



**APORTACIONES DEL TC GSI
(Gemstone Spectral Imaging)
EN EL DIAGNÓSTICO DE LA
PATOLOGÍA ABDOMINAL URGENTE**

Silvia Badillo Rodríguez-Portugal
Raquel Cano Alonso
Manolo Recio Rodríguez
Vicente Martínez de Vega
Hospital Quironsalud, Pozuelo.



OBJETIVO

Describir los principios básicos en los que se basan los TC de última generación y dar a conocer la utilidad del TC con GSI (energía espectral), en la evaluación de la patología abdominal urgente, no traumática.

Revisaremos los **principios físicos** del TC GSI:

- Efecto Compton
- Efecto fotoeléctrico

Mostraremos las **ventajas** del TC GSI frente a la técnicas convencionales:

1. Permite obtener imágenes **monocromáticas**
2. Informa acerca de **cómo se distribuye el yodo**, permitiendo obtener únicamente imágenes de **yodo**.
3. De la misma manera, podremos obtener imágenes que supriman el yodo, lo que equivale a imágenes virtuales sin contraste, **VUE (Virtual Unenhanced Images)**.



OBJETIVO

4. Permite obtener imágenes donde se separan **materiales específicos** (Calcio, grasa, ácido úrico etc) y separar pares de materiales, permitiendo obtener mapas de yodo, de grasa, etc.
5. Podremos obtener imágenes a **energías específicas**.
6. Eliminar **artefactos metálicos**.

Mostraremos la **utilidad** del TC GSI en la **práctica clínica** en urgencias, a través de una serie de casos de nuestro centro hospitalario.

- Asas Intestinales: Procesos agudos inflamatorios, tumorales, sistémicos (enfermedades autoinmunes), de causa mecánica y vasculares.
- Lesiones viscerales (hepáticas, pancreáticas...)
- Aparato genitourinario: Lesiones renales, litiasis.



REVISIÓN DEL TEMA

GSI: Gemstone, Spectral, Imaging

Gemstone: Detector dotado de unas propiedades, que le permiten aumentar la respuesta a la excitación de los rayos x a una velocidad muy superior a cualquier otro detector, mejorando la resolución espacial, temporal y reduce el ruido electrónico.

Spectral: Se refiere a la frecuencia de los fotones, que es proporcional a la energía de los mismos y se mide en KeV. El haz de rayos x es polienergético por naturaleza, ya que contiene fotones con múltiples energías.

Imaging: Imágenes obtenidas en función del comportamiento de la materia a la absorción de rayos x.

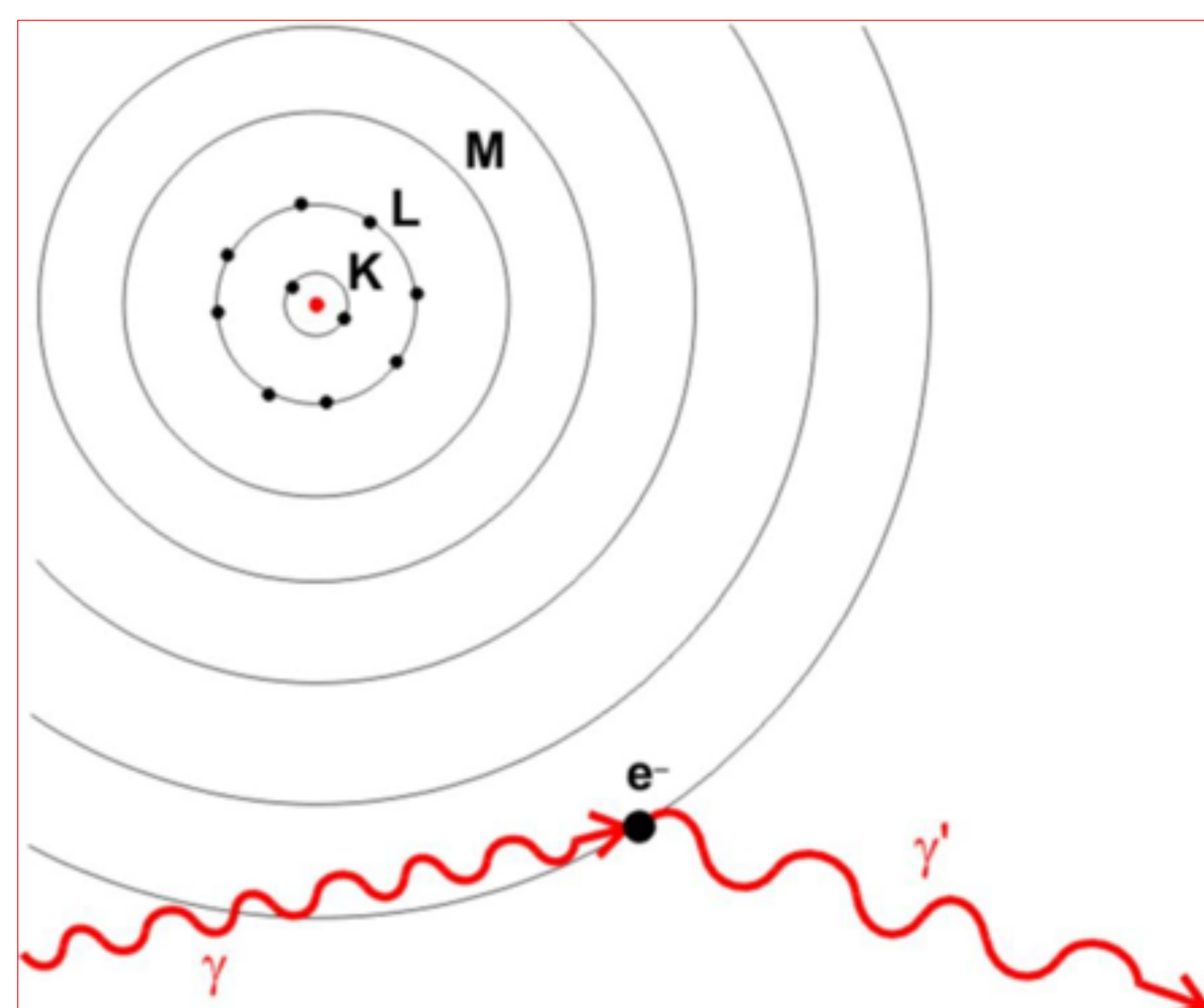


PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA ENERGÍA DUAL

El efecto Compton y el efecto fotoeléctrico, son los principales modos en que los fotones de los rayos x interaccionan con la materia.

COMPTON

El efecto Compton (o dispersión Compton), consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. Al chocar el fotón con el electrón, se dispersa de su dirección original y transmite parte de su energía al electrón.

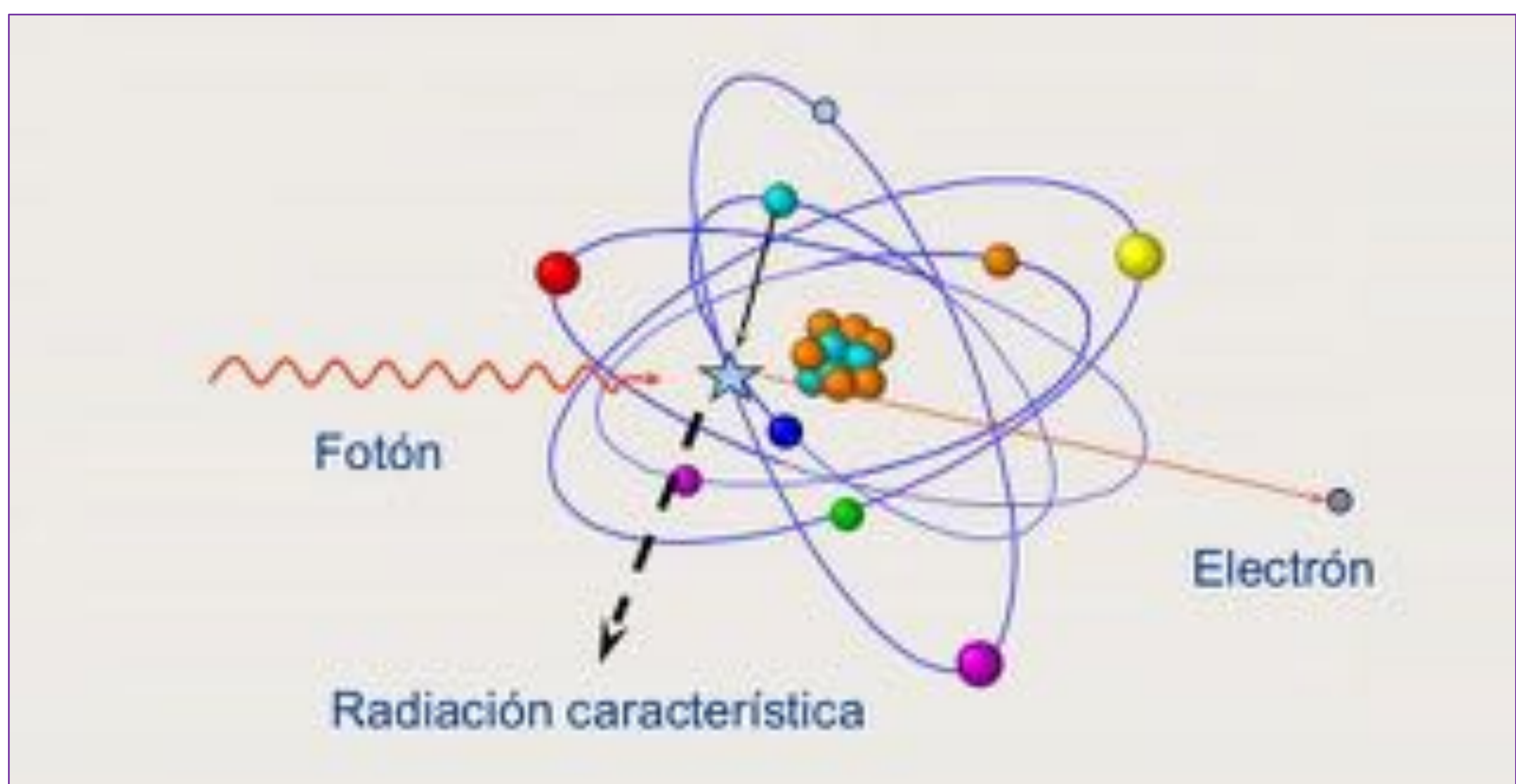




PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA ENERGÍA DUAL

EFFECTO FOTOELÉCTRICO

El efecto fotoeléctrico consiste en la liberación de un electrón de la capa K (la capa más interna del átomo), debido a un fotón incidente. Otro electrón de una capa adyacente rellena el hueco y la energía se libera en forma de un fotoelectrón. Para que el efecto fotoeléctrico ocurra, la energía del fotón ha de ser superior al umbral energético de la capa K.





EFEECTO FOTOELÉCTRICO

- El umbral energético de la capa K varía con cada sustancia y depende del número atómico (Z) de las mismas. A mayor Z , mayor umbral de la capa K, puesto que la energía de atracción entre el núcleo y la capa K aumenta.
- La dependencia del efecto fotoeléctrico y la variabilidad de los umbrales de la capa K, constituyen **la base de las técnicas de energía dual.**
- Cuanto más se parece el nivel energético empleado, al umbral energético de la capa K de una sustancia, mayor será la atenuación de dicha sustancia.
- Esto explica que las sustancias se comporten de distinta manera en función de las diferentes energías que actúan sobre ellas.



1. OBTENCIÓN DE IMÁGENES MONOCROMÁTICAS

Las adquisiciones mediante el TC GSI, permiten reconstrucciones de imágenes virtuales monocromáticas. Nos permite conocer cómo se comporta una sustancia ante niveles energéticos distintos. Esto nos ofrece información acerca de la composición de los tejidos.

En el abdomen y pelvis, nos permitirá aumentar la precisión en la detección de imágenes hipervasculares.



