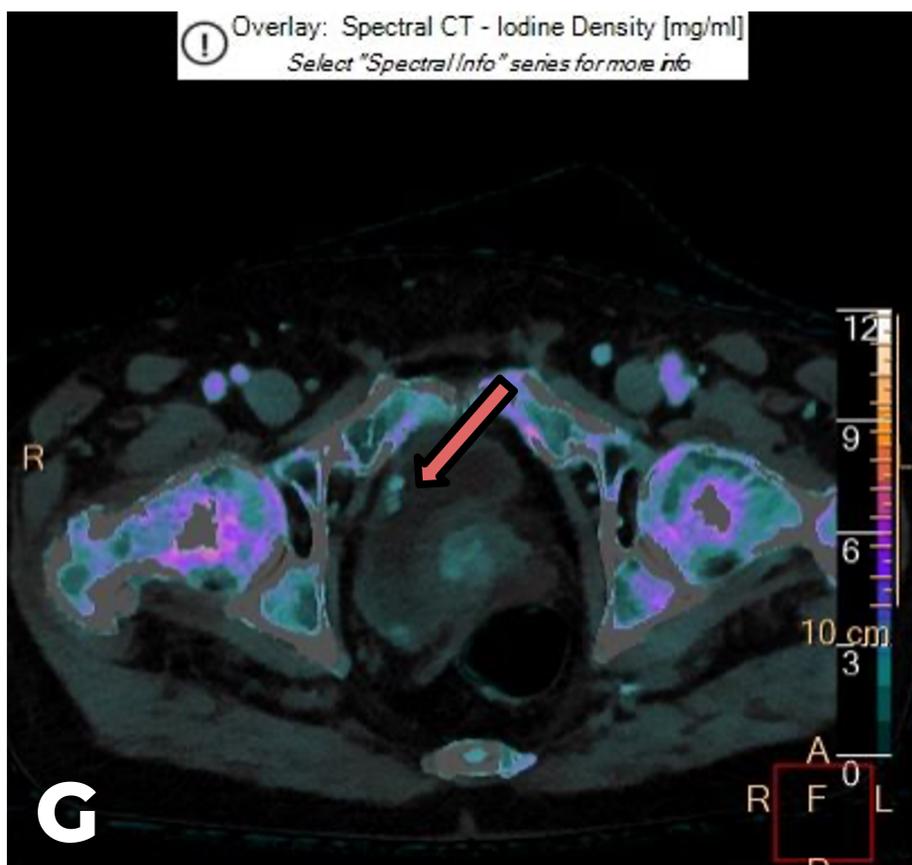


Reconstrucciones sagitales del mismo caso (C y D) donde se aprecian los mismos nódulos murales hipercaptantes en vejiga urinaria.

¿Se trata de una **recidiva** de un tumor urotelial?

