

TC ESPECTRAL EN IMAGEN RENAL: DESDE LA DETECCIÓN HASTA LA EVALUACIÓN POSTRATAMIENTO

Claudia Fontenla Martínez¹, Celia Montón Gómez¹, Polina Rudenko¹, José Fernando
Melo¹,

David Castro Vidal¹, Laura Frontera Valero¹, Ana Puig¹

¹ Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia.

OBJETIVO DOCENTE

Revisar las aplicaciones del TC de energía dual o espectral (DECT) en la patología renal, destacando su papel en la detección, caracterización y estadificación de lesiones, así como en los controles tras el tratamiento.

INTRODUCCIÓN

TC convencional de energía única

Basado en un único haz de rayos X donde los electrones se aceleran hasta un umbral máximo de energía, habitualmente a un voltaje de 120–140 kVp.

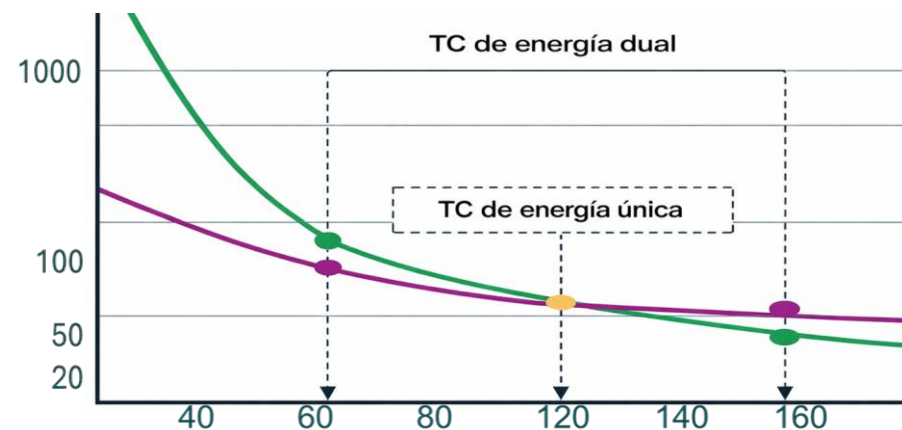
El haz es policromático, pero la imagen resultante integra todas las energías en un único valor de atenuación.

Esto produce un solapamiento del espectro continuo de energías, lo que limita la caracterización tisular y dificulta la diferenciación entre materiales con coeficientes de atenuación similares.

TC de energía dual / Multienergía / Espectral (DECT)

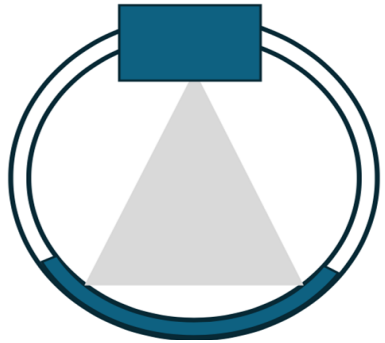
La TC espectral permite adquirir y analizar información utilizando diferentes niveles energéticos (aproximadamente 40–200 keV) a partir de un haz policromático.

Posibilita evaluar cómo varía la atenuación de los tejidos en función de la energía, facilitando una caracterización tisular avanzada mediante el análisis de los coeficientes de atenuación dependientes del nivel energético.



Variación de la atenuación (UH) (eje Y) en función de la energía (keV) (eje X)

TC convencional de Energía Única

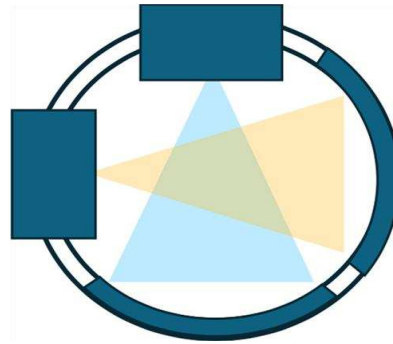


Equipos TC con Energía Dual o Espectral (DECT)

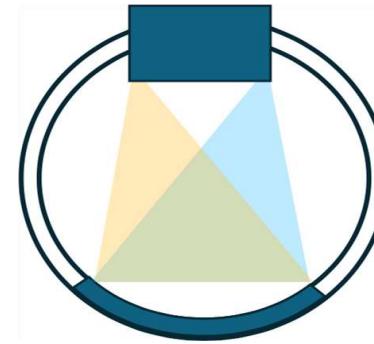
Doble fuente
(Dual Source)



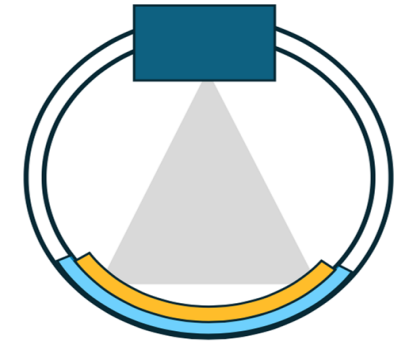
Conmutación rápida de kVp
(kVp switching)



Filtro dividido
(Split filter)



Detector de doble capa
(Sandwich / Dual-layer detector)



Datos crudos o Raw
Data DECT

Mapas postprocesados

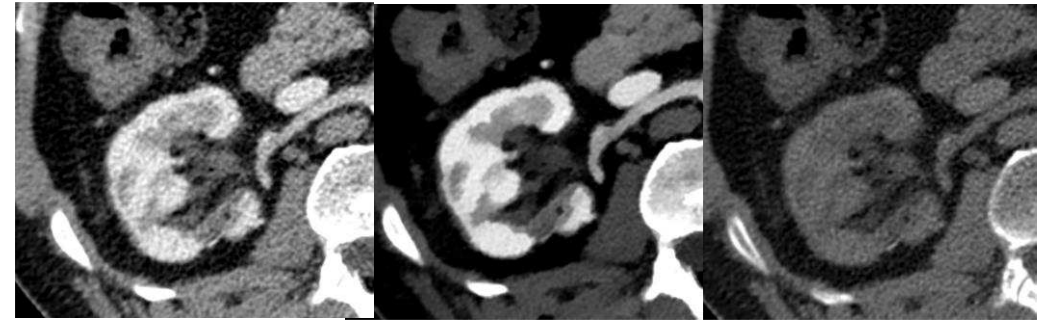
La combinación de diferentes mapas espectrales e imágenes de fusión, puede aumentar significativamente la confianza diagnóstica del radiólogo.

La ventaja del TC espectral con detector de doble capa frente a otras tecnologías de DECT es que los resultados espectrales están disponibles en todas las adquisiciones realizadas con SDCT, sin necesidad de selección previa del protocolo espectral.

INTRODUCCIÓN: MAPAS POSTPROCESADOS

Imágenes Monoenergéticas Virtuales (VMIs o MonoE o ME)

- 65-70 keV: Equivalentes a las imágenes de TC convencional a 120 kVp, habitualmente con menor ruido.
- **ME de baja energía** (<60 keV): Por el predominio del efecto fotoeléctrico, aumenta el contraste del yodo, útil para detectar lesiones hipervasculares y mejorar la visualización de vasos pequeños.
- **ME de alta energía** (>140 keV): Por el predominio del efecto Compton, reducen los artefactos metálicos.



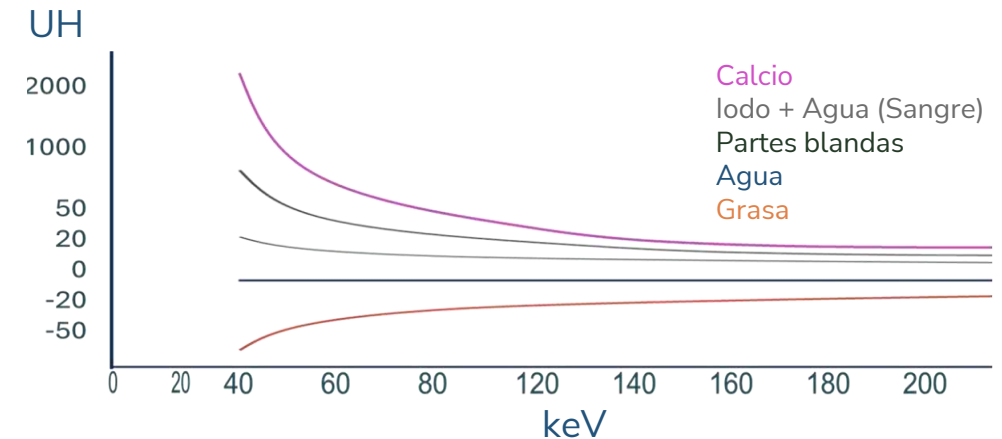
TC Convencional (CCT) a 120 kVp con c.i.v. en fase nefrográfica.

MonoE a baja energía (40 keV).

MonoE alta energía (200 keV).

Curvas espectrales de UH (Spectral HU Curves)

Representan la variación de atenuación (UH) de un tejido en función del nivel energético (keV), reflejando su comportamiento de atenuación dependiente de la energía, facilitando la caracterización tisular. El diagrama muestra el comportamiento de diferentes tejidos en función del nivel de energía.



INTRODUCCIÓN: MAPAS POSTPROCESADOS

Mapas de yodo

Mediante el análisis de los coeficientes de atenuación del yodo y su dependencia energética, es posible generar mapas específicos de material que permiten cuantificar la concentración de yodo en diferentes tejidos (imágenes B-D).

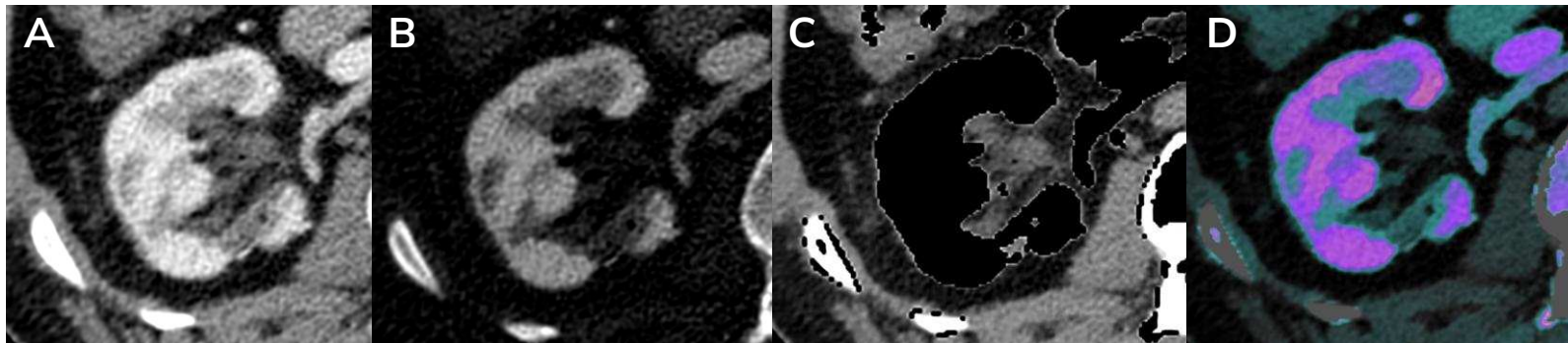
Los mapas de yodo facilitan la **caracterización de lesiones**, la evaluación de la **vascularización tumoral** y contribuyen al **seguimiento de la respuesta al tratamiento**.

La cuantificación puede contribuir a la caracterización de las lesiones.

Imágenes virtuales sin contraste (VNC)

Mediante la sustracción del componente de yodo, tras la identificación de los vóxeles que lo contienen, es posible generar imágenes virtuales sin contraste que se aproximan a las obtenidas sin administración de contraste intravenoso.

Esto permite, en determinados protocolos, omitir la fase sin contraste en estudios multifásicos, **reduciendo la dosis de radiación y el tiempo de adquisición**.