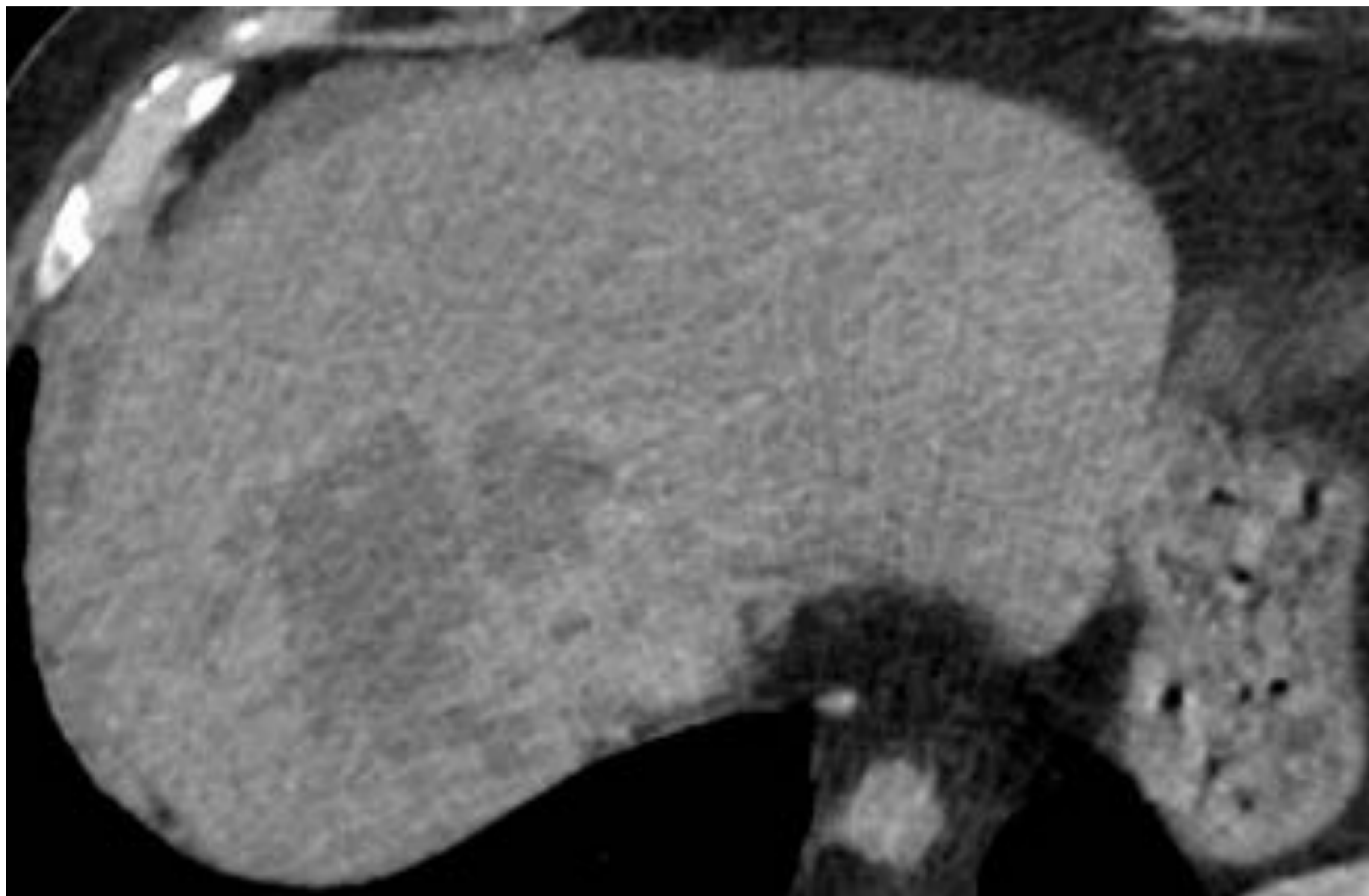
A 50 KeV



B 70 KeV

Las estructuras que captan yodo, muestran mayor atenuación a **bajas** energías que a altas energías.

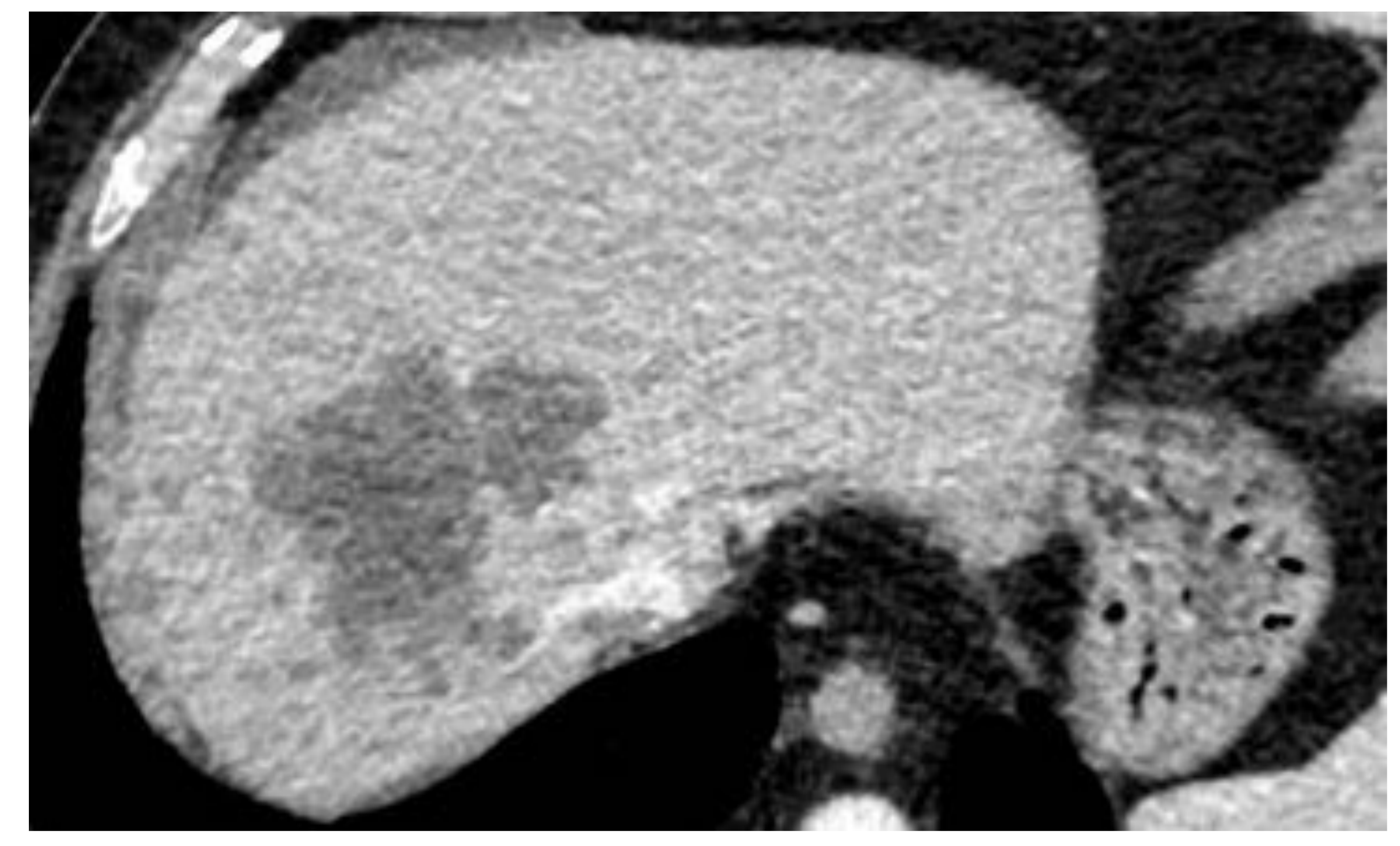
El empleo de bajas energías ayuda a mejorar el CNR (Contrast to noise ratio), por incremento de atenuación de materiales con elevado número atómico, como el yodo y el calcio.



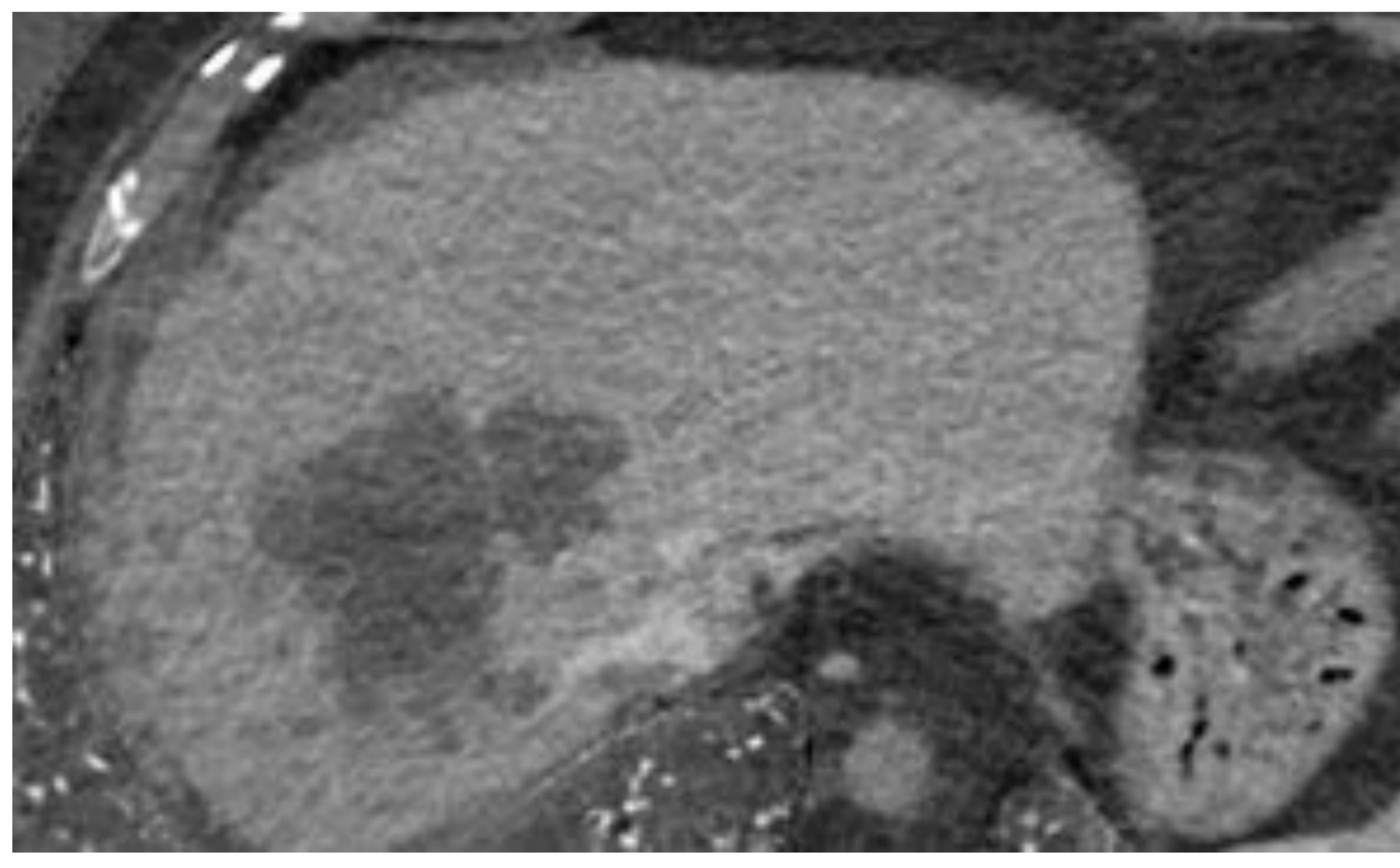
A) TC axial 140 KeV con civ, en fase portal



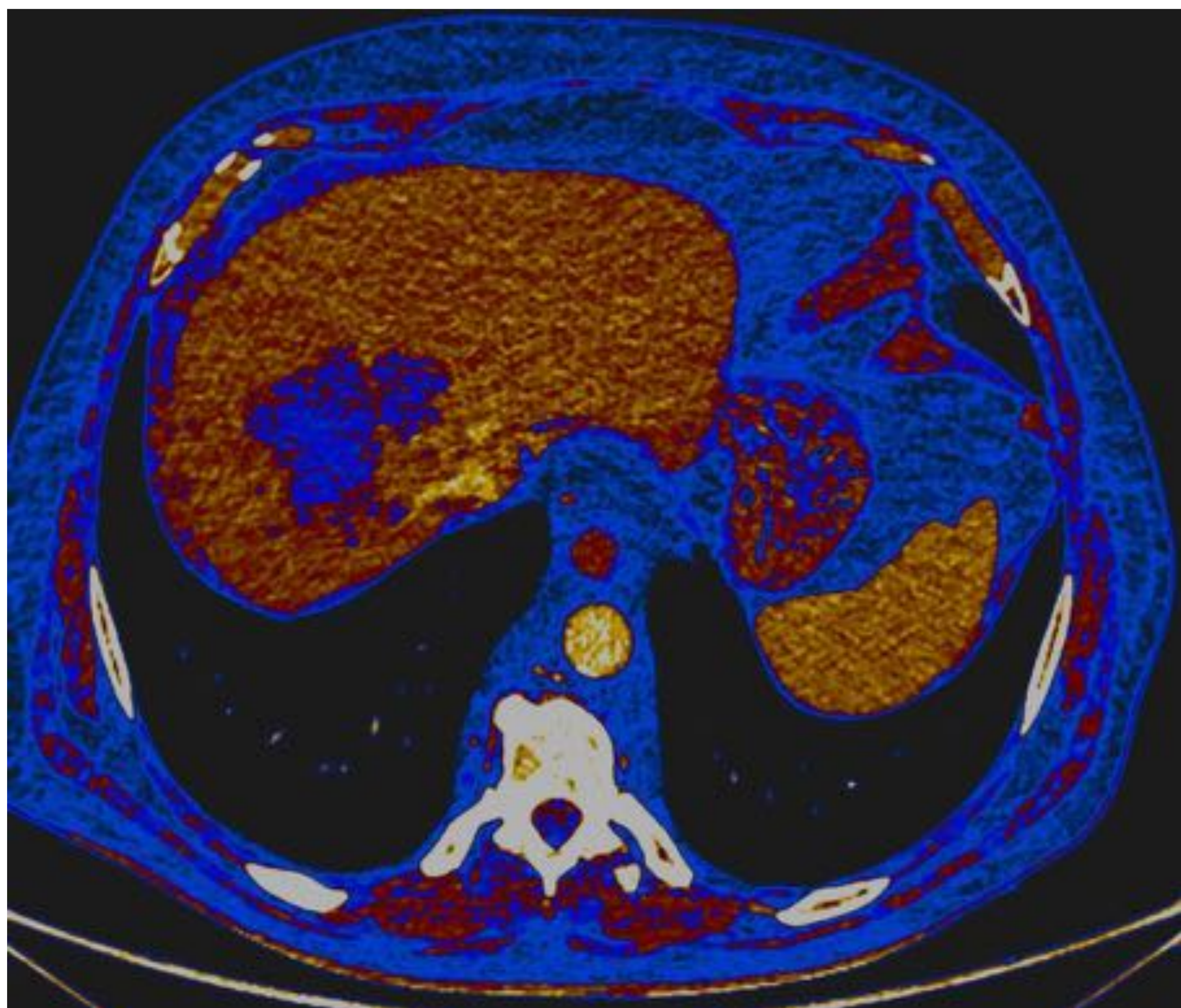
B) TC axial con civ, imagen monocromática 70 KeV



C) TC axial, imagen monocromática 52 KeV



D) Mapa de yodo



E) Mapa de yodo con color

Las lesiones hepáticas hipervasculares, se definen con mayor precisión en imágenes monocromáticas a bajos niveles energéticos (50-70 KeV en B, C y D), que a altos niveles (140 KeV, A).