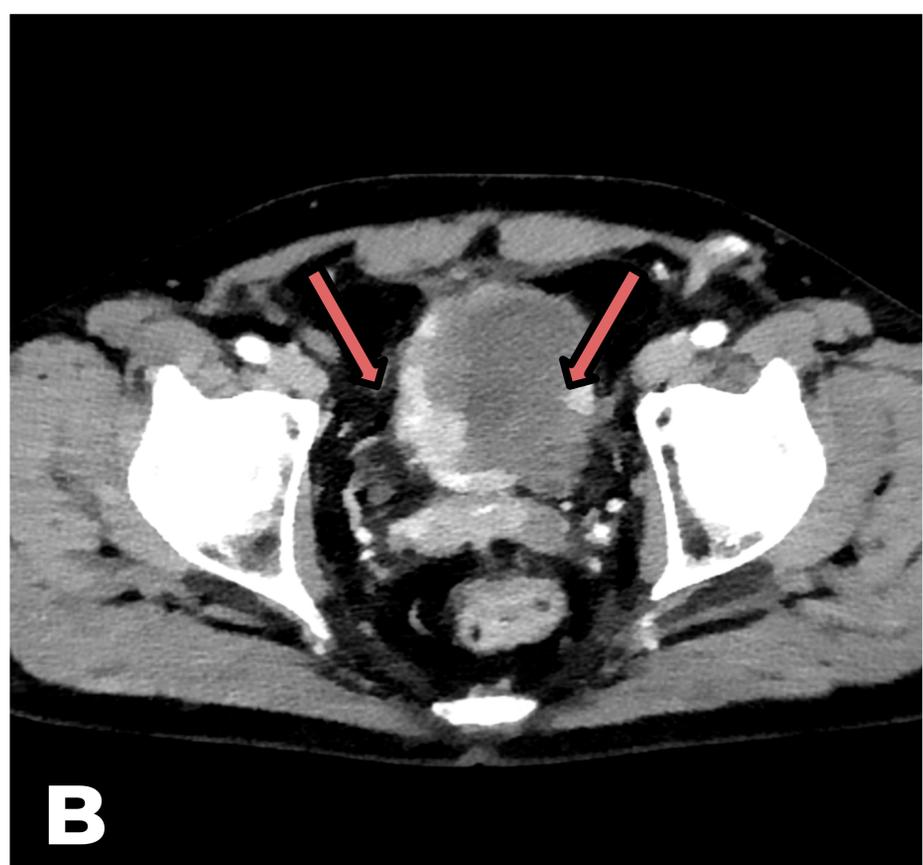
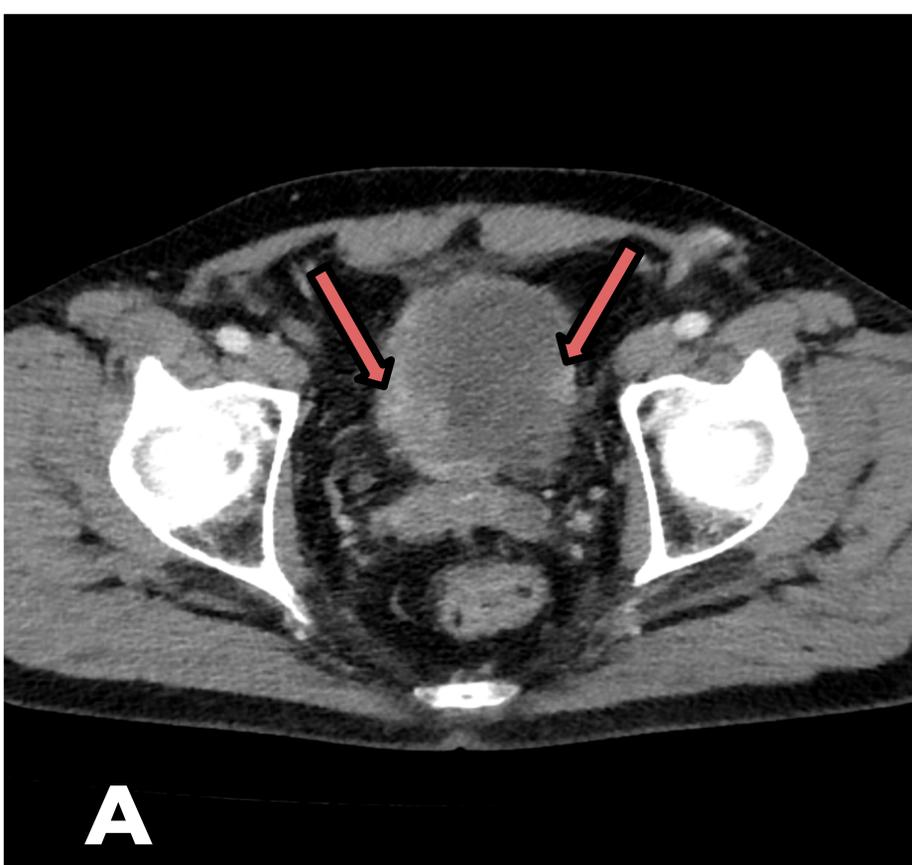