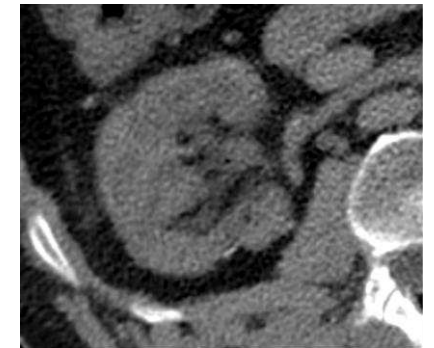


A
TC Convencional (CCT) a 120 kVp con c.i.v. en fase nefrográfica.

B
Mapa de densidad de yodo

C
Mapa de sustracción de yodo

D
Superposición de Mapa de densidad de yodo con TC Convencional.



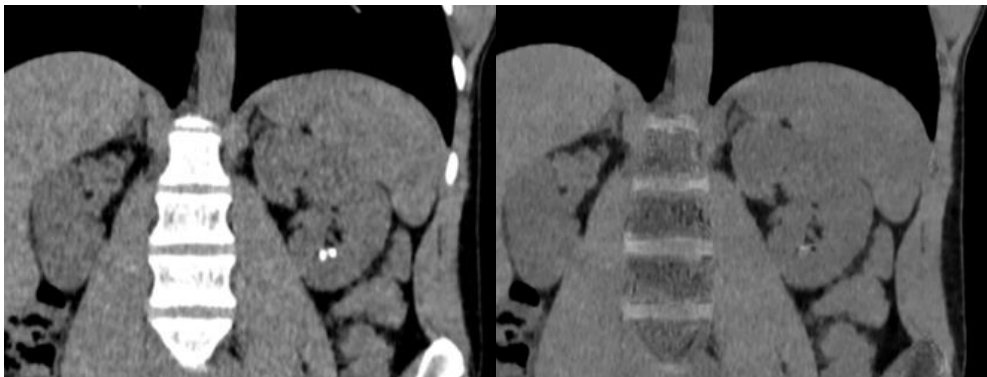
VNC

INTRODUCCIÓN: MAPAS POSTPROCESADOS

Otros mapas de descomposición: calcio y ácido úrico

El calcio y el ácido úrico también pueden ser detectados, permitiendo generar mapas específicos de material o mapas de sustracción.

Resulta especialmente útil en la evaluación de litiasis, permitiendo diferenciar entre cálculos de composición cálcica y cálculos de ácido úrico, con implicaciones directas en el manejo clínico.



TC convencional sin c.i.v.

Mapa sustracción de calcio.

Mapa Z-efectivo

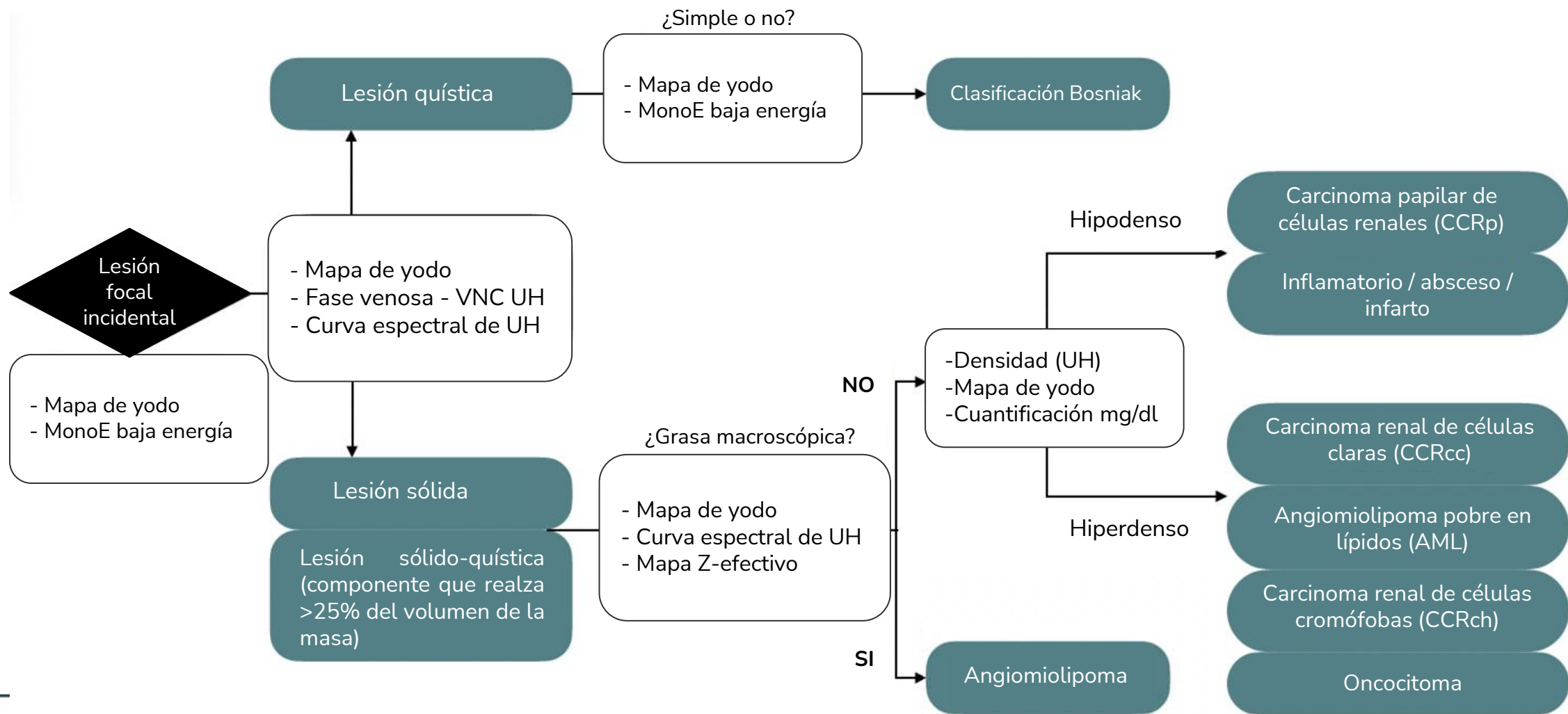
El número atómico efectivo (Z-efectivo) representa el promedio del número atómico de los elementos que componen un vóxel.

Utiliza una codificación por colores para visualizar los distintos valores de Z-efectivo, lo que permite destacar diferencias en la composición elemental incluso entre estructuras con atenuación similar en TC convencional.



Mapa Z efectivo.

LESIONES FOCALES: DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN

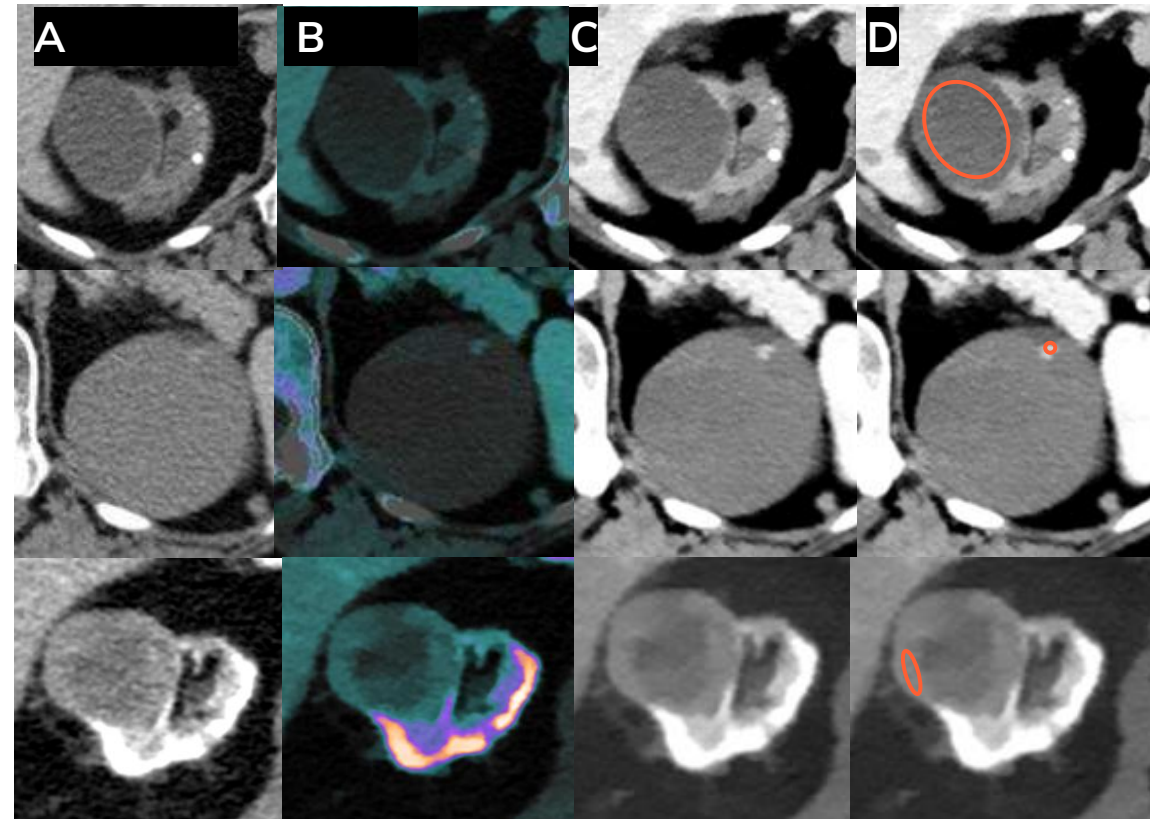


LESIONES FOCALES: CARACTERIZACIÓN



Recomendaciones para la colocación de ROI en lesiones focales

1. Lesiones homogéneas: los ROI deben abarcar la mayor extensión posible de la lesión, evitando los márgenes de la masa para prevenir efectos de volumen parcial.
2. Lesiones heterogéneas: en lesiones sólidas con realce heterogéneo o quísticas complejas con septos, engrosamiento parietal o nódulos, se debe colocar el ROI sobre las regiones de mayor realce, evitando las áreas de baja atenuación, necrosis, calcificaciones y vasos de gran calibre.