2. CÓMO SE DISTRIBUYE EL YODO

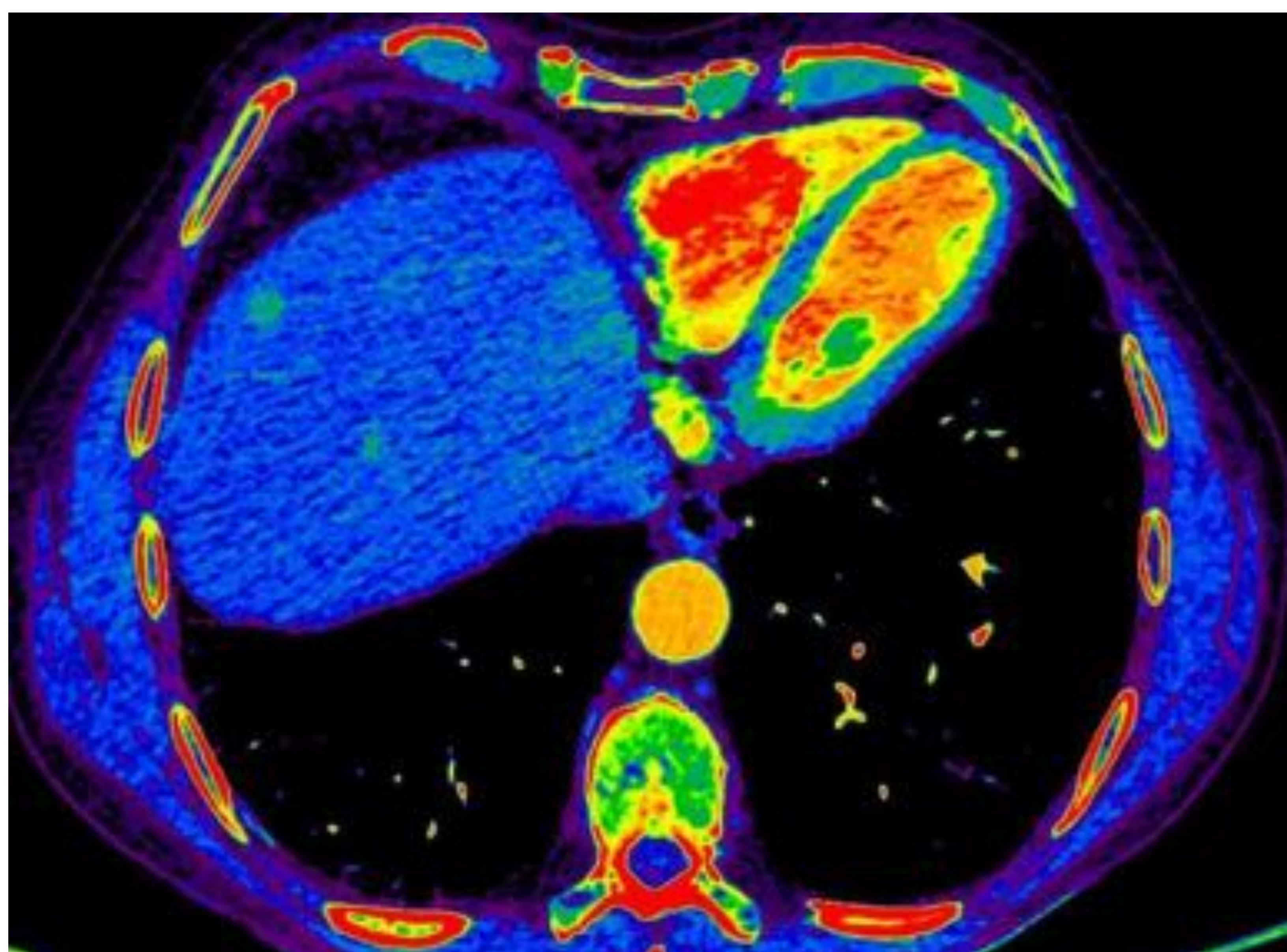
La aportación más significativa del TC GSI, consiste en que nos informa acerca de cómo se distribuye el yodo, creando imágenes que SÓLO muestran yodo. Esto nos permite amplificar diferencias muy sutiles de atenuación entre tejidos normales y patológicos. Mejora la detección y localización de lesiones en el abdomen.



A) TC axial con civ, fase arterial 55 KeV. Lesión hepática en segmento VIII.



b) TC axial civ, fase arterial, imagen de yodo (Iodine Water).



C) Mapa de yodo, que muestra la Lesión en verde.

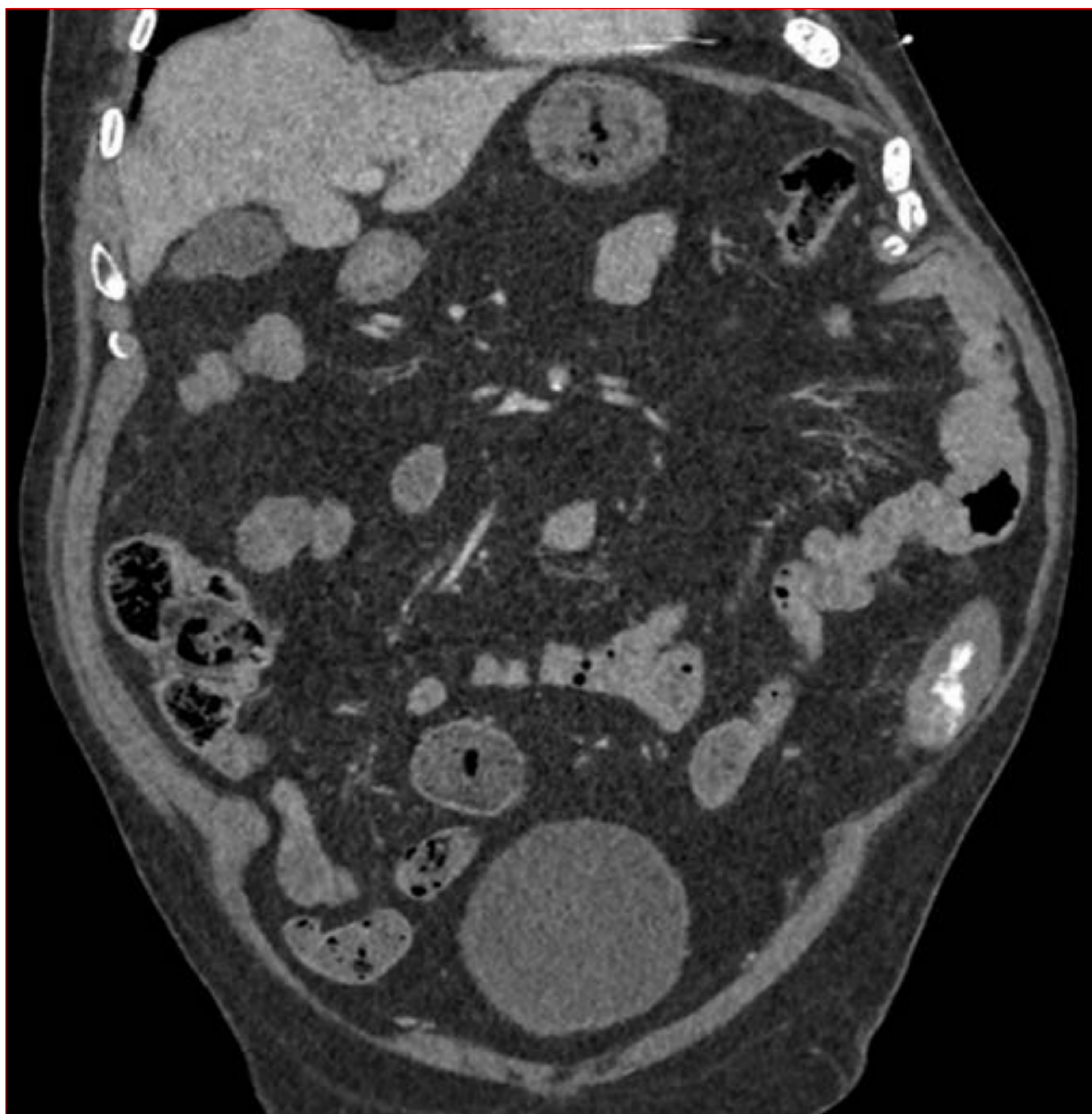


3. OBTENCIÓN DE IMÁGENES VUE

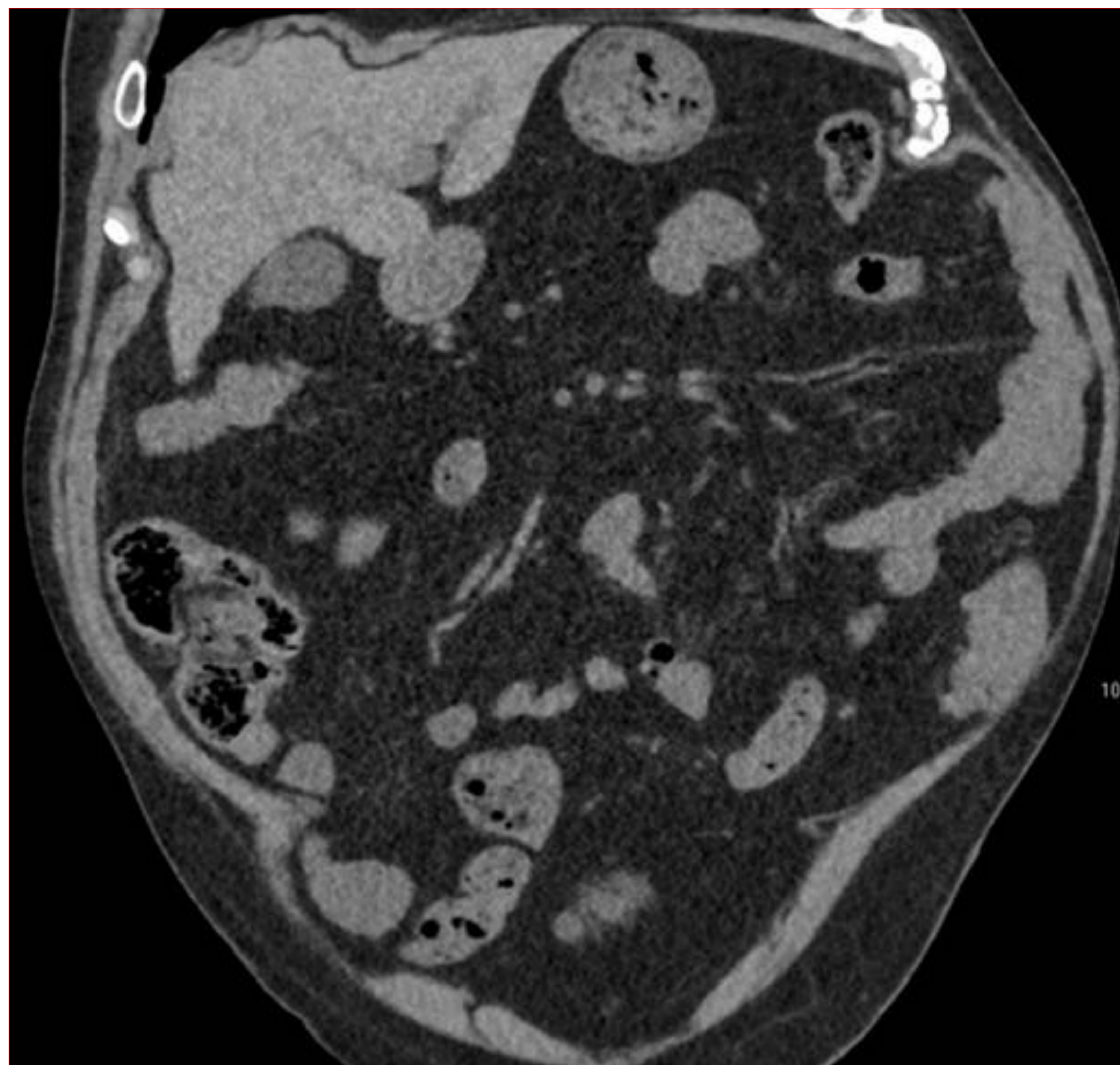
De igual modo que podemos obtener imágenes de yodo, también podemos eliminar virtualmente dicho yodo, obteniendo imágenes virtuales sin contraste, **VUE (Virtual Unenhanced images)**.

Especialmente útil para detectar sangrado activo, cuando las hiperdensidades de la hemorragia pueden confundirse con otros materiales hiperdensos, como el bario etc

Su utilidad clínica es muy amplia, en la detección de litiasis hepatobiliar y renal, áreas de necrosis en el páncreas así como la disminución de la dosis de radiación, al poder obviarse la fase sin contraste.



A) TC coronal 55 KeV, con civ, en fase portal, que muestra material hiperdenso en colon descendente.