Mapas monoenergéticos a **45 KeV** en corte axial (E y F) en los que resulta **más evidente la hipercaptación nodular en pared vesical.**



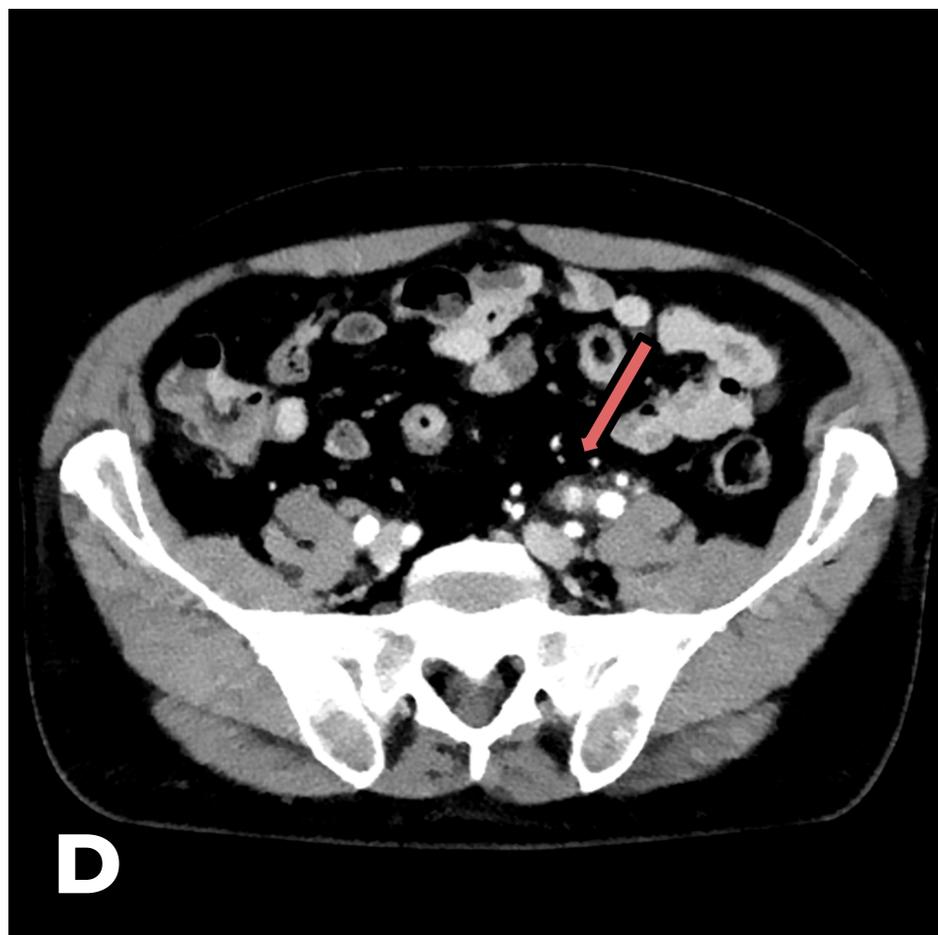
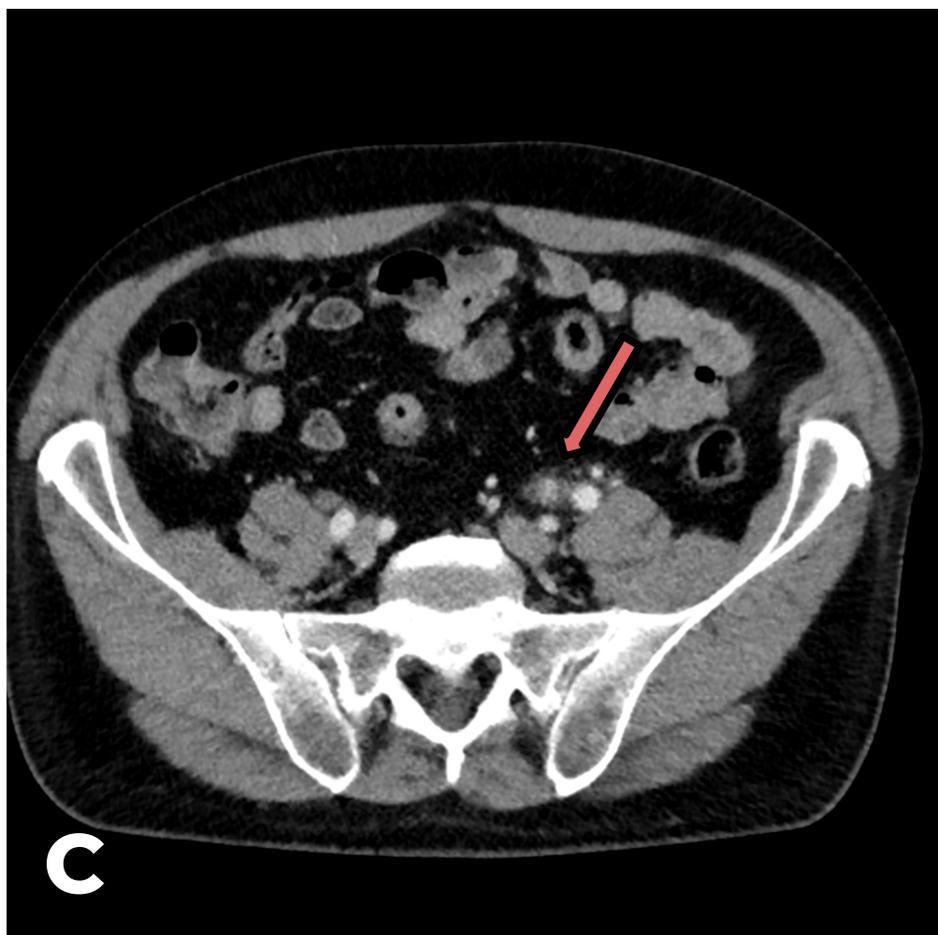
Mapas de densidad de yodo (G y H) en los que se demuestra incremento de la densidad de yodo en los nódulos sospechosos dependientes de pared vesical, cuantificando la captación en un valor de **3,18 mg/ml**. En el contexto clínico estas lesiones sugieren **recidiva tumoral**.