Quiste
simple

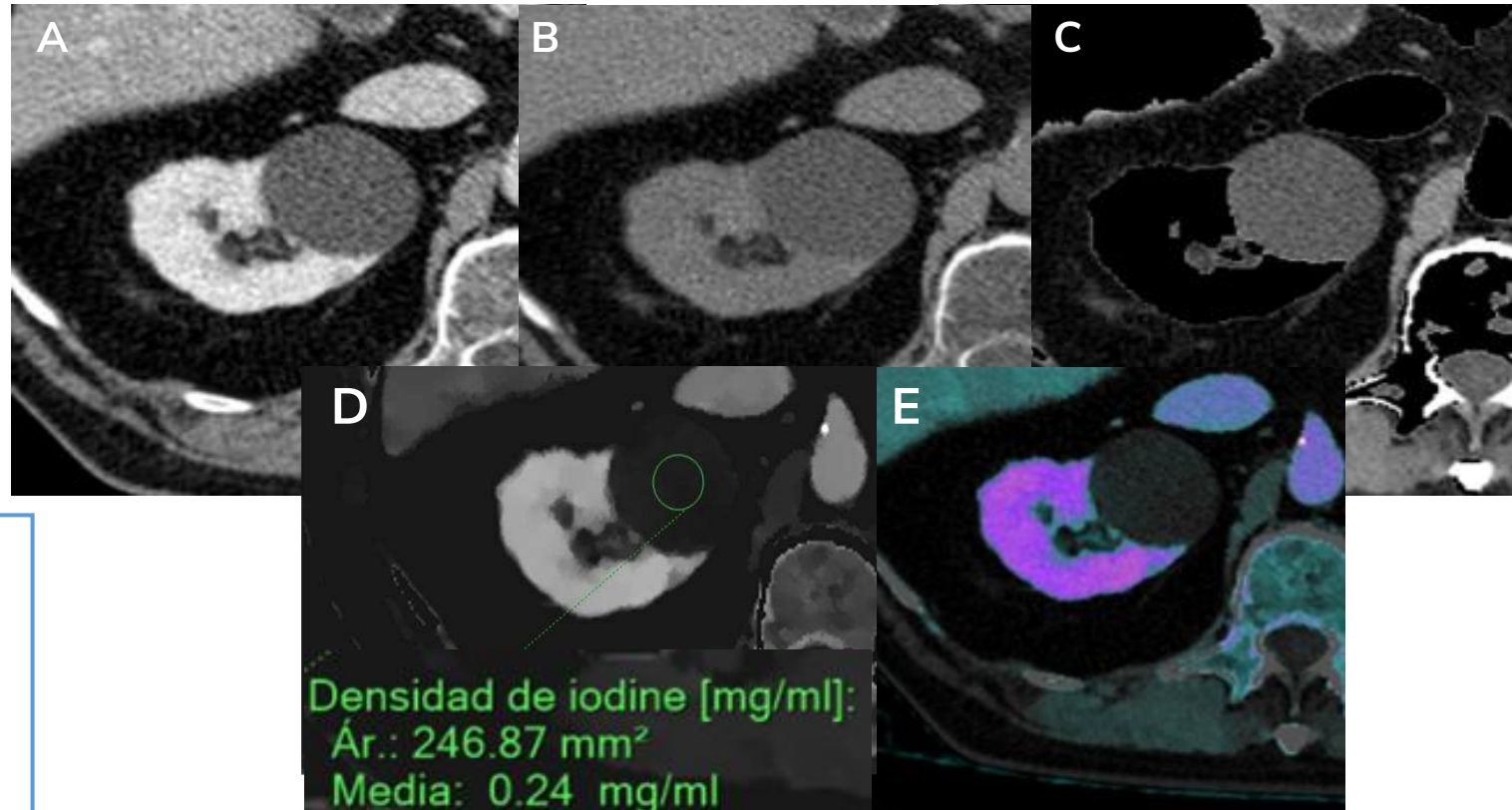
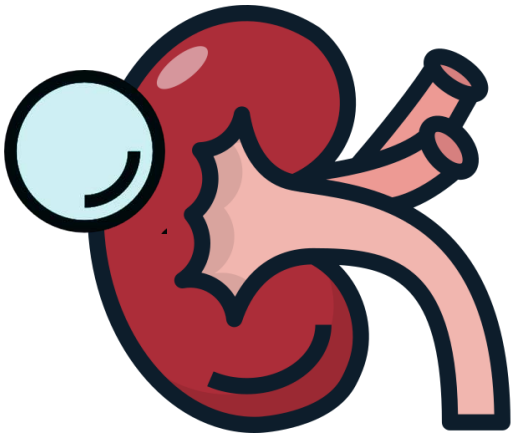
Bosniak IV

RCC

A. TC convencional, fase venosa. B. Mapa de yodo superpuesto sobre TC convencional. C. ME baja energía a 40 keV. D. ME baja energía a 40 keV con colocación de ROI siguiendo las recomendaciones.

LESIONES FOCALES

QUISTE SIMPLE. BOSNIAK I



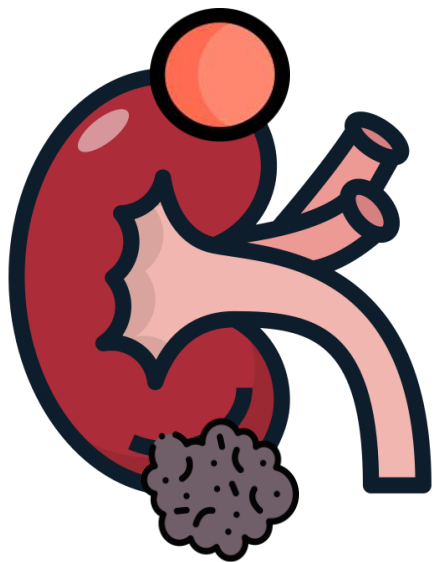
- Atenuación en VNC < 20 UH
- Diferencia de atenuación entre la fase venosa y VNC < 20 UH
- Captación de yodo < 1–1,5 mg/dL
- Desaparición en los mapas de sustracción de yodo

A. TC convencional en fase venosa. B. Imagen virtual sin contraste (VNC). Diferencia de atenuación entre la fase venosa y VNC < 20 UH. C-D. El mapa de sustracción de yodo no muestra eliminación, y el mapa de densidad de yodo no demuestra captación (cuantificación < 1 mg/dL). E. Superposición del mapa de yodo sobre la TC. Compatible con quiste simple.

LESIONES FOCALES

LESIÓN HIPERDENSA INCIDENTAL

* identificada en un estudio con contraste con una sola fase.



BOSNIAK II

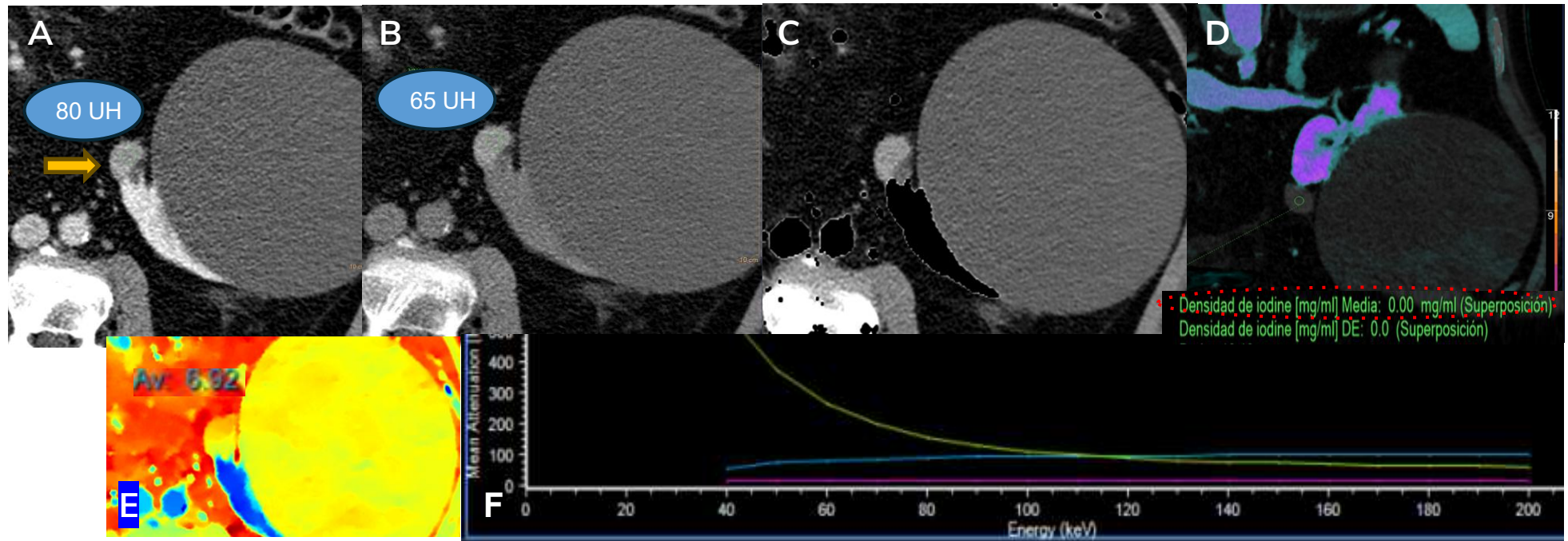
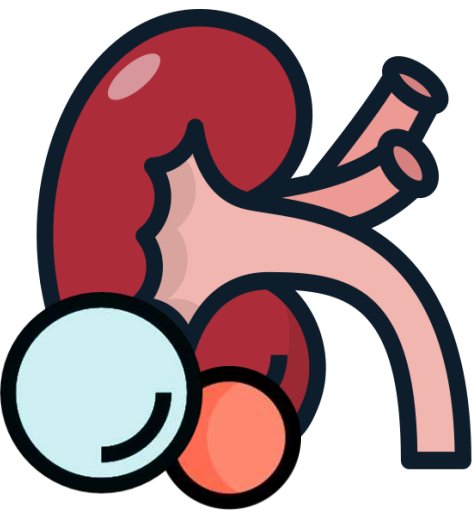
- VNC: atenuación mayor que la del agua (> 20 UH), debido a alta concentración de material proteico, sangre,...
- Diferencia de atenuación entre la fase venosa y la VNC $< 20-30$ UH.
- Captación de yodo $< 1-1,5$ mg/dL, con eliminación en los mapas de eliminación de yodo.
- Curva relativamente plana en la curva espectral de UH.
- Mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo): valor bajo.

LESIÓN FOCAL

- Diferencia de atenuación entre la fase venosa y la VNC $> 20-30$ UH.
- Captación de yodo $> 1-1,5$ mg/dL, sin eliminación parcial ni completa de la lesión en los mapas de eliminación de yodo.
- La curva espectral en UH muestra un aumento de la atenuación a bajos niveles de energía.
- Mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo): valor más alto.

LESIONES FOCALES

LESIÓN HIPERDENSA: BOSNIAK II VS LESIÓN SÓLIDA



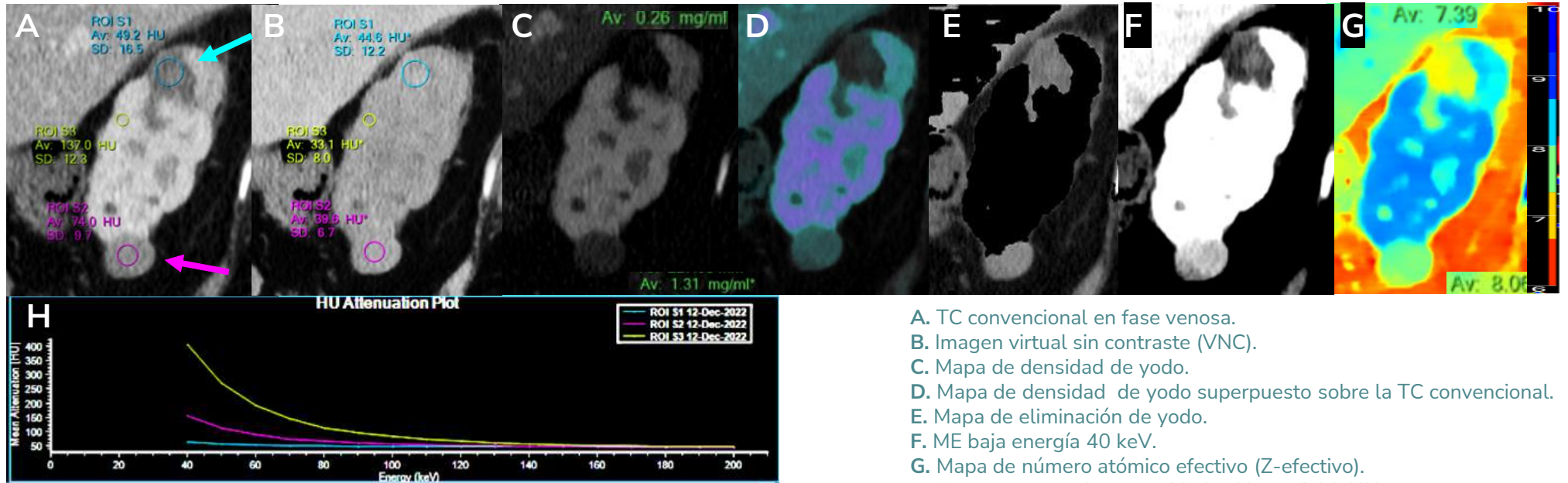
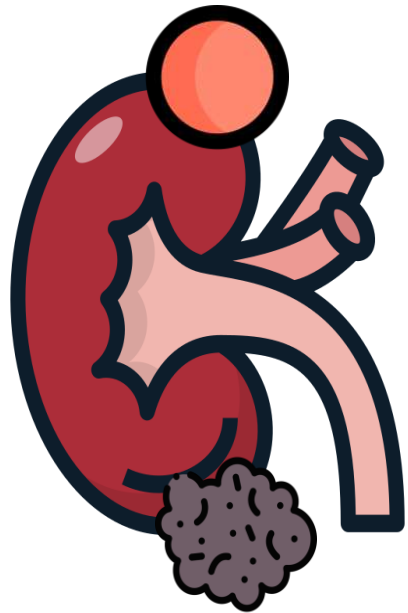
Varón de 60 años con un hallazgo incidental.