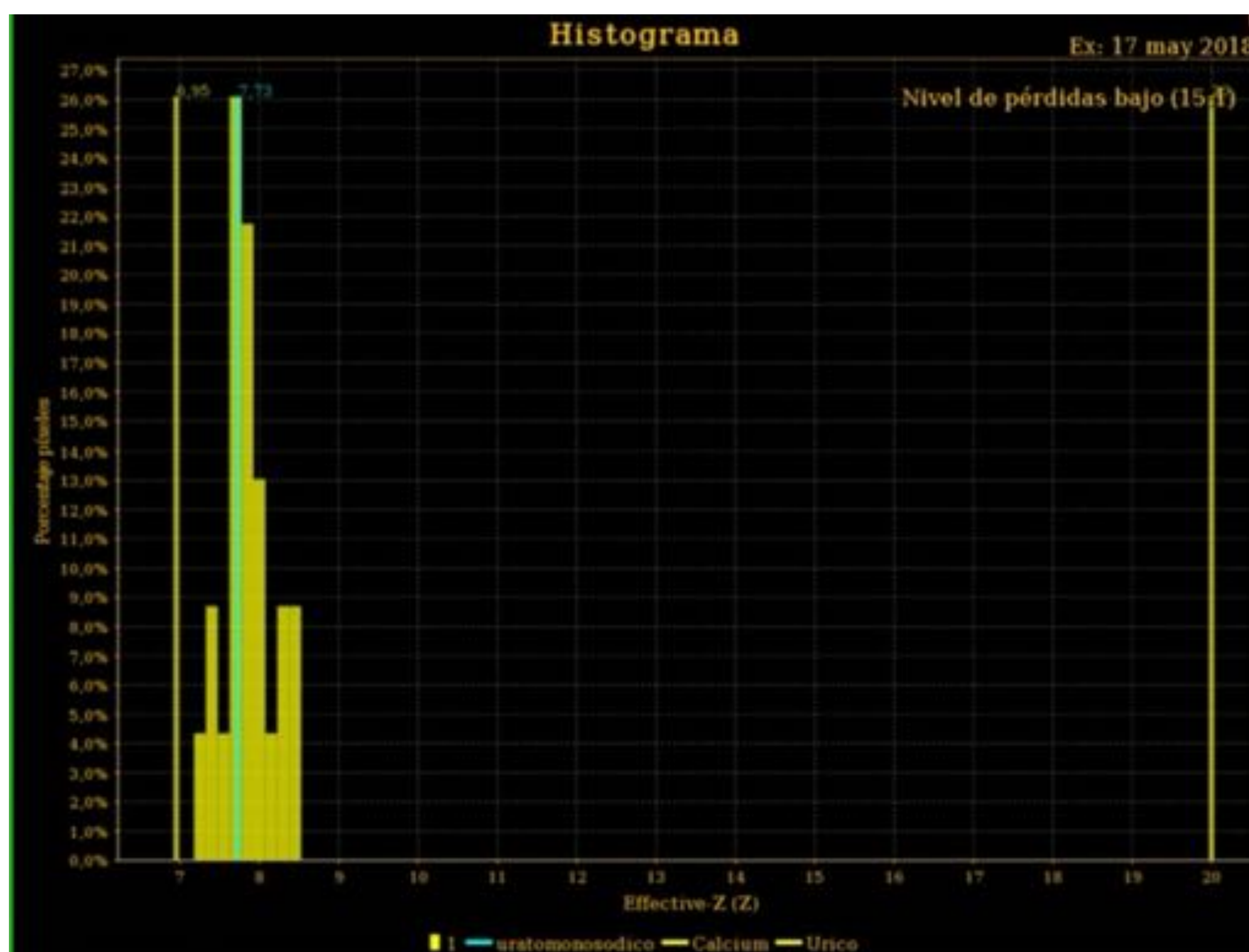
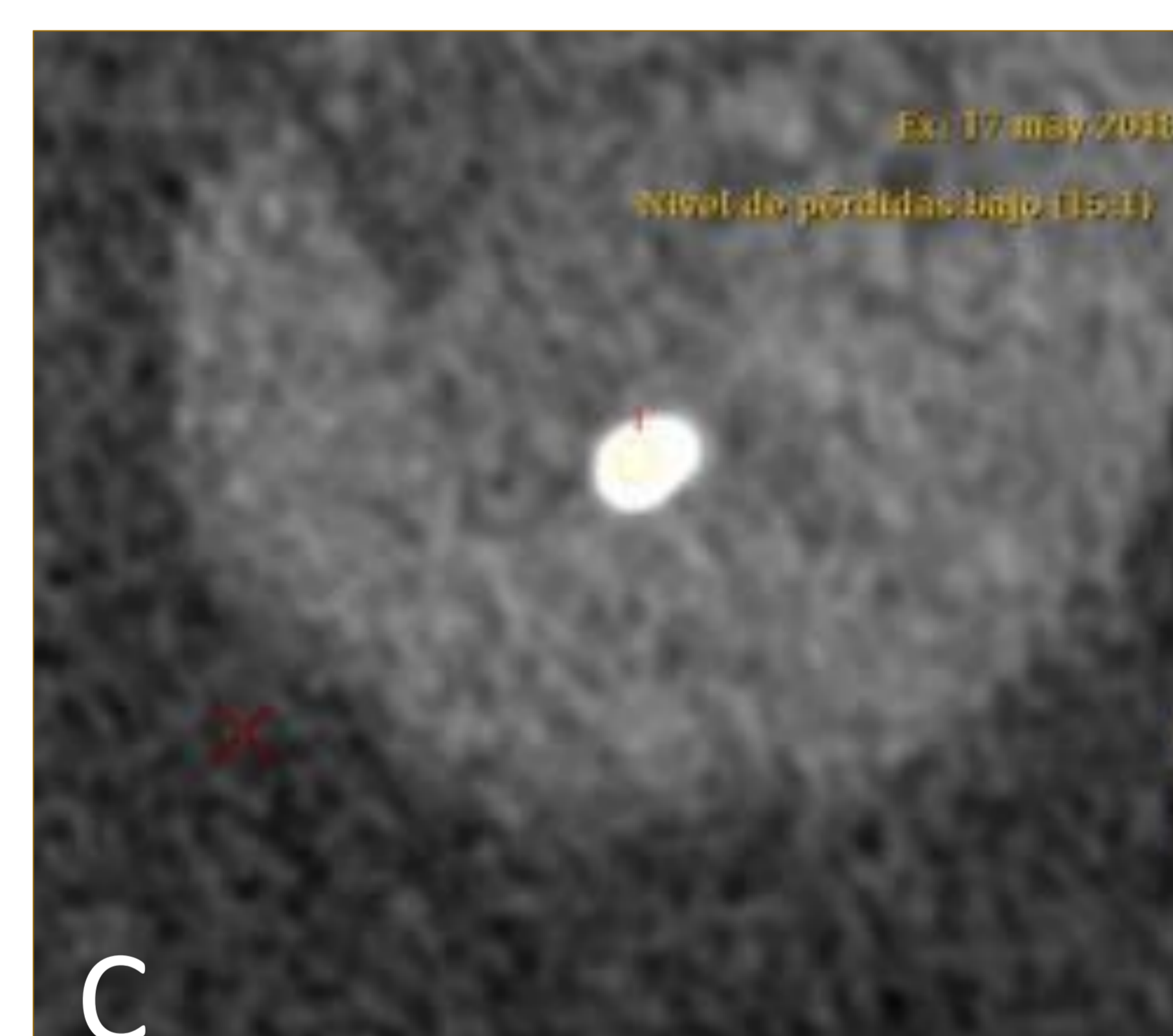
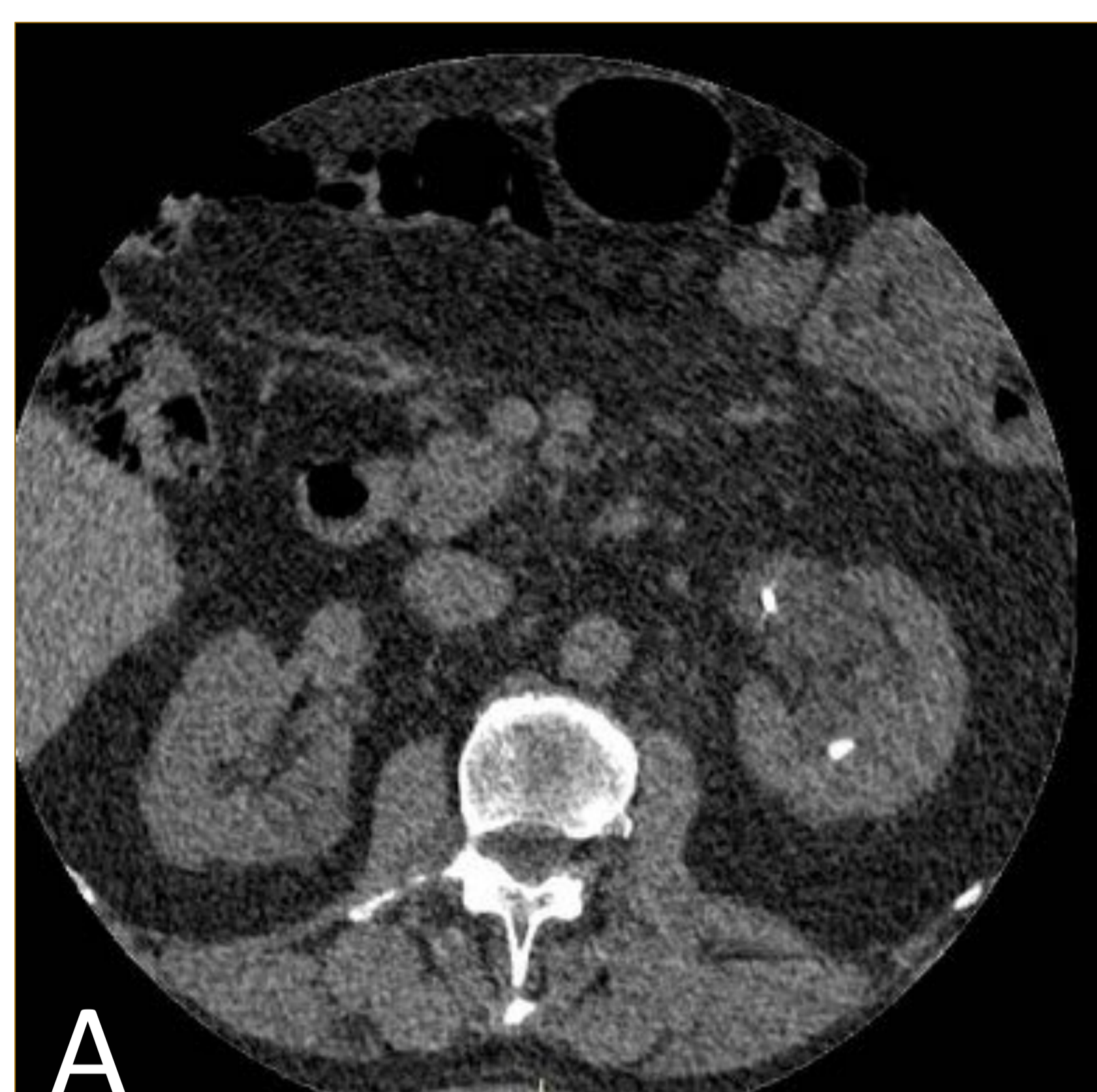


B) TC coronal 55 KeV, con civ, fase portal, **VUE. Se suprime el yodo**, por lo que podemos afirmar que dicha hiperdensidad corresponde a sangrado activo.



4. OBTENCIÓN DE IMÁGENES DE MATERIALES ESPECÍFICOS

Además del yodo, otros materiales como el calcio, la grasa, el ácido úrico etc. pueden separarse, permitiendo el diagnóstico de las litiasis, de enfermedades por depósito, metabolopatías etc. La posibilidad de obtener imágenes específicas del material a estudio a partir de una simple adquisición con contraste, implica una reducción en el número de adquisiciones y por lo tanto, en el nivel de radiación.



A-C) TC axial sin civ en la que se aprecia una nefrolitiasis. B) Imagen específica HAP (ácido úrico). C) Aunque la litiasis del grupo calicial inferior izquierdo parece cálcica, en el histograma se aprecia un **pico de urato monosódico**, que confirma la composición mayoritaria de la litiasis.



5-6. OBTENCIÓN DE IMÁGENES A ENERGÍAS ESPECÍFICAS

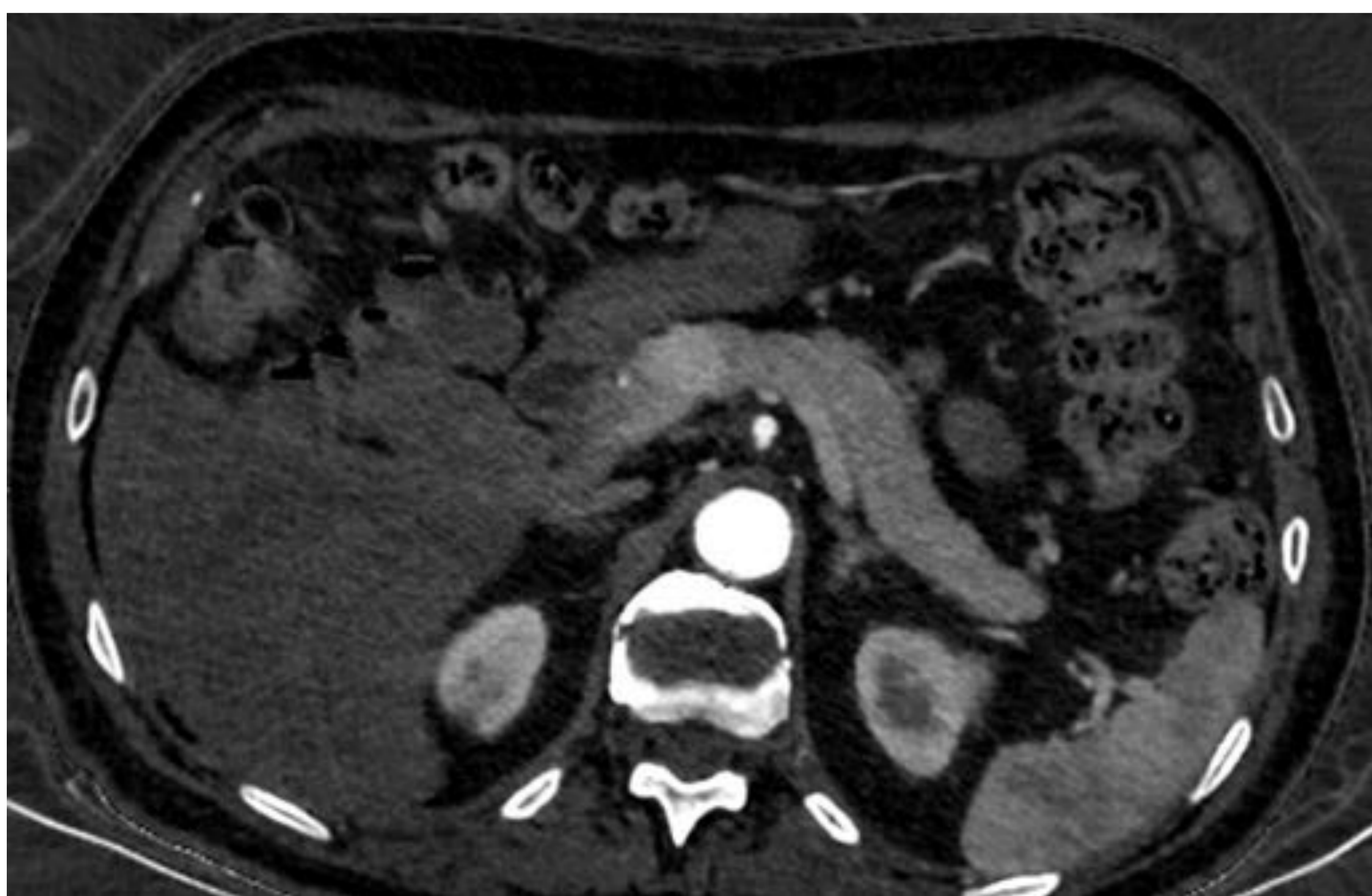
Los datos crudos obtenidos del TC GSI permiten la obtención de dos grupos de imágenes:

A. Imágenes **convencionales** a bajas y altas energías, policromáticas “blended images”.

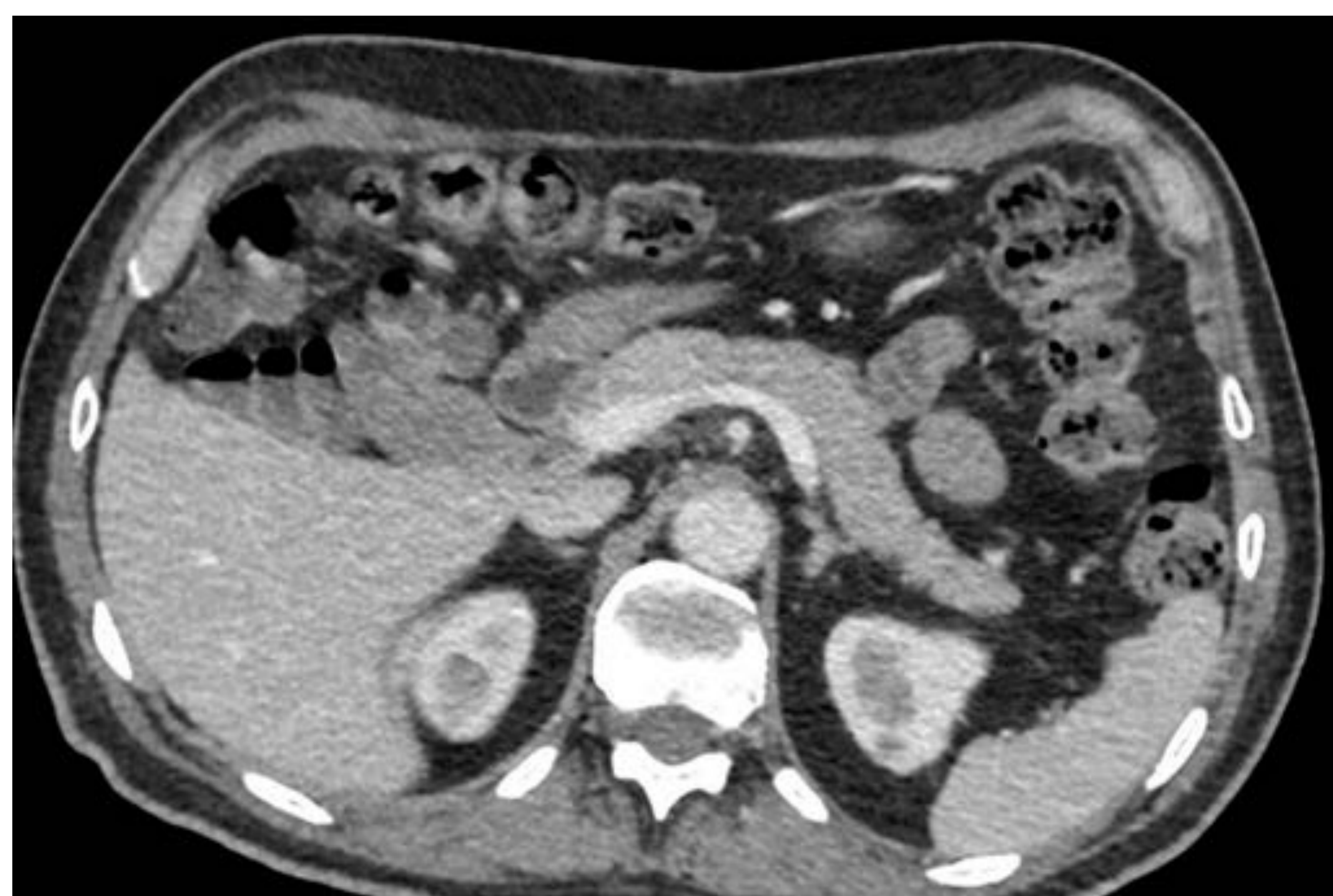
B. Imágenes **sintéticas, virtuales monocromáticas** y de materiales específicos.

LAS VENTAJAS DERIVADAS DE ELLO SON:

- Que se pueden obtener imágenes a distintas energías.
- Que se pueden generar imágenes virtuales monocromáticas.



A **55keV**



B **140 keV**

A) TC axial con civ, fase arterial, imagen Iodine (Water) a **55keV**, potencia el realce de una imagen nodular en el páncreas, B) TC axial, con civ, **140 Kev**, en la que la imagen pasa desapercibida.



7. ELIMINACIÓN DE ARTEFACTOS METÁLICOS

Las imágenes monocromáticas a elevados niveles energéticos, permiten eliminar artefactos metálicos. Mediante el TC GSI, es posible reducir artefactos mediante el Metal Artifact Reduction (MAR) software.



70 KeV



120 KeV



A



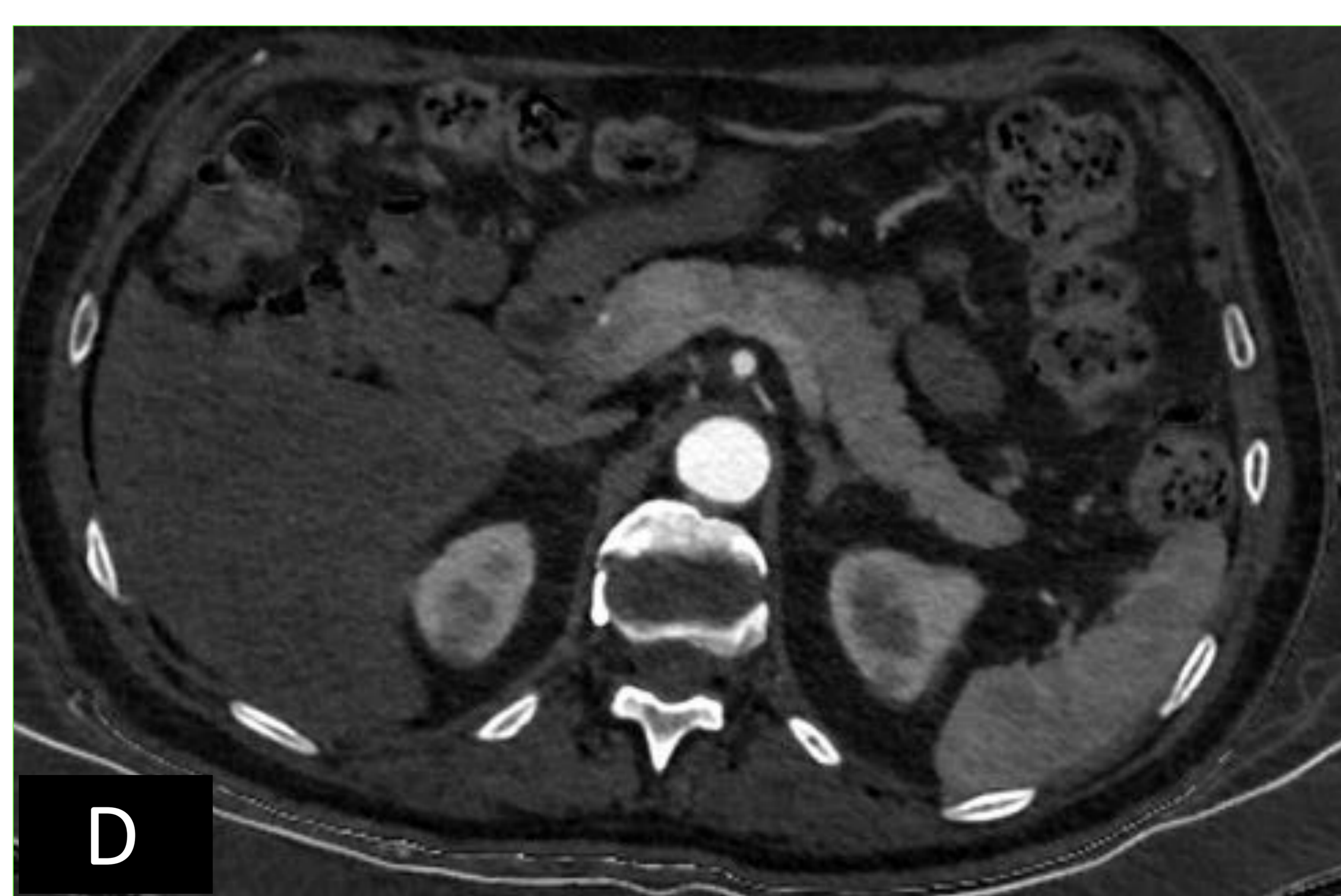
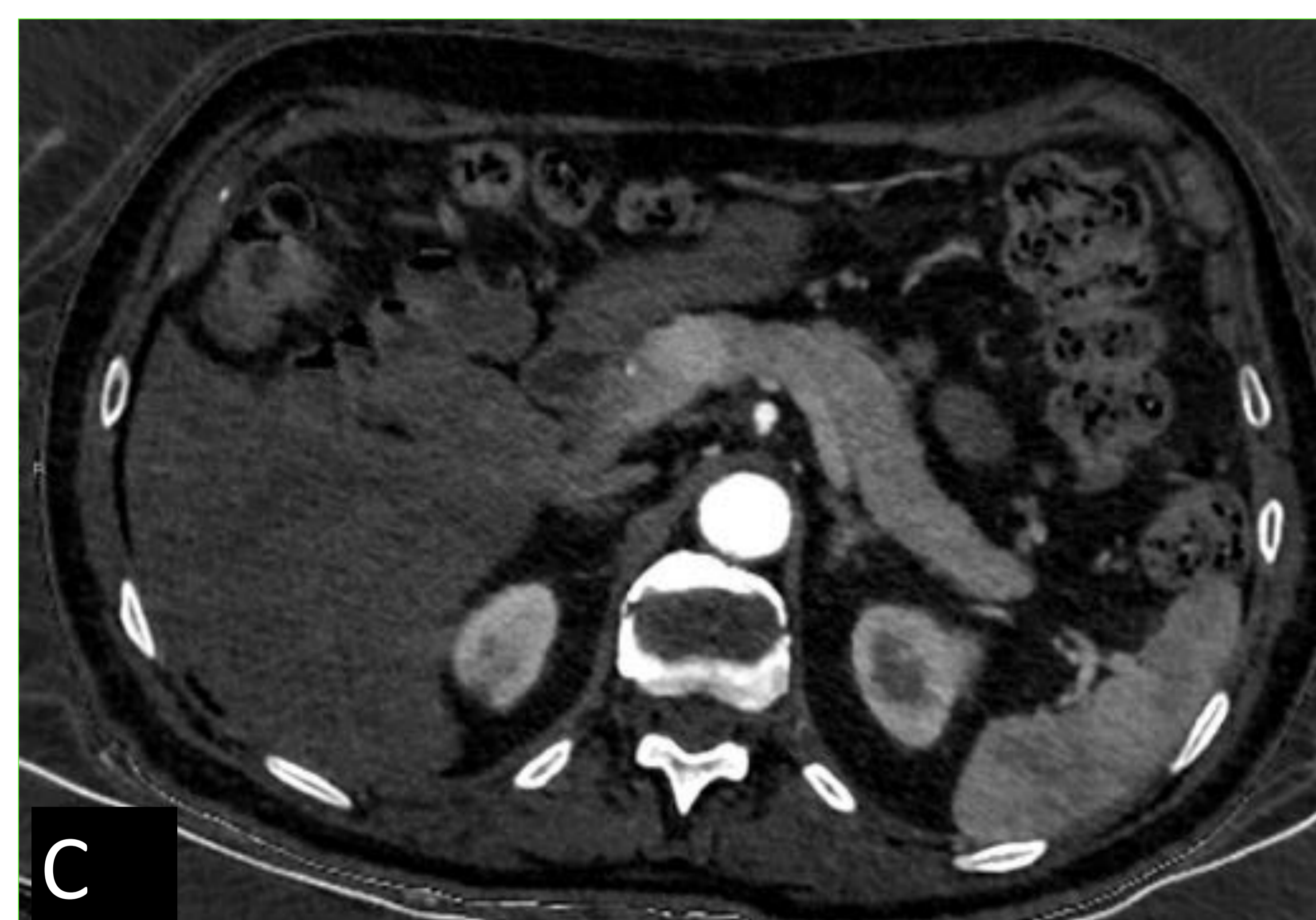
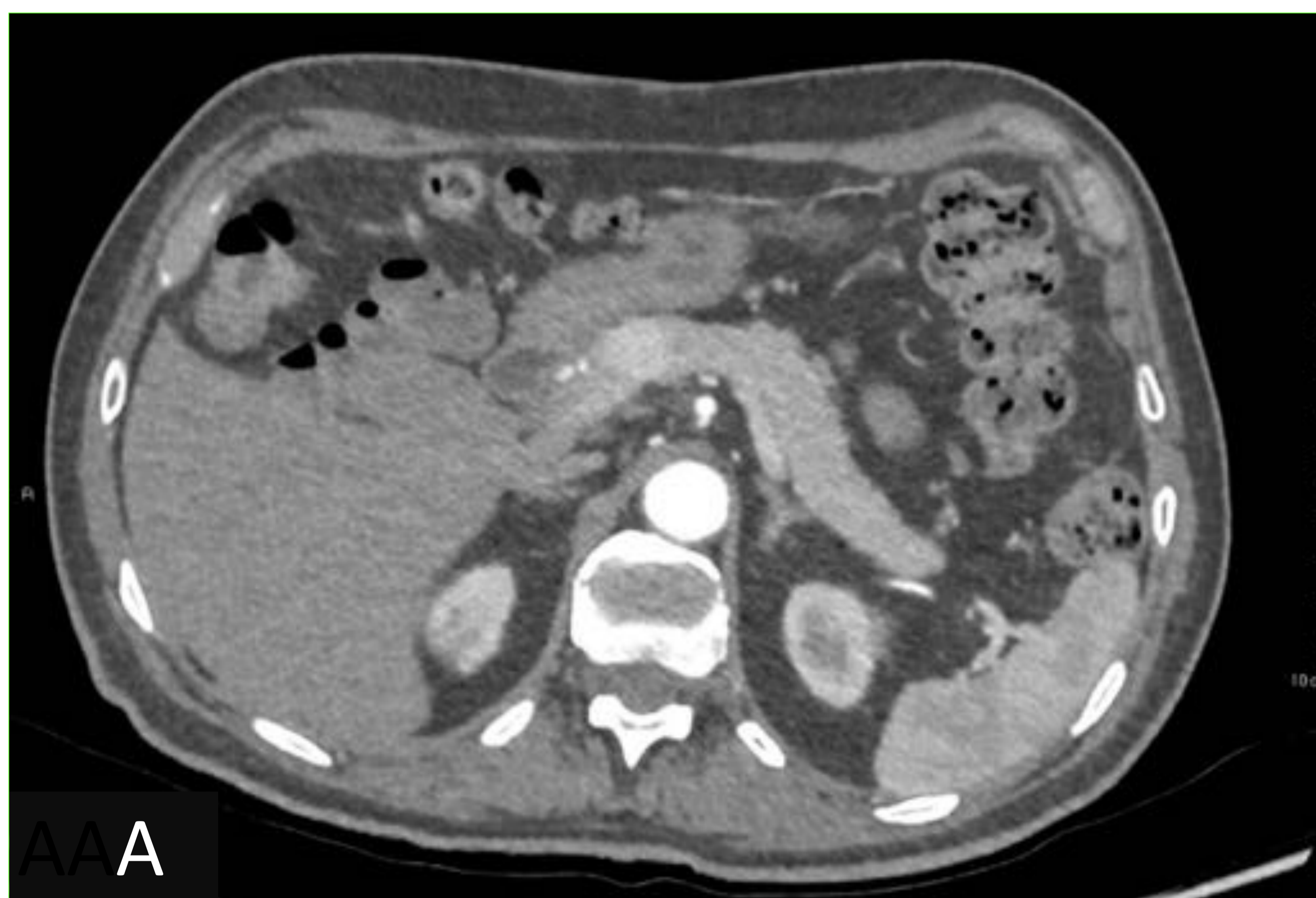
B