CASO 6: Paciente con tumor vesical de alto riesgo conocido.

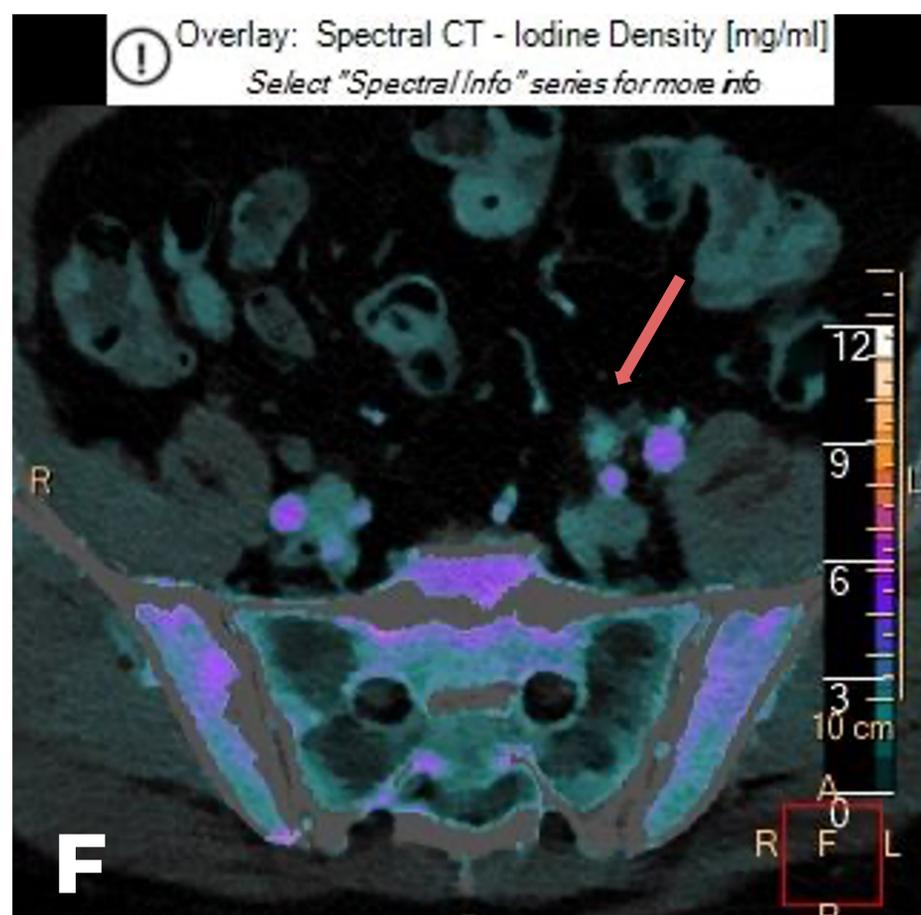
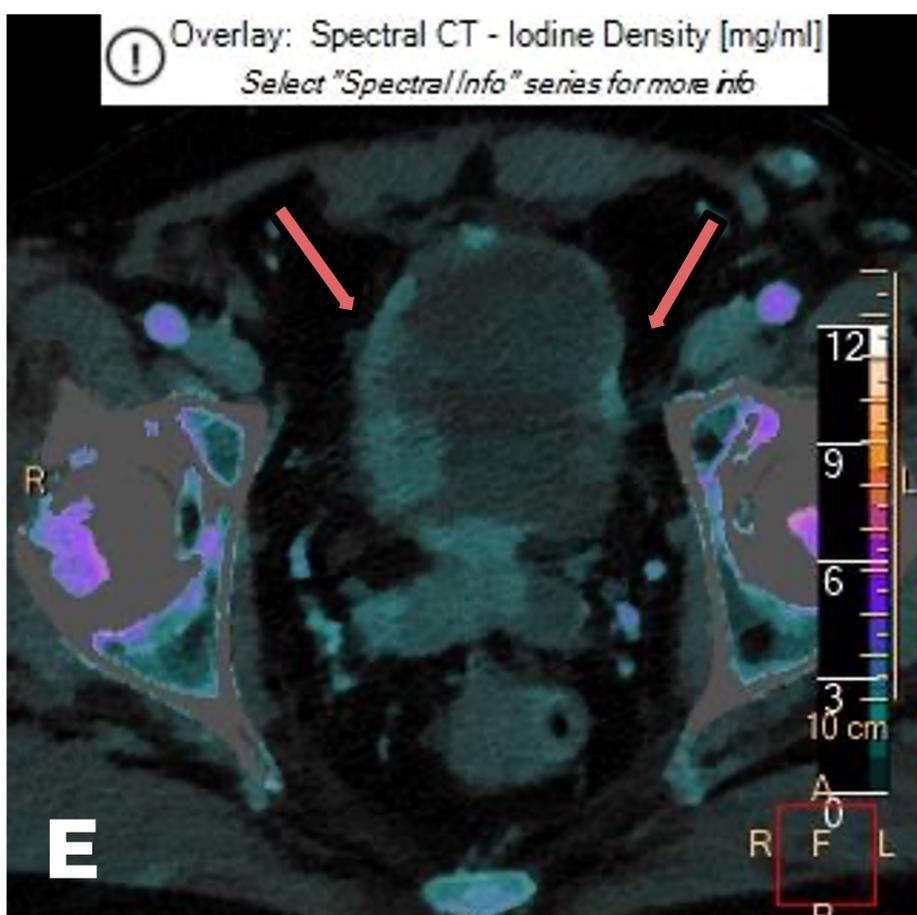


Se muestran dos cortes axiales de TC a nivel de la pelvis, donde se objetiva un engrosamiento irregular de la pared vesical en relación con tumoración vesical conocida (A), siendo más evidente en los mapas monocromáticos a bajas energías (B).