A y B. Las imágenes de TC convencional en fase venosa y la imagen virtual sin contraste (VNC) muestran un aumento menor de 20 UH. **C y D.** El mapa de eliminación de yodo no muestra eliminación de yodo, y el mapa de yodo (superpuesto sobre la TC convencional) no evidencia captación de yodo (cuantificación de yodo < 1 mg/dL). **E.** El mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo) muestra un Z-eff bajo debido a la ausencia de yodo. **F.** Curvas espectrales en unidades Hounsfield (UH). La curva azul representa una curva relativamente plana.

Los hallazgos son compatibles con Bosniak II.

LESIONES FOCALES

LESIÓN HIPERDENSA: BOSNIAK II VS LESIÓN SÓLIDA



- A. TC convencional en fase venosa.
- B. Imagen virtual sin contraste (VNC).
- C. Mapa de densidad de yodo.
- D. Mapa de densidad de yodo superpuesto sobre la TC convencional.
- E. Mapa de eliminación de yodo.
- F. ME baja energía 40 keV.
- G. Mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo).
- H. Curvas espectrales en unidades Hounsfield (UH).

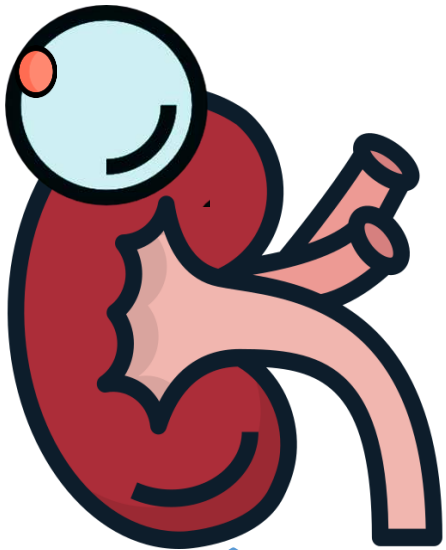
Varón de 79 años con dos hallazgos incidentales:

- Lesión craneal: la diferencia de atenuación entre la fase venosa y la VNC es < 20 UH, sin captación de yodo en los mapas específicos, con un valor bajo en el mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo) y una curva rosa relativamente plana en la curva espectral de UH. Hallazgos que concordan con un quiste simple.
- Lesión caudal: la diferencia de atenuación es > 20 UH. Los mapas de yodo muestran captación de yodo y eliminación parcial en el mapa específico. El mapa de número atómico efectivo (Z-efectivo) presenta un valor más alto. La curva azul muestra un aumento de la atenuación a niveles bajos de energía, lo que es indicativo de una lesión sólida.

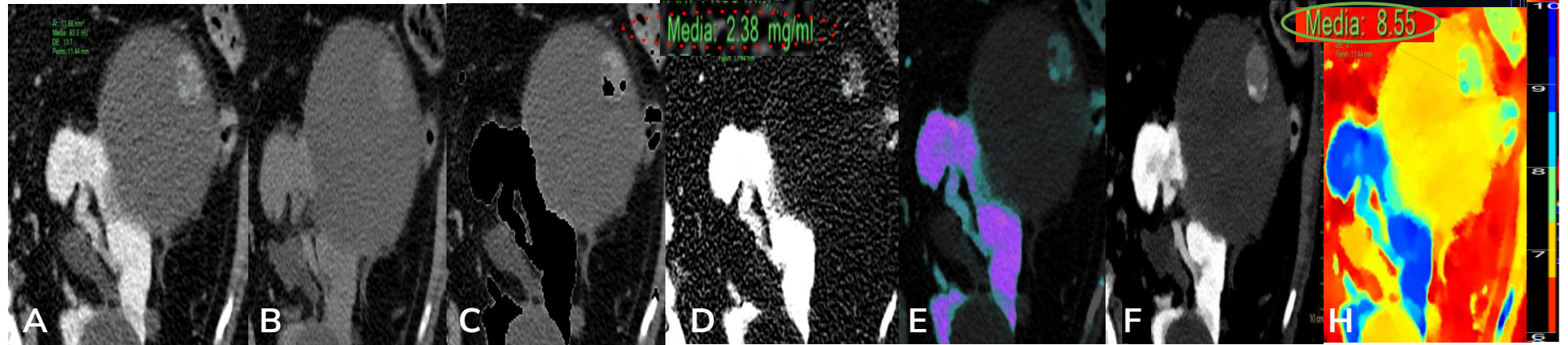
Se sospechó un carcinoma renal papilar, y el estudio anatomopatológico tras la tumorectomía confirmó este diagnóstico.

LESIONES FOCALES

BOSNIAK IV



DECT ayuda a identificar componentes sólidos en lesiones quísticas complejas y a diferenciarlos de coágulos sanguíneos.



Varón de 74 años con un hallazgo incidental en una TC realizada únicamente en fase venosa.

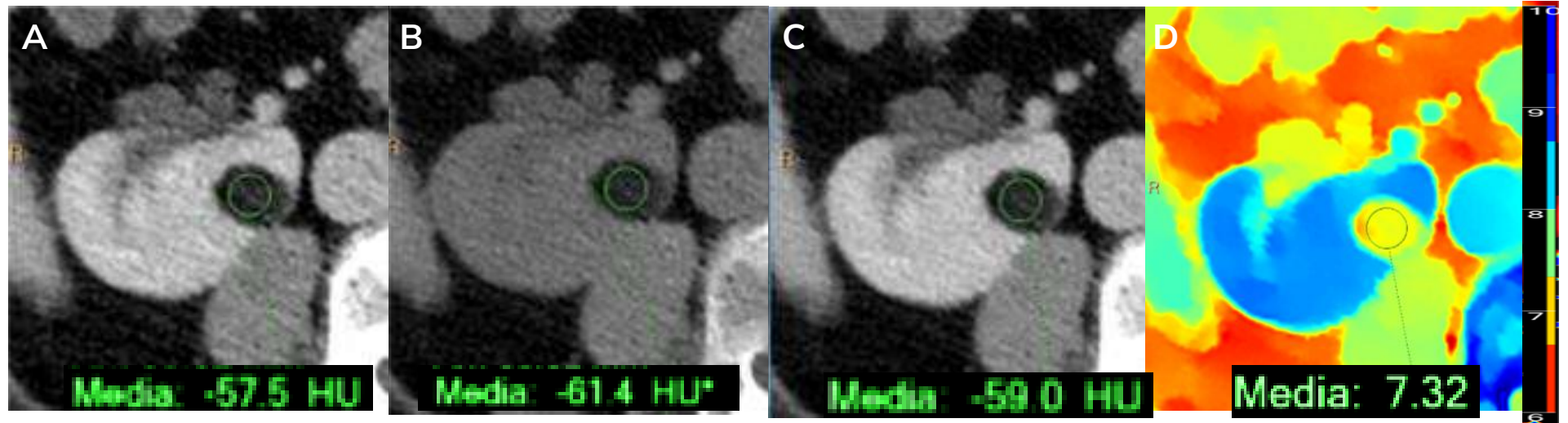
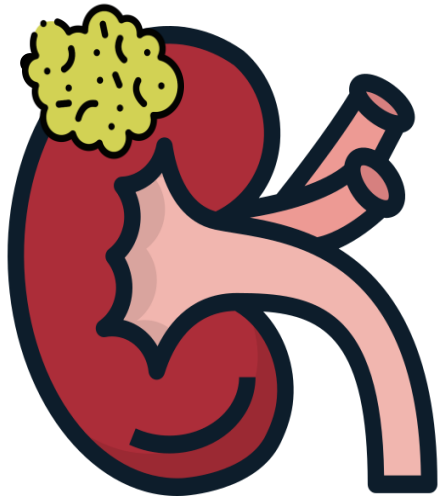
A y B. La diferencia de la TC convencional en fase venosa y la VNC muestran un incremento > 20 UH en la porción sólida. **C y D.** Los mapas de eliminación de yodo y de densidad de yodo muestran eliminación parcial del yodo, con una captación de 2,38 mg/dL, confirmando la presencia de un componente sólido. **E.** El mapa de yodo superpuesto sobre la TC convencional y **F.** ME a baja energía (40 keV) facilitan una rápida identificación de la lesión.

G. Curva espectral en UH: la curva rosa muestra un incremento de UH a bajos keV debido a la captación de contraste en el componente sólido, mientras que la curva azul presenta una atenuación estable en todos los niveles de energía, representando el componente quístico. **H.** El mapa de número atómico efectivo (Z-effective) muestra un número atómico más alto en el componente sólido debido a la presencia de yodo, en comparación con el componente quístico.

La tumorectomía y el análisis histopatológico confirmaron una neoplasia renal quística multilocular de células renales.

LESIONES FOCALES

LESIÓN SÓLIDA



Mujer de 73 años con un hallazgo incidental en un estudio de estadificación oncológica.

A. TC convencional en fase venosa. **B.** Imagen virtual sin contraste (VNC) **C.** ME a baja energía 40 keV. **D.** Número atómico efectivo (Z-efectivo).

Los valores negativos en HU indican contenido graso, con valores que disminuyen a 40 keV. El bajo número atómico efectivo (Z-eff) refleja su composición grasa.

El hallazgo fue diagnosticado como angiomiolipoma.

LESIONES FOCALES: CARACTERIZACIÓN

LESIÓN SÓLIDA

1. Identificamos lesión sólida → 2. ¿La DECT aporta alguna pista sobre su tipo histológico y su comportamiento?



A pesar de numerosas publicaciones, no existen recomendaciones universales aceptadas para diferenciar los subtipos de carcinoma de células renales (CCR). Recordar, para orientar al subtipo histológico nos basamos en:

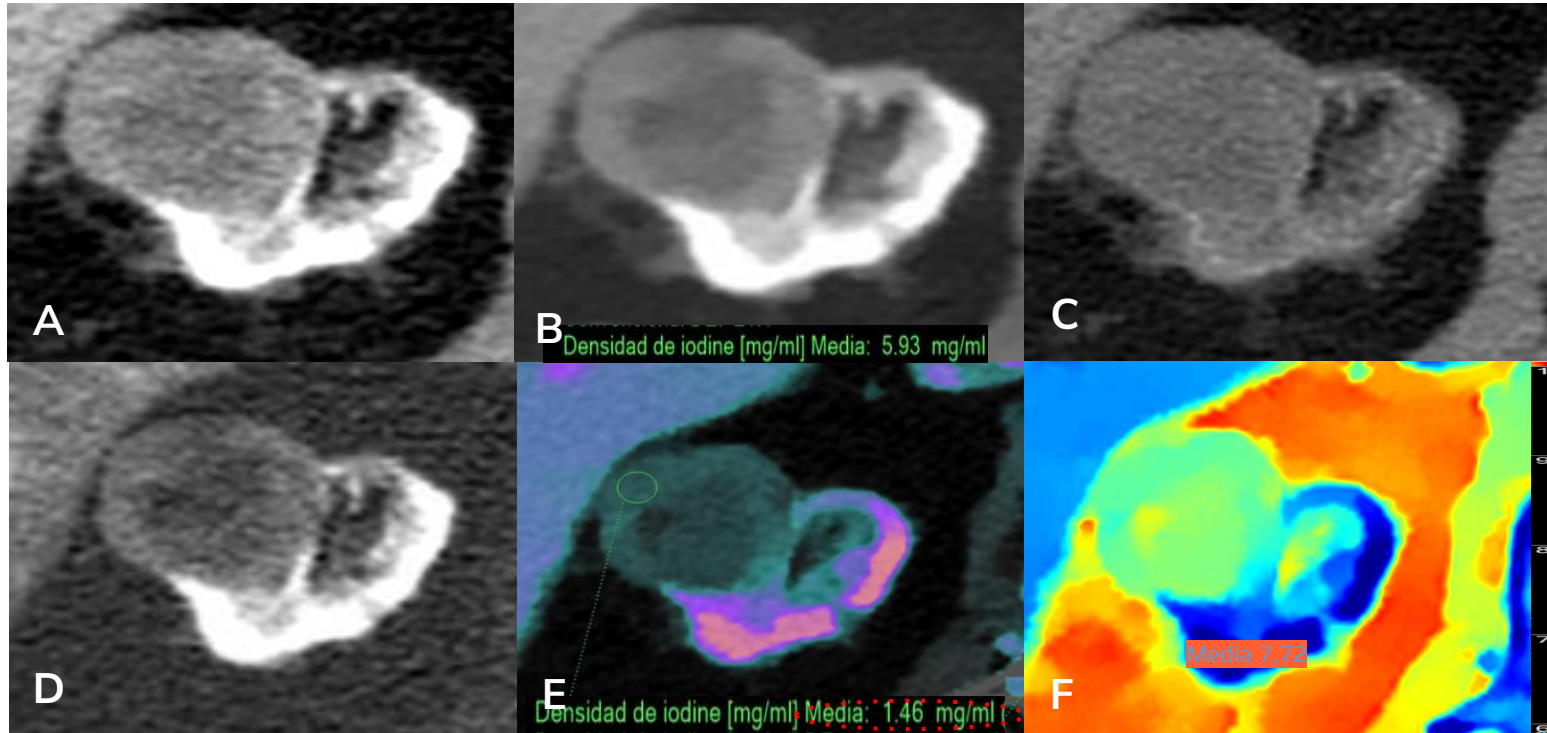
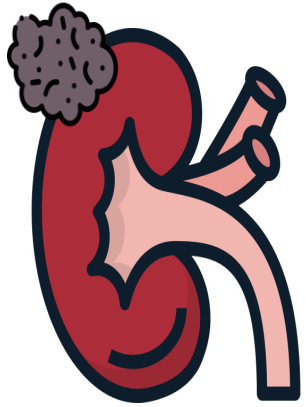
- CCR de células claras (CCRcc): Se caracteriza típicamente por un realce intenso y heterogéneo en la fase arterial y una tendencia a la homogeneización en la fase venosa, debido a su elevada angiogénesis y permeabilidad vascular. Las masas de mayor tamaño pueden mostrar necrosis, calcificaciones y hemorragia. Aunque es poco frecuente, la presencia de grasa extracelular y calcificaciones debe aumentar la sospecha.
- CCR papilar (CCRp): Presenta habitualmente un realce mínimo y progresivo, lo que puede dificultar su diferenciación respecto a quistes Bosniak II.

Se han propuesto algunas estrategias prometedoras para ayudar a distinguir lesiones sólidas mediante DECT:

- **Concentración de yodo (IC):** El análisis cuantitativo de la concentración de yodo puede diferenciar el CCRcc del CCRp, con umbrales publicados que oscilan entre 2,5 y 3,2 mg/mL en la fase nefrográfica. a $IC \leq 2,5$ mg/mL tiene alta sensibilidad y especificidad para identificar pRCC.
- **Concentración de yodo normalizada (NIC) o Ratio yodo normalizado (IR):** Este método puede mejorar la consistencia y reducir la variabilidad derivada de diferentes equipos y protocolos de adquisición. La NIC se calcula como la concentración de yodo (IC) de la lesión dividida por la IC de la aorta.
- **Mapas Z-efectivo (Zeff):** Pueden ayudar a diferenciar tumores renales sólidos, especialmente el CCRcc frente a variantes no de células claras. Los mapas Zeff detectan la presencia de yodo. Las publicaciones describen que el CCRcc presenta los valores de Zeff más altos, significativamente superiores a los del CCR no de células claras, mientras que los valores más bajos se observan en los quistes renales (Bosniak I y II) y en el angiomiolipoma (AML). Actualmente, no existen valores de referencia estables.

LESIONES FOCALES

LESIÓN SÓLIDA



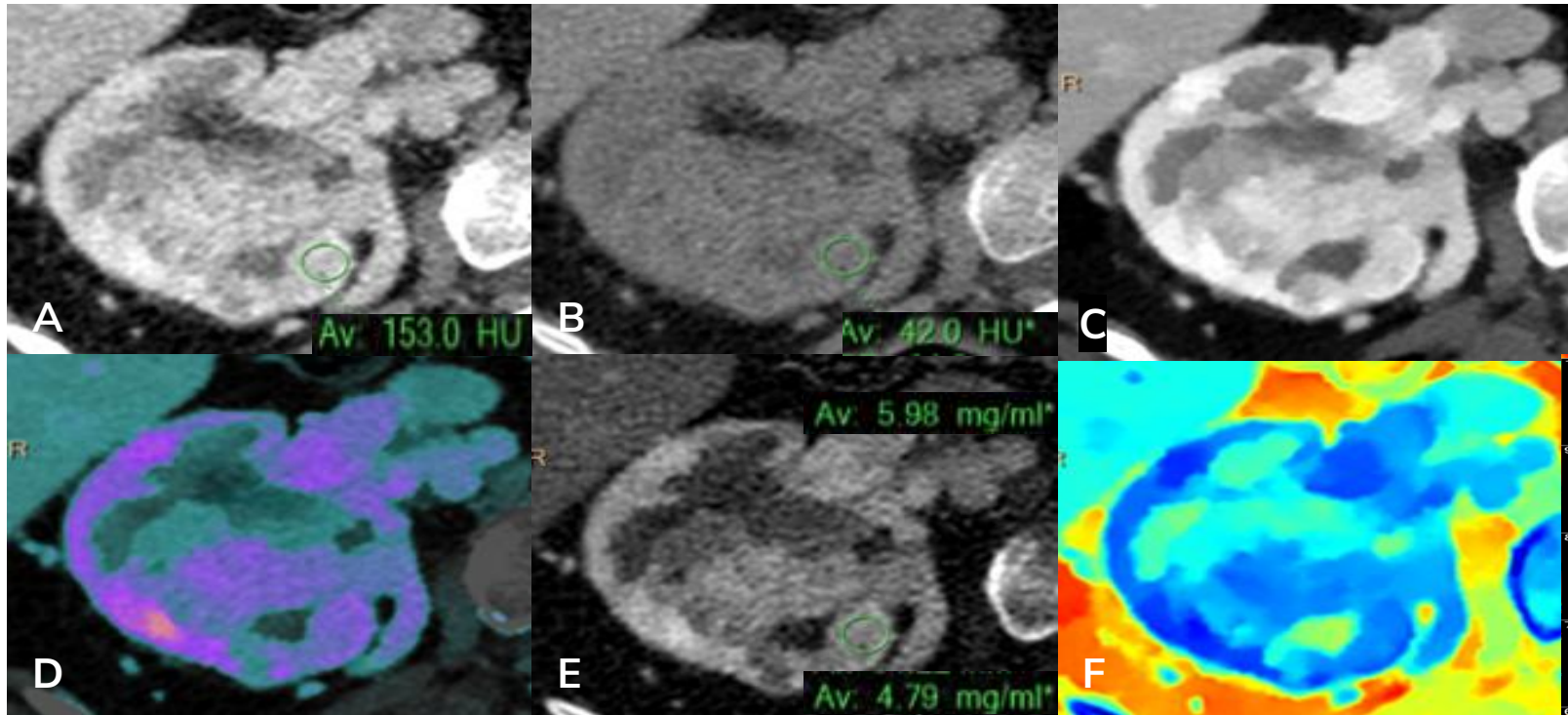
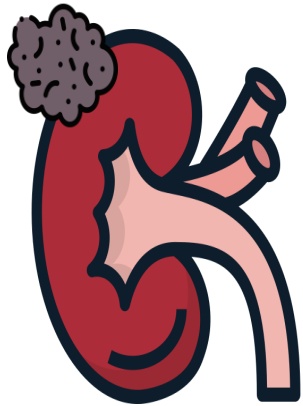
Mujer de 48 años con antecedentes de litiasis recurrente y atrofia renal derecha secundaria, con hallazgo incidental.

A. TC convencional en fase venosa. **B.** ME bajaE a 40 keV: ayuda a detectar una lesión heterogéneamente hipodensa. **C.** Imagen virtual sin contraste (VNC). **D.** Mapa de densidad de yodo. **E.** Mapa de densidad de yodo superpuesto a TC: muestra una captación de yodo de 1,46 mg/dL, confirmando además el componente sólido de la lesión. La relación de normalización con la aorta es $1,46/5,93 = 0,25$. **F.** Mapa Z-efectivo: la lesión presenta captación de contraste con un número atómico relativamente alto.

Tras nefrectomía parcial, el estudio histopatológico reveló un carcinoma renal papilar tipo 2.

LESIONES FOCALES

LESIÓN SÓLIDA

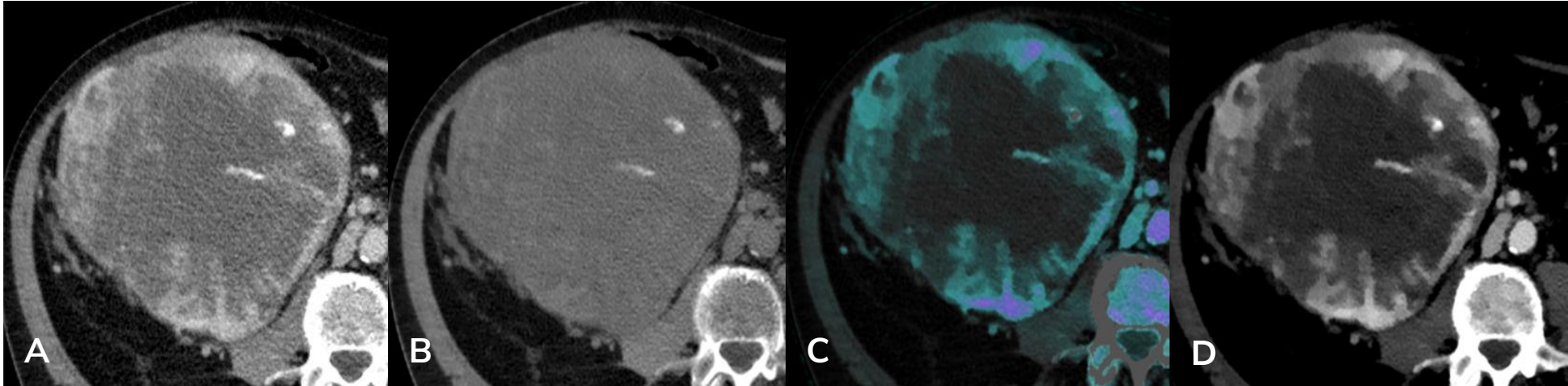
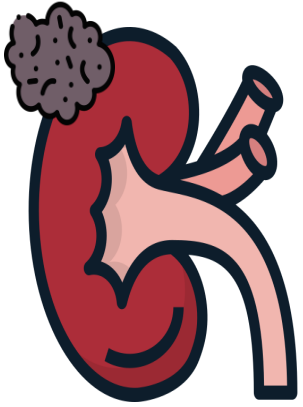


Varón de 59 años con antecedentes de hematuria.

A. TC convencional en fase venosa. **B.** Imagen virtual sin contraste (VNC). **C.** Imagen monoenergética a 40 keV: mejora la detección de una lesión heterogéneamente hiperdensa con características infiltrativas, crecimiento endofítico e invasión de la vena renal. **D.** Mapa de yodo superpuesto a la TC. **E.** Mapa de densidad de yodo: muestra una captación de yodo de 4,79 mg/dL, confirmando además el componente sólido de la lesión. La relación de normalización con la aorta es $4,79/5,98 = 0,8$, superior al caso previo. **F.** Mapa Z-efectivo: la lesión muestra captación de contraste con un número atómico elevado. Tras la nefrectomía, el estudio histopatológico confirmó el diagnóstico de carcinoma renal de células claras.

LESIONES FOCALES

LESIÓN SÓLIDA



Varón de 65 años que presenta dolor en el flanco derecho.

A. TC convencional en fase venosa. **B.** Imagen virtual sin contraste (VNC). **C.** Mapa de densidad de yodo superpuesto a la TC. **D.** Imagen monoenergética bajaE a 40 keV: muestra una gran masa heterogénea con un centro quístico necrótico y calcificaciones internas.