A) TC axial, imagen convencional, artefactos por embolización de venas gonadales. B) TC GSI axial, 55KeV, MAR, donde se elimina dicho artefacto.



UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

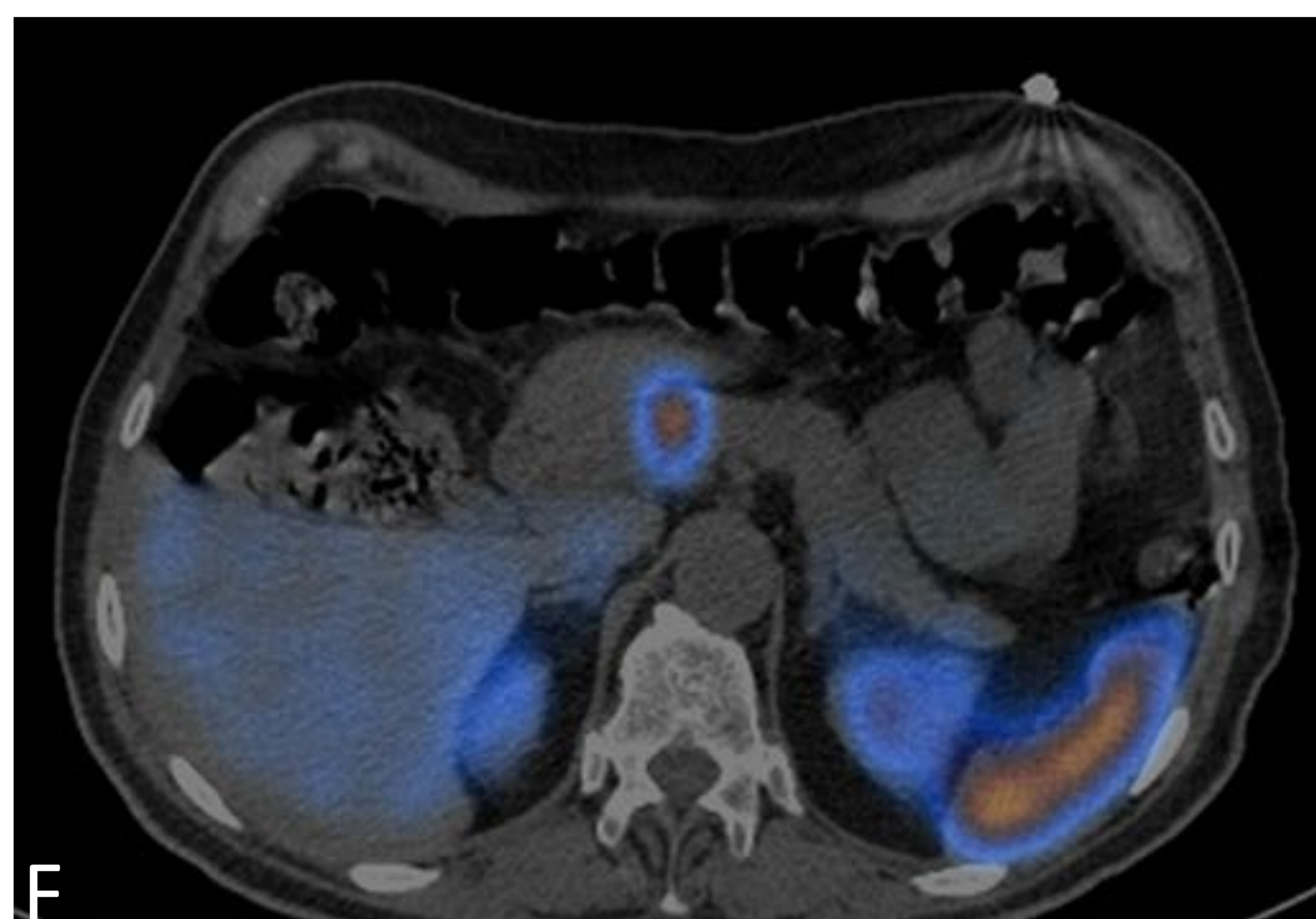
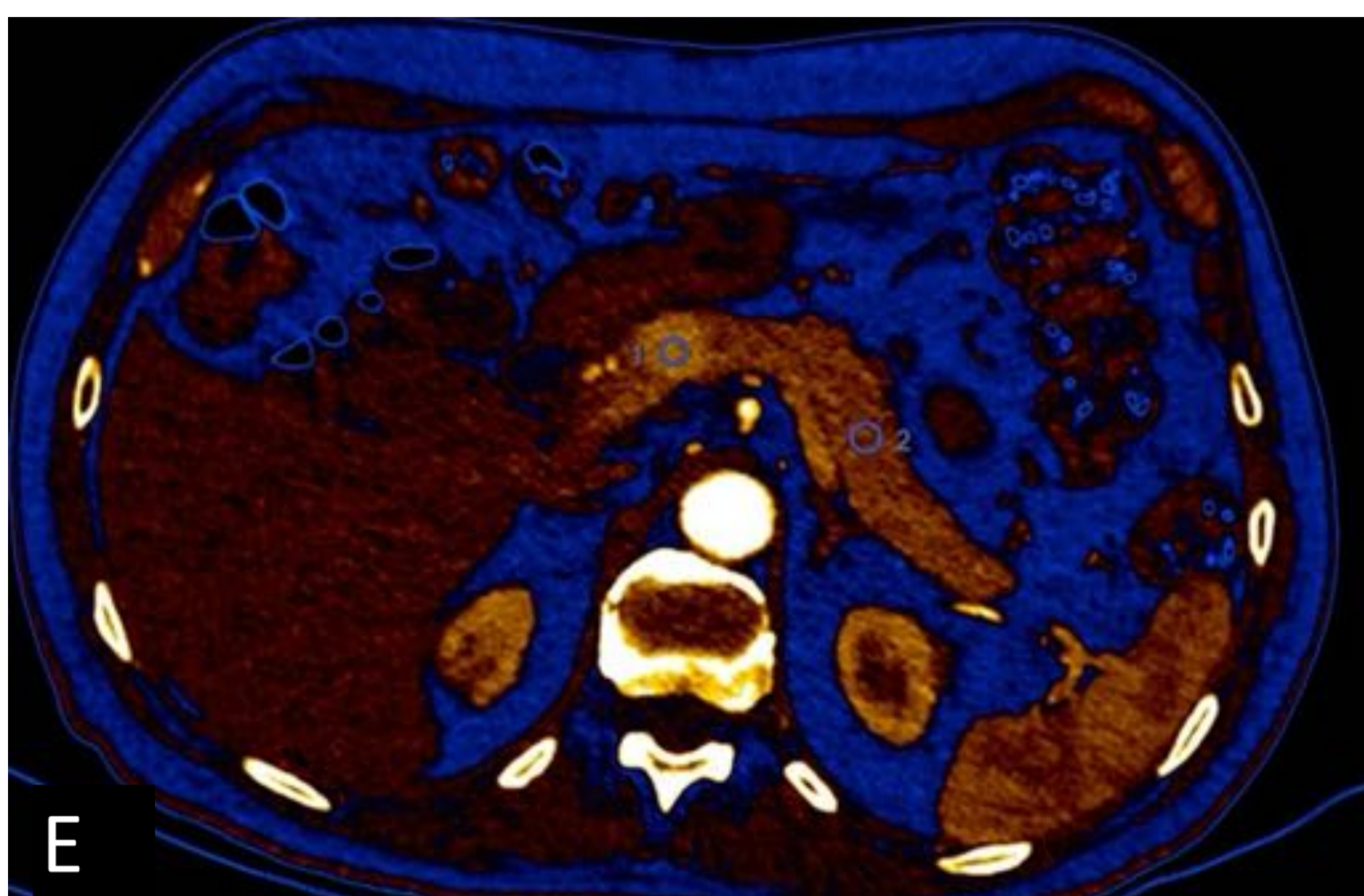
La obtención de imágenes virtuales monocromáticas a **bajas energías**, unido a la cuantificación del realce de yodo, permiten detectar con más precisión lesiones isodensas con el parénquima adyacente, como las neoplasias pancreáticas, así como la afectación peritoneal.



A) TC axial, fase arterial a 140keV Imagen nodular hiperdensa en el páncreas, B) fase portal a 140 keV, donde pasa prácticamente desapercibida, C) y D) Lesión pancreática que se hace más patente en imágenes que potencian el realce de yodo y mucho mejor definida en C), a **55 KeV**, que en D), a 140 KeV.

UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES PANCREÁTICAS

Los mapas de yodo, permiten discernir focos de realce que pasarían desapercibidos mediante técnicas convencionales. Esto resulta muy útil para la detección tumores. También permiten cuantificar la cantidad de yodo en un ROI específico, para confirmar el realce (E).