El paciente presenta una tumoración vesical conocida...
¿existe algún **hallazgo adicional**?



Ocupación en uréter medio izquierdo a nivel del cruce con los vasos iliacos, por contenido denso acompañado de trabeculación de la grasa periureteral (C). La captación de dicho contenido resulta **más evidente** al revisar las **imágenes monoenergéticas a bajas energías** (D).





Mapas de densidad de yodo en varios cortes:

- Aumento de la captación de yodo en la extensa lesión mural vesical conocida (E).
- Aumento significativo de la cantidad de yodo en la ocupación del uréter medio (F), cuantificada en 2,86 mg/ml (G).

Todos estos datos sugieren naturaleza sólida y es, por tanto, **sospechosa de tumoración urotelial sincrónica en vía excretora izquierda.**

TIPS

en detección de lesiones sólidas



Mapa monoenergético 45 keV potencia las estructuras con alto contenido en yodo haciendo más evidente la captación de posibles lesiones.

Mapa de densidad de yodo demuestra si existe aumento de la cantidad de yodo con posibilidad de cuantificar la captación de la potencial lesión.



Los mapas monoenergéticos a **bajos kV** facilitan la **detección** de **lesiones sutiles** que podrían pasar **desapercibidas** en la **imagen convencional**.

CONCLUSIONES



La TC espectral adquiere progresivamente más presencia en el día a día del radiólogo, por lo que es fundamental conocer la técnica, el equipo disponible y las diferentes herramientas de post-proceso.



En patología urinaria las principales aplicaciones serán la caracterización de masas renales incidentales, la detección de lesiones sólidas y el análisis de las litiasis renoureterales.



El **mapa sin contraste virtual** y el **mapa de densidad iodo** serán de utilidad en la **caracterización** de **lesiones renales incidentales**.



El mapa **monoenergético a bajas energías** y el **mapa de densidad iodo** ayudan en la **detección de lesiones sólidas sutiles**.



Para la **clasificación** de las **litiasis** urinarias se emplearán fundamentalmente el **mapa Z efectivo** y los **mapas de sustracción de ácido úrico**.

REFERENCIAS

- Adam, S. Z, Rabinowich, A., Kessner, R., & Blachar, A. (2021). Spectral CT of the abdomen: Where are we now? *Insights into imaging*, 12 (1), 138. doi:10.1186/s13244-021-0108-7
- Fernández-Pérez, G.C., Fraga Piñeiro, C.; Oñate Miranda, M., Díez Blanco, M., Mato Chaín, J., & Collazos Martínez, M.A. (2022). Energía dual en TC. Consideraciones técnicas y aplicaciones clínicas. *Radiología*, 64(5), 445-455. doi:10.1016/j.rx.2022.06.007.
- Fornaro, J., Leschka, S., Hibbeln, D., Butler, A., Anderson, N., Pache, G., ... Stolzmann, P. (2011). Dual- and multi-energy CT: approach to functional imaging. *Insights into imaging*, 2(2), 149-159. doi:10.1007/s13244-010-0057-0.
- Lachén, E. C., Campos, A. V., Latorre, R. G., González, S., & Arostegui, N. A. (2024). Tomografía computarizada espectral en patología abdominopélvica. Una guía práctica. *Radiología*. doi.org/10.1016/j.rx.2023.10.001.
- Potenta, S.E, DAgostino, R., Sternberg, K.M, Tatsumi, K., & Perusse, K. (2015). CT urography for evaluation of the uréter. *Radiographics: A Review Publication society of North America, Inc*, 35(3), 709-726. doi:10-1148/rg.2015140209.
- Silva, A.C, Morse, B.G., Hara, A.K., Paden, R.G., Hongo, N., & Pavlicek, W. (2011). Dual-energy (spectral) CT: applications in abdominal imaging. *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 31(4), 1031-1046; discussion 1047-50. doi:10.1148/rg.314105159.