Se sospechó un carcinoma renal de células claras (CCRcc). Se realizó una nefrectomía y el diagnóstico final fue un liposarcoma renal desdiferenciado, un tumor poco frecuente.

EVALUACIÓN VASCULAR

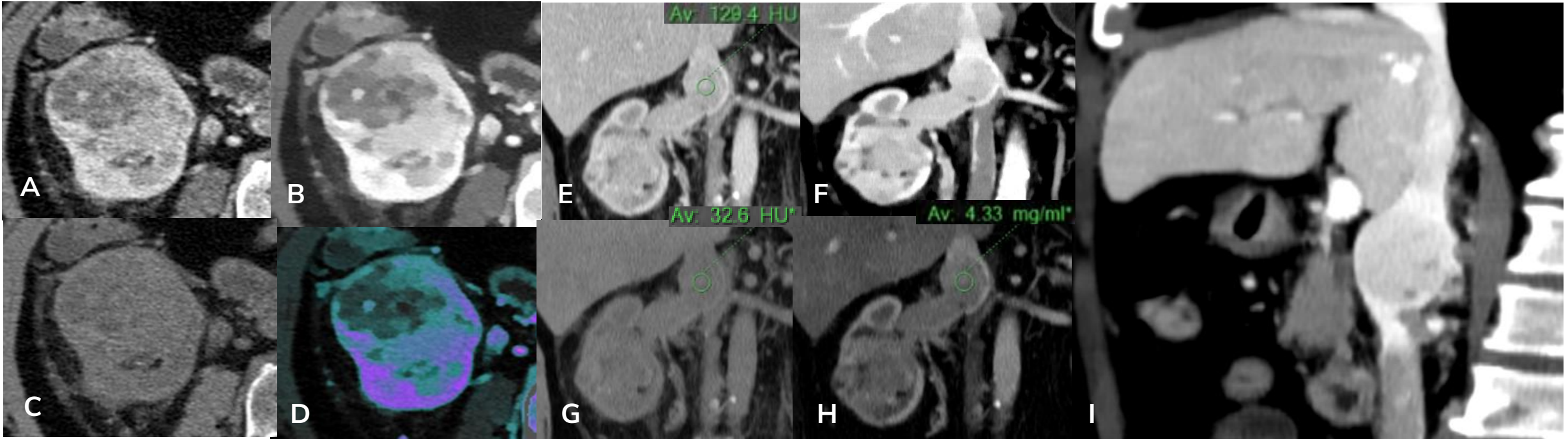
Los mapas ME de bajaE y los mapas de yodo facilitan la evaluación del aporte vascular tanto en riñones nativos como trasplantados, siendo especialmente útiles en la planificación prequirúrgica.

Los mapas ME de bajaE aumentan el contraste, favoreciendo la detección de trombos. Los mapas de densidad de yodo (que permiten hacer cuantificación) y los mapas de sustracción de yodo permiten diferenciar entre trombo blando y trombo tumoral.

Las imágenes de ME alta energía reducen los artefactos de endurecimiento del haz, facilitando la evaluación intraluminal de stents y de áreas adyacentes a material metálico (p. ej., material de embolización).

Los mapas de densidad de yodo y las imágenes virtuales sin contraste (VNC) son útiles en la detección de sangrado activo, especialmente en el contexto postquirúrgico.

EVALUACIÓN VASCULAR



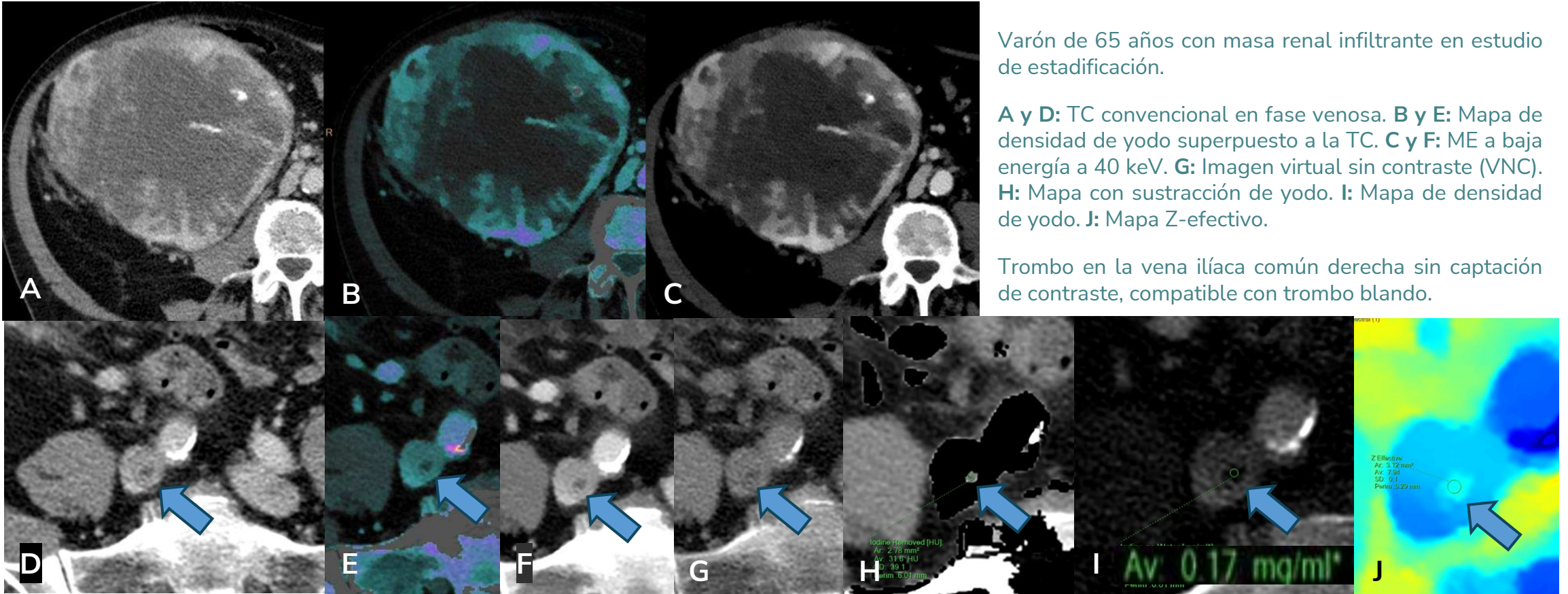
Varón de 75 años con síndrome constitucional.

A y E. TC convencional en fase venosa (axial y coronal). **B, F e I.** ME a baja energía a 40 keV (axial, coronal y sagital). **C y G.** Imágenes virtuales sin contraste (VNC) (axial y coronal). **D.** Mapa de densidad de yodo superpuesto a la TC. **H.** Mapa de densidad de yodo. **I.**

Se identifica una masa renal que infiltra el seno renal y la pelvis renal, con un trombo que se extiende hasta la vena cava inferior infrarrenal. La baja energía a 40 keV facilita la delimitación del trombo. La captación de yodo confirma que se trata de un trombo tumoral.

Se realizó nefrectomía y trombectomía, y el informe anatomopatológico confirmó un carcinoma renal de células claras.

EVALUACIÓN VASCULAR



EVALUACIÓN DE LESIONES TRATADAS

A. Guía en procedimientos ablativos para tumores renales

ME baja Energía:

- Optimiza la identificación de los tumores.
- Facilita la planificación del procedimiento.

ME Alta Energía:

- Reduce los artefactos metálicos durante la colocación de la sonda.
- Mejora la precisión en la localización del tumor.

Cuantificación de yodo:

- Confirma la ausencia de captación de yodo en la zona de ablación tras el tratamiento.

B. Seguimiento y evaluación de tumores renales tratados

- Permite un mejor control de los resultados del tratamiento
- Facilita una evaluación más eficaz de los signos de enfermedad residual o recidiva tumoral.

EVALUACIÓN DE LESIONES TRATADAS

CAMBIOS POST-ABLACIÓN

FASE TEMPRANA (<6 MESES)

Bola de hielo (área redonda hipoatenuante mayor que el tumor)

Necrosis coagulativa central

Trazado graso perinéfrico y engrosamiento de la fascia pararenal

Hematoma perinéfrico o subcapsular

FASE TARDÍA (> 6 MESES)

Contracción e infiltración grasa del tejido ablacionado

Calcificaciones distróficas

Cicatriz cortical

Escaso realce homogéneo (< 10 UH)

TUMOR RESIDUAL O RECURRENTE TRAS LA ABLACIÓN

ENFERMEDAD RESIDUAL / RECURRENTE

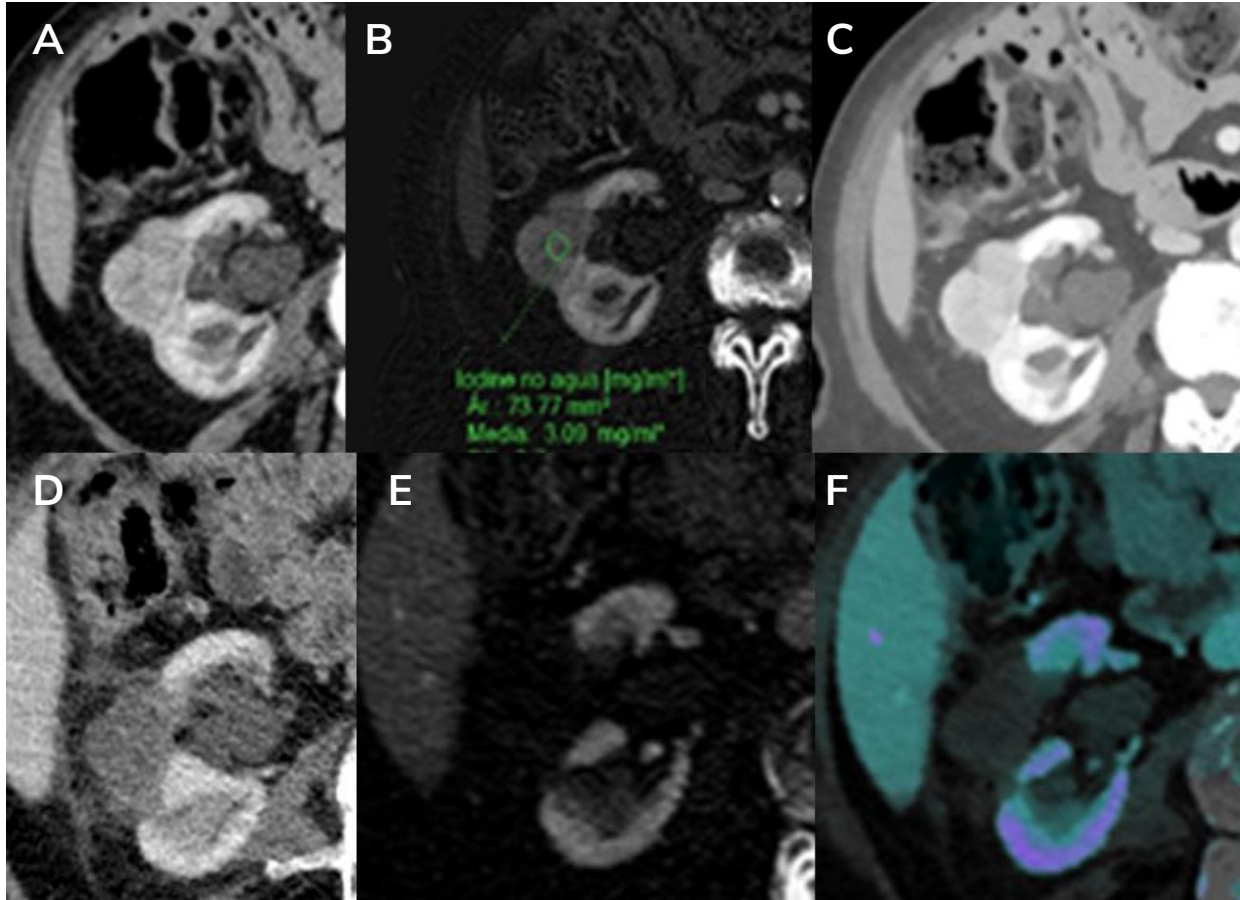
Realce nodular o irregular persistente o de nueva aparición (> 10–20 UH)

Localización periférica (margen profundo)

Aumento del tamaño del área de ablación (> 6–12 meses)

Realce intralesional focal

EVALUACIÓN DE LESIONES TRATADAS



Mujer de 84 años con un tumor renal exofítico en la región interpolar del riñón derecho.