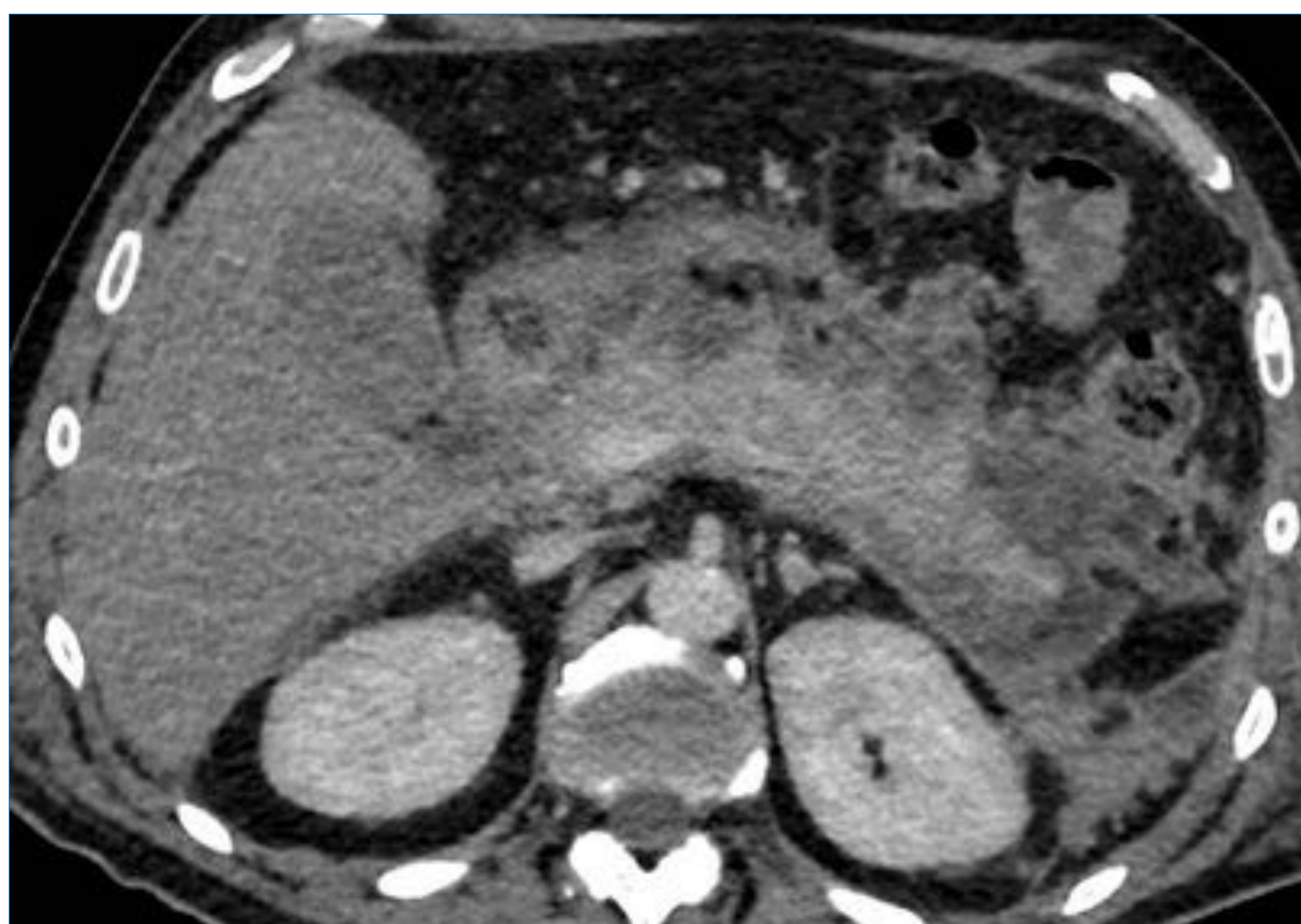


E) Mapa de yodo, donde se aprecia claramente la lesión en la cabeza del páncreas. Colocando un ROI sobre la misma (180 UH) y otro sobre el parénquima sano (90 UH), se pone de manifiesto la diferencia en el realce entre ambos puntos, con mayor realce en el foco tumoral.

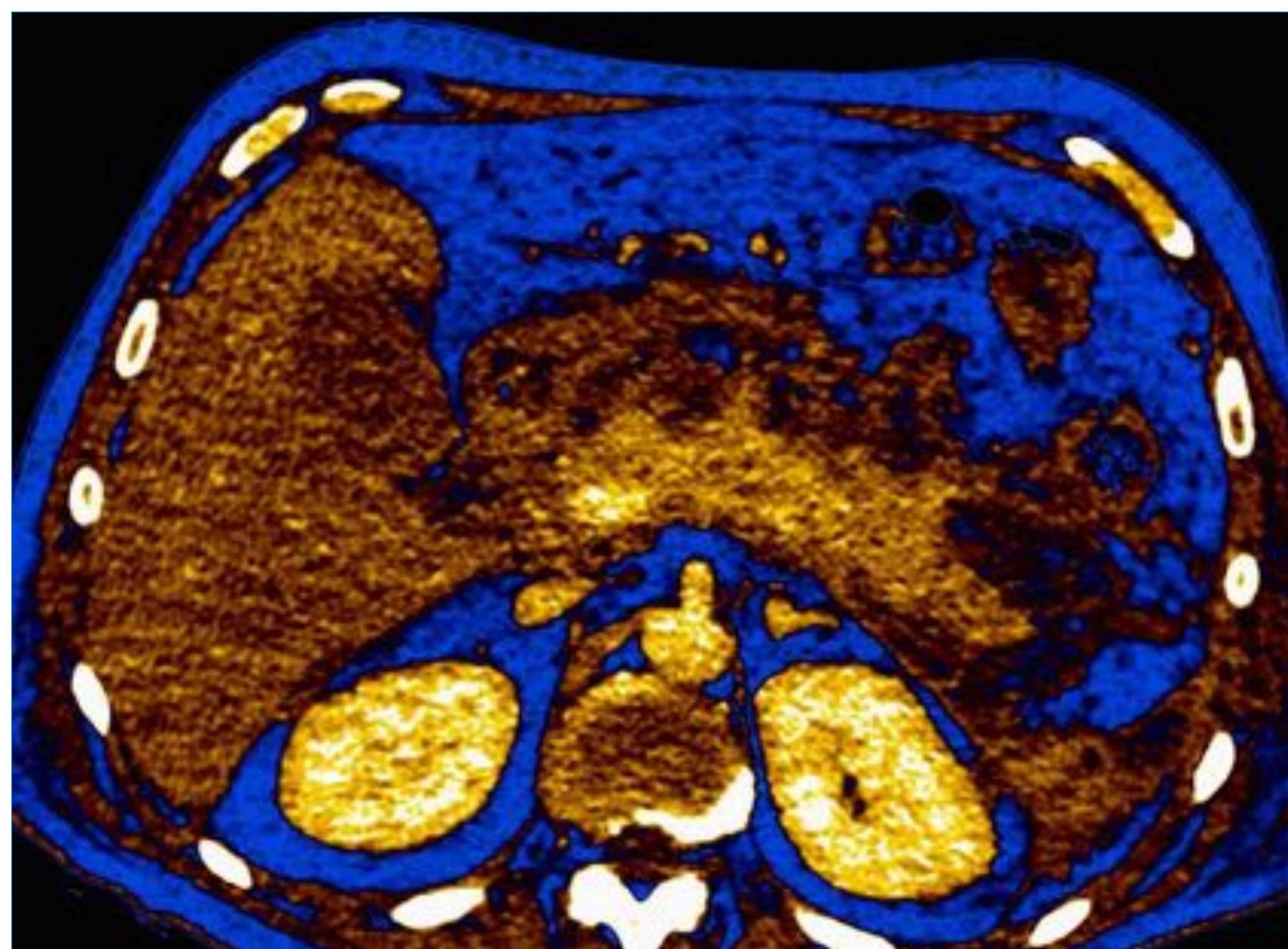
F) Octreo-Scan, que pone de manifiesto que el tumor es productor de somatostatina.



UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES PANCREÁTICAS



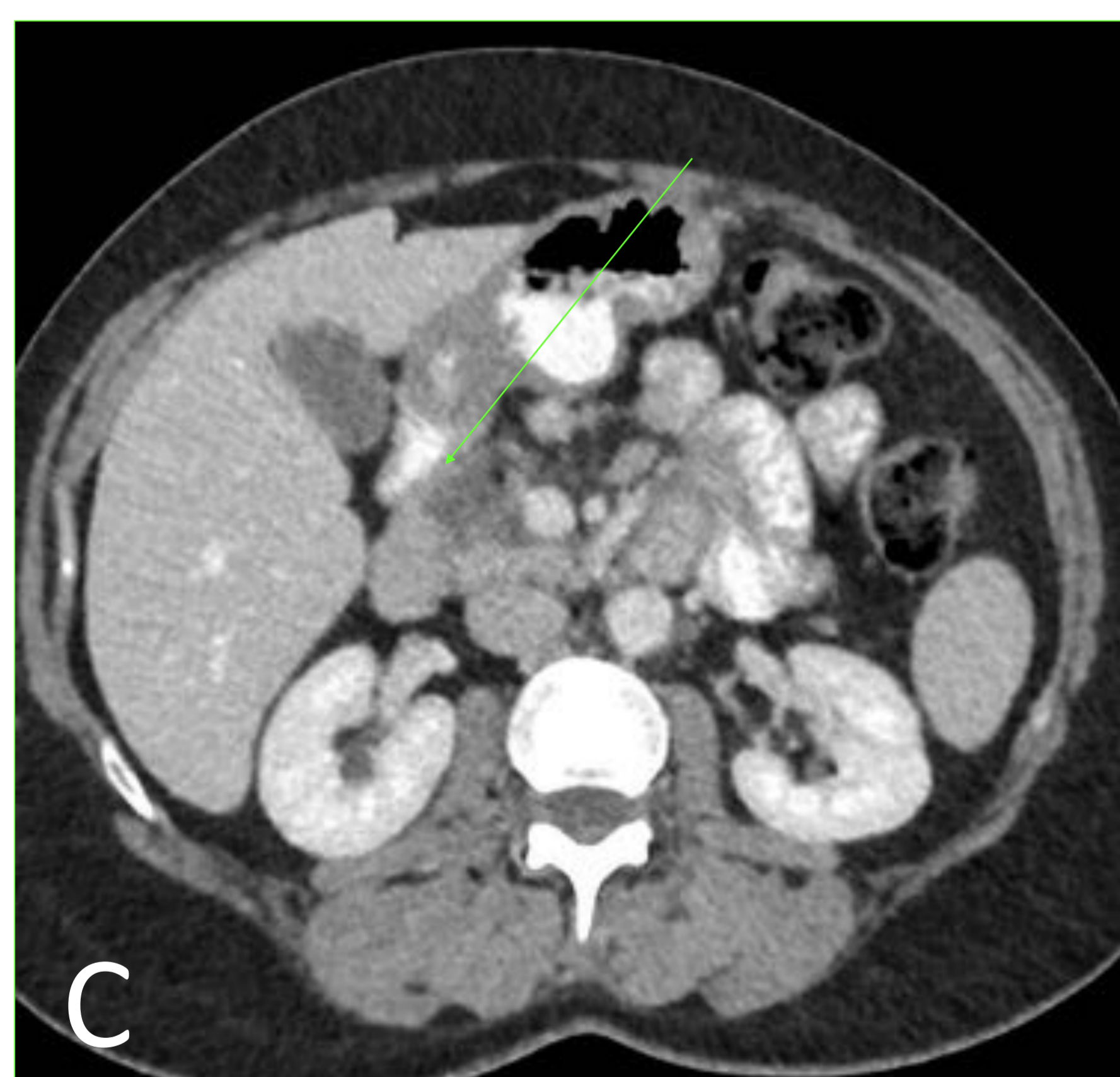
A



B

A) TC axial con civ en fase portal, pancreatitis aguda, con colecciones peripancreáticas, sin aparentes focos de necrosis.

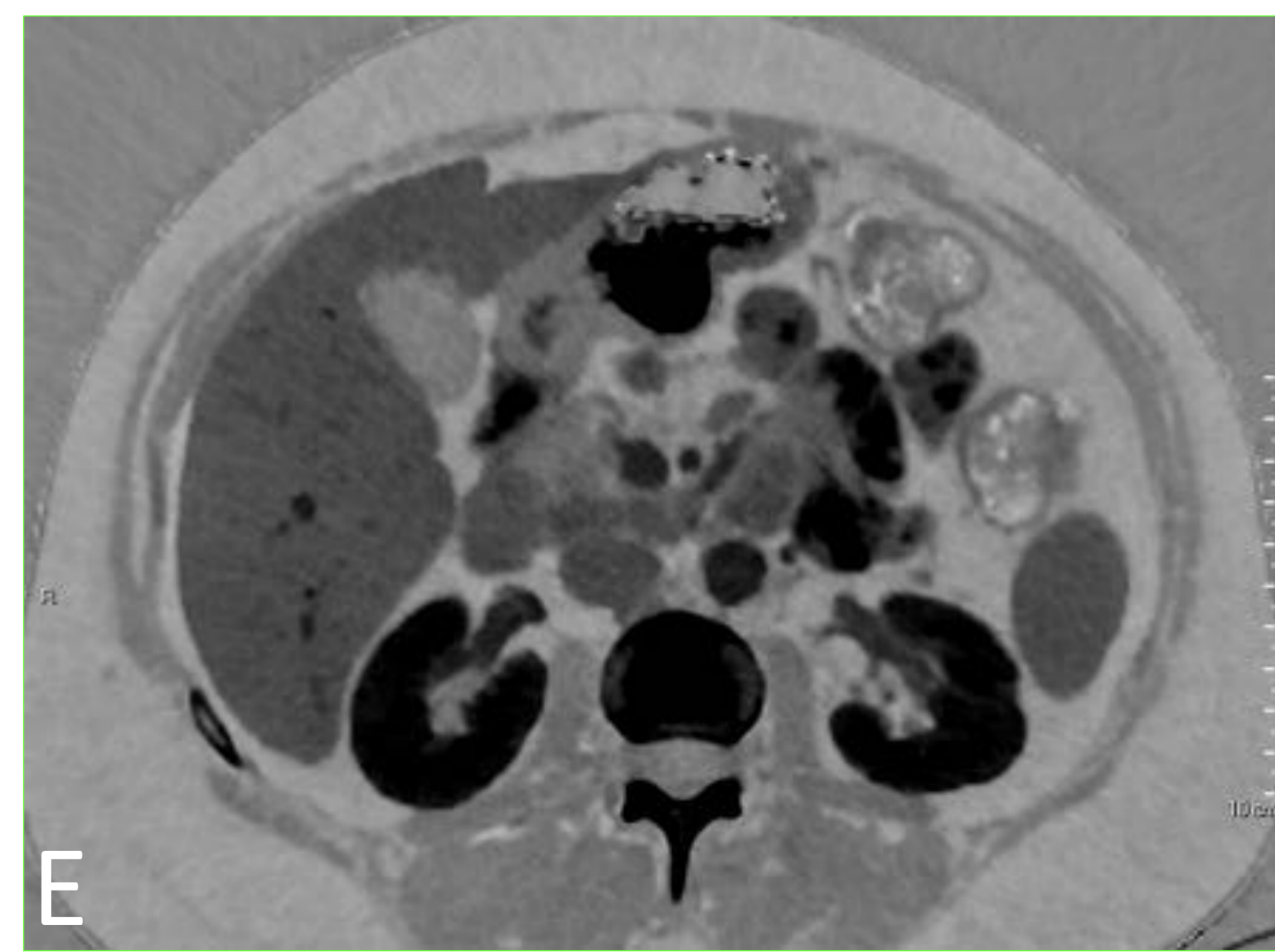
B) Mapa de yodo, codificado con color, en el que el realce pancreático aparece homogéneo. La detección de necrosis es la principal utilidad para enfocar el manejo terapéutico.