Estudios pre y postablación.

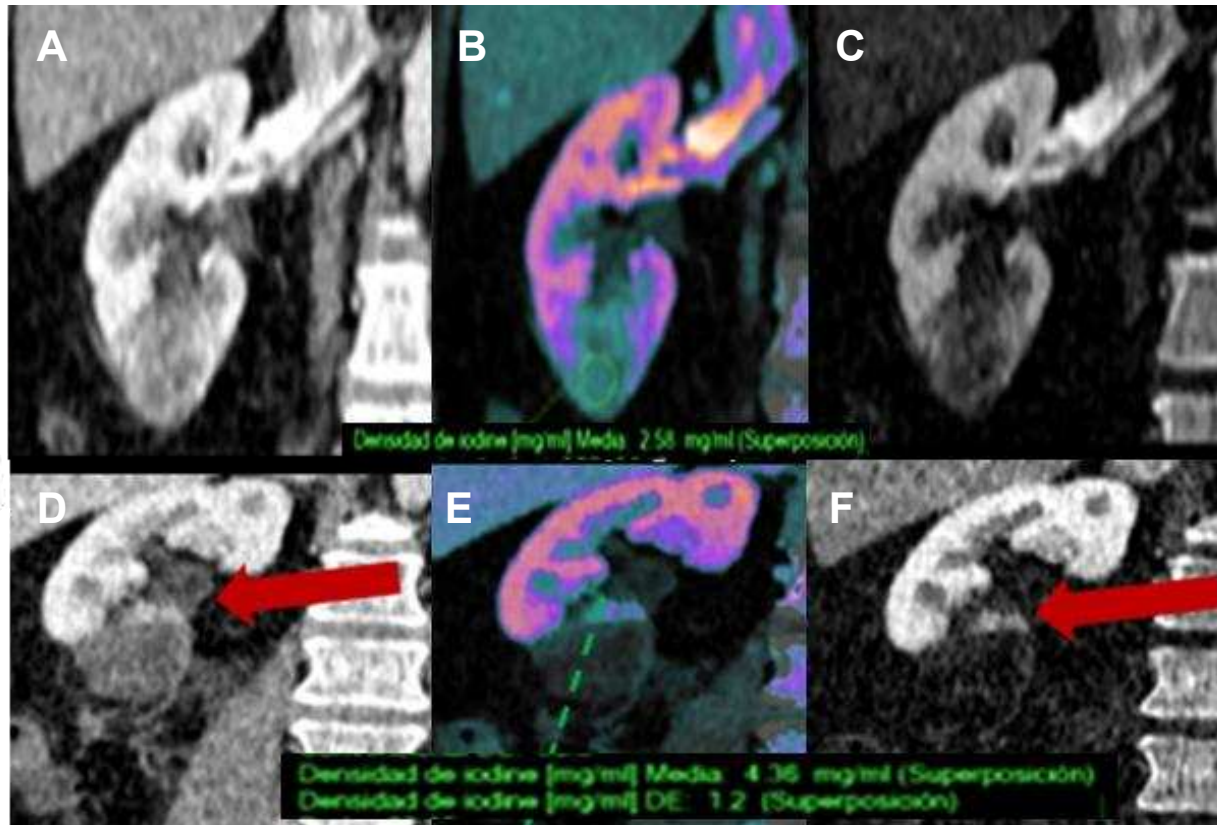
A y D. Imágenes sagital y transversal de TC en fase nefrográfica. **B y E.** Mapas de densidad de yodo. **C.** ME Baja energía a 40 keV. **F.** Superposición del mapa de densidad de yodo sobre la TC.

Hallazgos de los estudios pre y postablación:

A, B, C. imágenes preablación. Muestran una lesión sólida.

D, E, F. Imágenes postablación. **No se identifica realce dentro de la zona de ablación.**

EVALUACIÓN DE LESIONES TRATADAS



Mujer de 50 años con una lesión sólida en el polo inferior del riñón derecho. Antecedentes personales de nefrectomía izquierda.

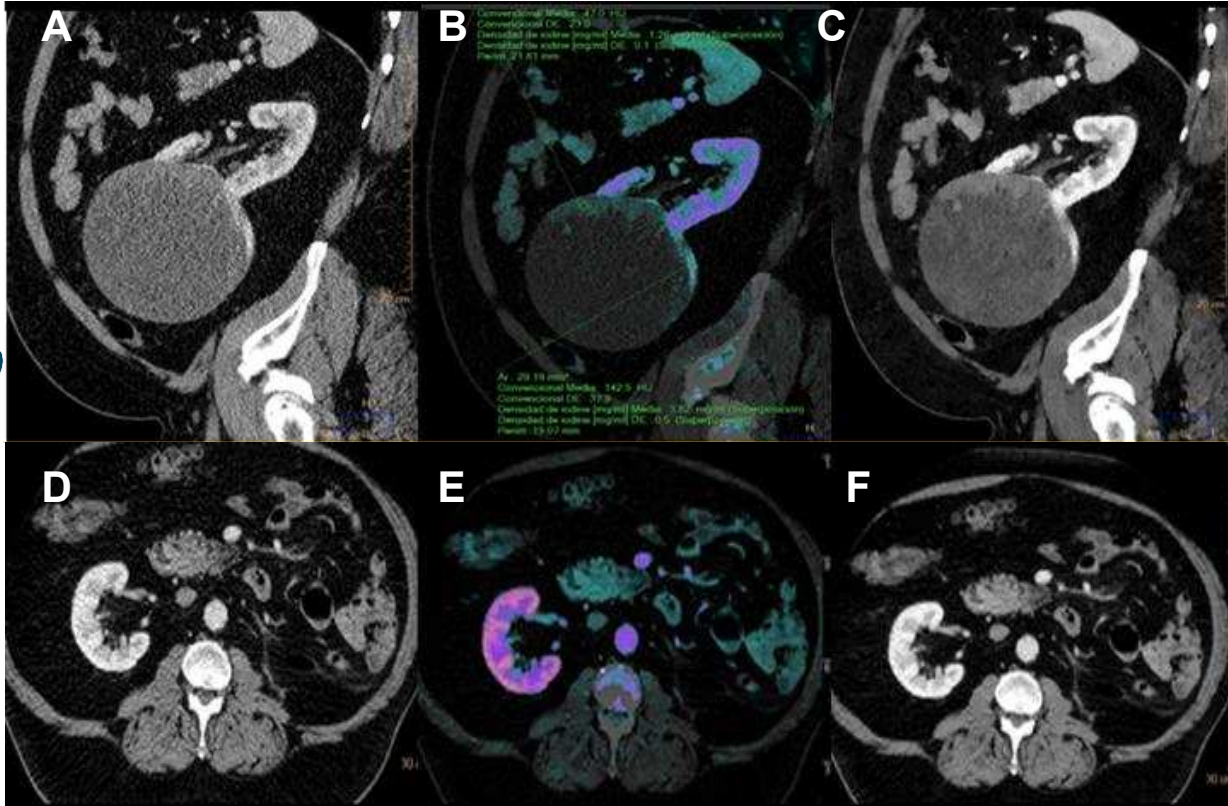
Estudios pre y postablación. **A y D.** Imágenes sagital y transversal de TC en fase nefrográfica. **B y E.** Superposición del mapa de densidad de yodo sobre la TC. **C y F.** Mapa de densidad de yodo.

Hallazgos de los estudios pre y postablación:

A, B, C. imágenes preablación. Se muestra una lesión sólida.

D, E, F. imágenes postablación. El área de ablación en el polo inferior del riñón derecho abarca casi la totalidad de la lesión. Se observa un **realce** periférico irregular en el margen craneal, de 3 mm de espesor, que muestra captación de contraste, correspondiente a **tumor residual**.

EVALUACIÓN DE LESIONES TRATADAS



Hombre de 66 años con una lesión sólida que contiene un componente quístico en el polo inferior del riñón izquierdo. Se somete a nefrectomía con resultado AP de adenocarcinoma renal papilar tipo 2.

A, D. Imágenes sagital y transversal de TC en fase. B y D. Superposición del mapa de densidad de yodo sobre la TC. C. E. ME de baja energía a 40 keV.

A, B, C. Estudio diagnóstico. La imagen de baja energía (40 keV) y los mapas de yodo facilitan la detección de una lesión quística compleja con un polo sólido y una captación de yodo de 3,8 mg/ml. La imagen de baja energía proporciona una mejor visualización del componente sólido en comparación con las imágenes de TC tradicionales.

D, E, F. Estudio postoperatorio de resección en la fase nefrográfica con contraste. Las imágenes muestran cambios postoperatorios **sin evidencia de tumor residual**.

ESTADIFICACIÓN: DETECCIÓN DE METÁSTASIS

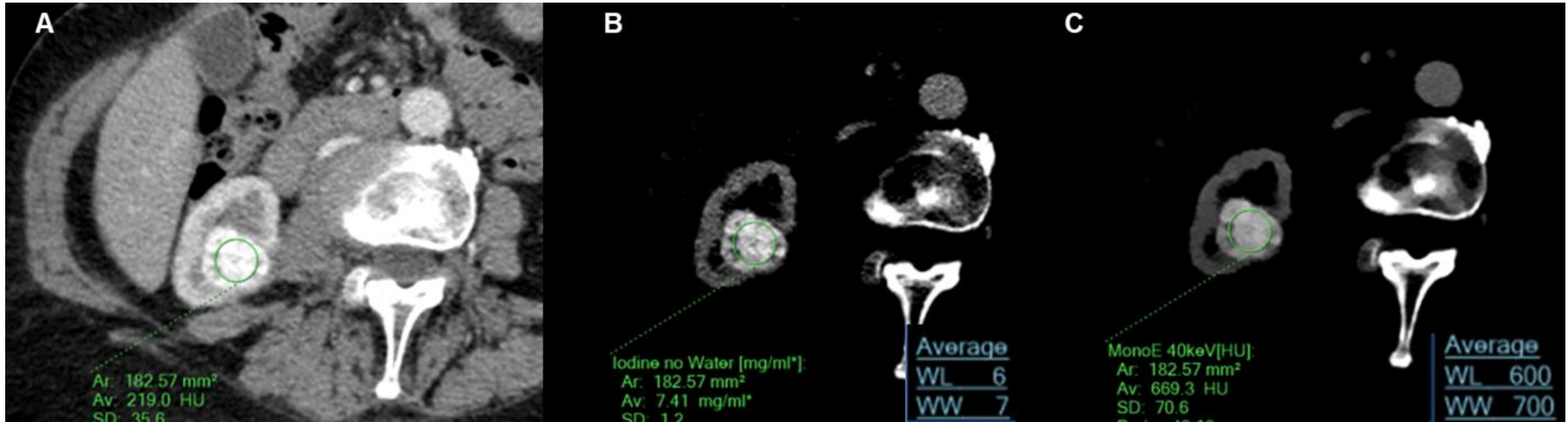
- Facilita la detección de metástasis hipervasculares en el carcinoma de células renales de células claras (ccCCR), que pueden ser visibles únicamente en la fase arterial.
- Los mapas ME de baja energía mejoran la detección de lesiones metastásicas hipervasculares.
- Para la estadificación y el seguimiento de la enfermedad metastásica bajo tratamiento sistémico, el DECT es una herramienta valiosa para evaluar la disminución de la captación y concentración de yodo y los cambios en el número atómico efectivo, lo que indica la respuesta al tratamiento.



Consideraciones sobre los efectos de los tratamientos para el CCR metastásico

- Los inhibidores de puntos de control inmunitarios pueden provocar un aumento del tamaño del tumor debido a respuestas inflamatorias (pseudoprogresión).
- Los inhibidores de la tirosina quinasa (ITK) antiangiogénicos pueden inducir necrosis tumoral sin reducir el tamaño del tumor.

ESTADIFICACIÓN: DETECCIÓN DE METÁSTASIS

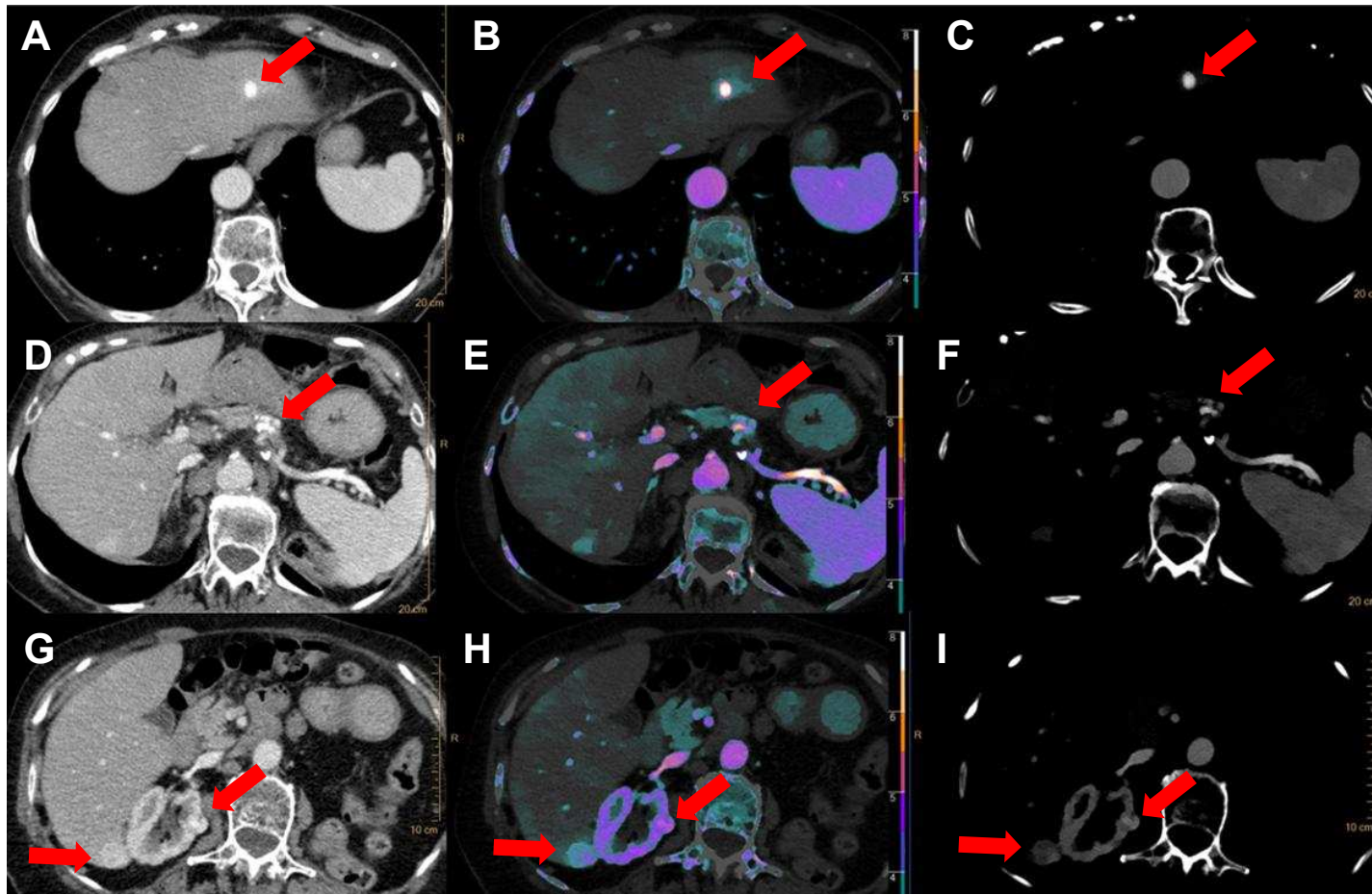


Mujer de 78 años con carcinoma de células claras metastásico tratada con inmunoterapia.

Estudio TC de seguimiento. **A.** TC en fase arterial. **B.** Mapa de densidad de yodo. **C.** ME de baja energía a 40 keV.

Para identificar mejor las lesiones metastásicas hipervasculares en los estudios de estadificación se puede colocar un ROI sobre la lesión y ajustar la ventana del mapa de densidad de yodo según los valores de cuantificación de yodo y lo mismo con el ME de baja energía.

ESTADIFICACIÓN: DETECCIÓN DE METÁSTASIS



Mujer de 78 años con carcinoma de células claras metastásico tratada con inmunoterapia.

A, D y G. TC en fase arterial.

B, E y H. Superposición del mapa de densidad de yodo sobre la TC.

C, F e I. ME baja energía a 40 keV.

Siguiendo las recomendaciones previamente descritas, la identificación del tumor sincrónico, así como de las metástasis hepáticas y pancreáticas, resulta más rápida y sencilla.

CONCLUSIONES

El DECT ofrece una evaluación integral de las lesiones renales, mejorando la precisión diagnóstica y la confianza en todas las fases: detección inicial, estadificación y seguimiento terapéutico.

- Permite una reducción del tiempo de adquisición del estudio y de la dosis de radiación recibida por el paciente.
 - Facilita la caracterización de lesiones, incluso en estudios monofásicos, mediante la combinación de imágenes monoenergéticas y mapas espectrales de descomposición de materiales y mapa de Z-eff.
 - Se requieren más estudios para estandarizar la cuantificación del yodo y su correlación histológica.
 - Se puede lograr una estadificación tumoral más precisa, ya que se facilita la detección de metástasis y caracterización de trombo.
 - Puede contribuir a la planificación terapéutica, ayudar a guiar las terapias de ablación y a evaluar el seguimiento postratamiento.
-

BIBLIOGRAFÍA

- Cellina, M.; Bausano, M.V.; Pais, D.; Chiarpenello, V.; Costa, M.; Vincenzo, Z.; Cè, M.; Martinenghi, C.; Oliva, G.; Carrafiello, G. Dual-Energy CT Applications in Urological Diseases. *Applied Sciences* 2023, 13, 7653.
- Manoharan, D.; Netaji, A.; Diwan, K.; Sharma, S. Normalized Dual-Energy Iodine Ratio Best Differentiates Renal Cell Carcinoma Subtypes Among Quantitative Imaging Biomarkers From Perfusion CT and Dual-Energy CT. *AJR American Journal of Roentgenology* 2020, 215(6), 1389-1397. doi: 10.2214/AJR.19.22612. Epub 2020 Oct 14. PMID: 33052738.
- Wang, D.; Huang, X.; Bai, L.; Zhang, X.; Wei, J.; Zhou, J. Differential Diagnosis of Chromophobe Renal Cell Carcinoma and Papillary Renal Cell Carcinoma with Dual-Energy Spectral Computed Tomography. *Acta Radiologica* 2020, 61(11), 1562-1569. doi: 10.1177/0284185120903447. Epub 2020 Feb 23. PMID: 32088966.
- Marcon, J.; Graser, A.; Horst, D.; Casuscelli, J.; Spek, A.; Stief, C.G.; Reiser, M.F.; Rübenthaler, J.; Buchner, A.; Staehler, M. Papillary vs Clear Cell Renal Cell Carcinoma: Differentiation and Grading by Iodine Concentration Using DECT - Correlation with Microvascular Density. *European Radiology* 2020, 30(1), 1-10. doi: 10.1007/s00330-019-06298-2. Epub 2019 Jul 5. PMID: 31278580.
- Zarzour, J.G.; Milner, D.; Valentin, R.; Jackson, B.E.; Gordetsky, J.; West, J.; Rais-Bahrami, S.; Morgan, D.E. Quantitative Iodine Content Threshold for Discrimination of Renal Cell Carcinomas Using Rapid kV-Switching Dual-Energy CT. *Abdominal Radiology* 2017, 42(3), 727-734. doi: 10.1007/s00261-016-0967-5. PMID: 27847998; PMCID: PMC8983094.
- Mileto, A.; Allen, B.C.; Pietryga, J.A.; Farjat, A.E.; Zarzour, J.G.; Bellini, D.; Ebner, L.; Morgan, D.E. Characterization of Incidental Renal Mass With Dual-Energy CT: Diagnostic Accuracy of Effective Atomic Number Maps for Discriminating Nonenhancing Cysts From Enhancing Masses. *AJR American Journal of Roentgenology* 2017, 209(4), W221-W230. doi: 10.2214/AJR.16.17325. Epub 2017 Jul 13. PMID: 28705069.
- Wei, J.; Zhao, J.; Zhang, X.; Wang, D.; Zhang, W.; Wang, Z.; Zhou, J. Analysis of Dual Energy Spectral CT and Pathological Grading of Clear Cell Renal Cell Carcinoma (ccRCC). *PLoS ONE* 2018, 13(5), e0195699. doi: 10.1371/journal.pone.0195699. PMID: 29715308; PMCID: PMC5929552.
- Kawamoto, S.; Solomon, S.B.; Bluemke, D.A.; Fishman, E.K. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Appearance of Renal Neoplasms After Radiofrequency Ablation and Cryoablation. *Urology* 2009, 30(2), 0-77. doi: 10.1053/j.sult.2008.12.005.
- Marron, D.; Nahum, G.S.; Gili, D.; Shiran, L.; Jacob, S.; Zimam, R.; Naama, L.C. Low Monoenergetic DECT Detection of Pyelonephritis Extent. *European Journal of Radiology* 2021, 142, 109837. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109837. Epub 2021 Jul 8. PMID: 34339954.
- Musa, J.; et al. Conventional and Spectral-CT for Renal Cell Carcinoma Thermal Ablation: A Case Report. *Radiology Case Reports* 2024. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1930043324004205> (Accessed: 30 October 2024).
- Aveta, A.; Iossa, V.; Spena, G.; Conforti, P.; Pagano, G.; Dinacci, F.; Verze, P.; Manfredi, C.; Ferro, M.; Lasorsa, F. Ablative Treatments for Small Renal Masses and Management of Recurrences: A Comprehensive Review. *Life* 2024, 14(4), 450.
- Morshid, A.; Duran, E.S.; Choi, W.J.; Duran, C. A Concise Review of the Multimodality Imaging Features of Renal Cell Carcinoma. *Cureus* 2021, 13(2), e13231.
- Park, B.K. Assessment of Local Tumor Progression After Image-Guided Thermal Ablation for Renal Cell Carcinoma. *Korean Journal of Radiology* 2024, 25(1), 33-42.
- Fouda, M.E.A.A.; Ghoneim, M.M.R.; Settein, M.E.M.; et al. Long-Term Follow-Up of CT-Guided Percutaneous Radiofrequency Ablation of T1 Renal Cell Carcinoma. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 2023, 54, 155.
- Cernic, S.; Marrocchio, C.; Ciabattoni, R.; Fiorese, I.; Stacul, F.; Giudici, F.; Rizzo, M.; Cova, M.A. Percutaneous CT-Guided Renal Cryoablation: Technical Aspects, Safety, and Long-Term Oncological Outcomes in a Single Center. *Medicina* 2021, 57(3), 291.
- Georgiades, C.S.; Hong, K.; Bizzell, C.; Geschwind, J.F.; Rodriguez, R. Safety and Efficacy of CT-Guided Percutaneous Cryoablation for Renal Cell Carcinoma. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2008, 19(9), 1302-1310.
- Sah A, Goswami S, Gupta A, Garg S, Yadav N, Dhanakshirur R, Das CJ. Quantitative CT biomarkers for renal cell carcinoma subtype differentiation: a comparison of DECT, PCT, and CT texture analysis. *Br J Radiol*. 2025 Jul 1;98(1171):1090-1097. doi: 10.1093/bjr/tqaf092. PMID: 40293711.