C



D



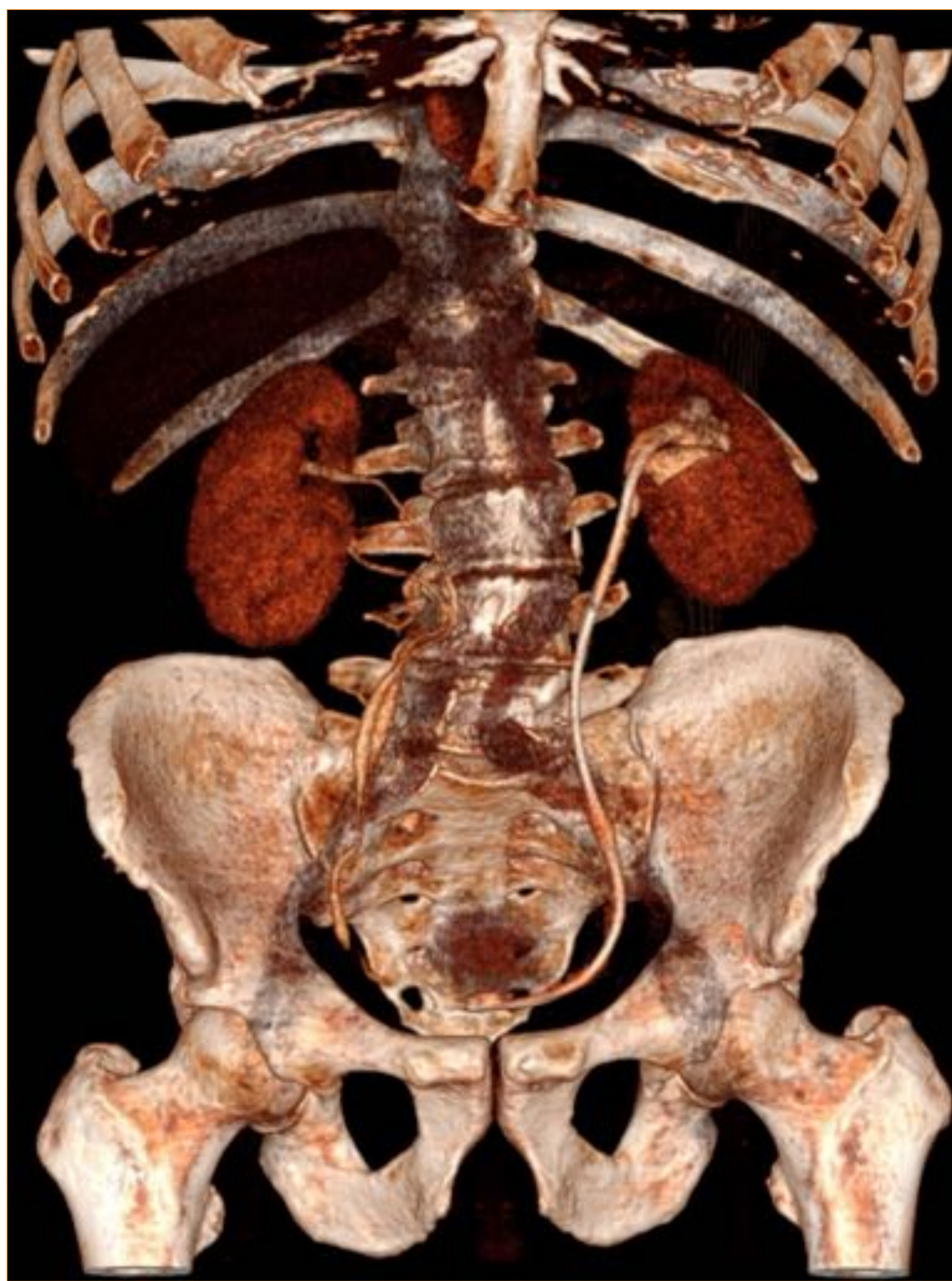
E

C) TC axial con civ en fase portal, lesión hipodensa en el páncreas, que podría confundirse con una neoplasia (“pitfall”).

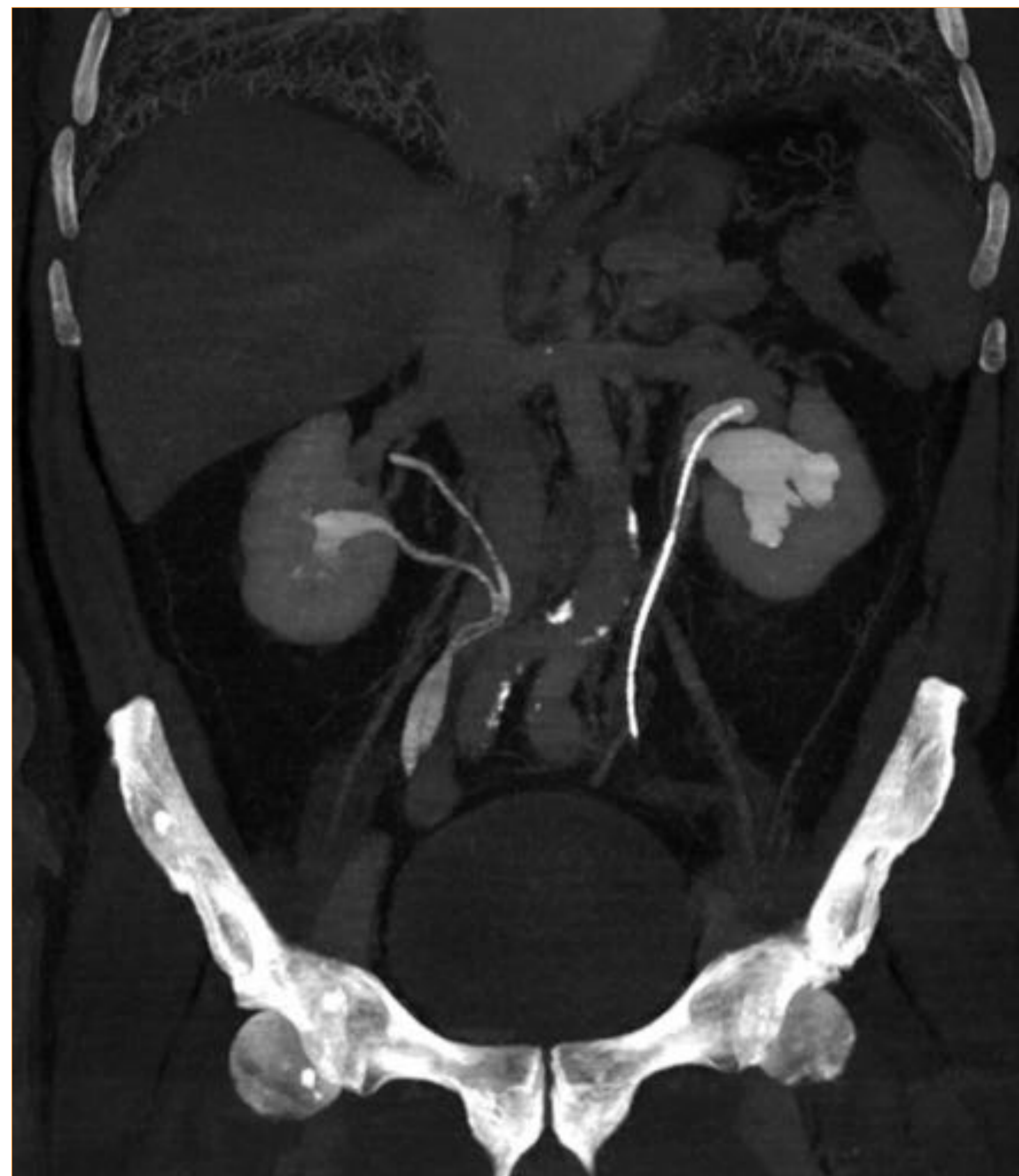
D-E) TC axial con civ, imágenes específicas de grasa, en las que se pone de manifiesto que la lesión sospechosa, corresponde a infiltración grasa focal del páncreas.

UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES RENALES

LITIASIS



A



B

Paciente con antecedentes de litiasis. El TC GSI es especialmente útil en el diagnóstico de las litiasis, así como en el estudio de su composición. A) Coronal 3D B) Coronal MIP donde se aprecian un catéter "doble J" izquierdo y doble sistema excretor derecho. El catéter dificulta la detección de las litiasis. C) TC sagital sin civ, HAP (ac úrico), litiasis en uréter proximal izquierdo. En esta imagen se han separado materiales en función de su composición y la litiasis se distingue del catéter. D) TC coronal sin civ, litiasis calicial inferior izquierda.



C

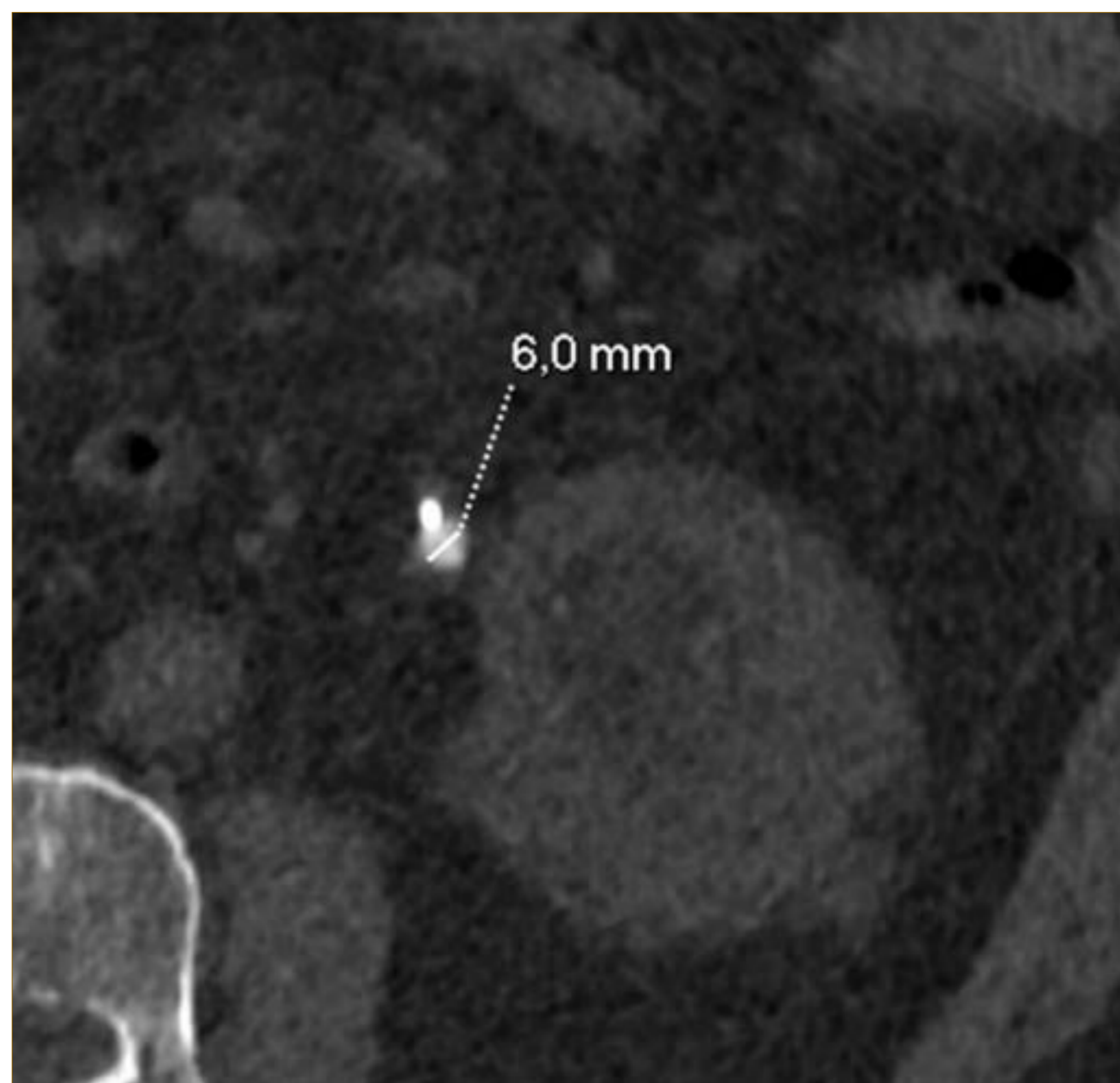


D



UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES RENALES

LITIASIS



A) TC sagital sin civ, 120 KeV. Litiasis en tercio proximal del uréter. B) TC axial, sin civ imagen específica en la que la litiasis se confunde con el “doble J” y tras procesar la imagen, separando los posibles componentes de la misma, parece exclusivamente formada por calcio



En el histograma se confirma que la litiasis se compone fundamentalmente de colchicina y ácido úrico.

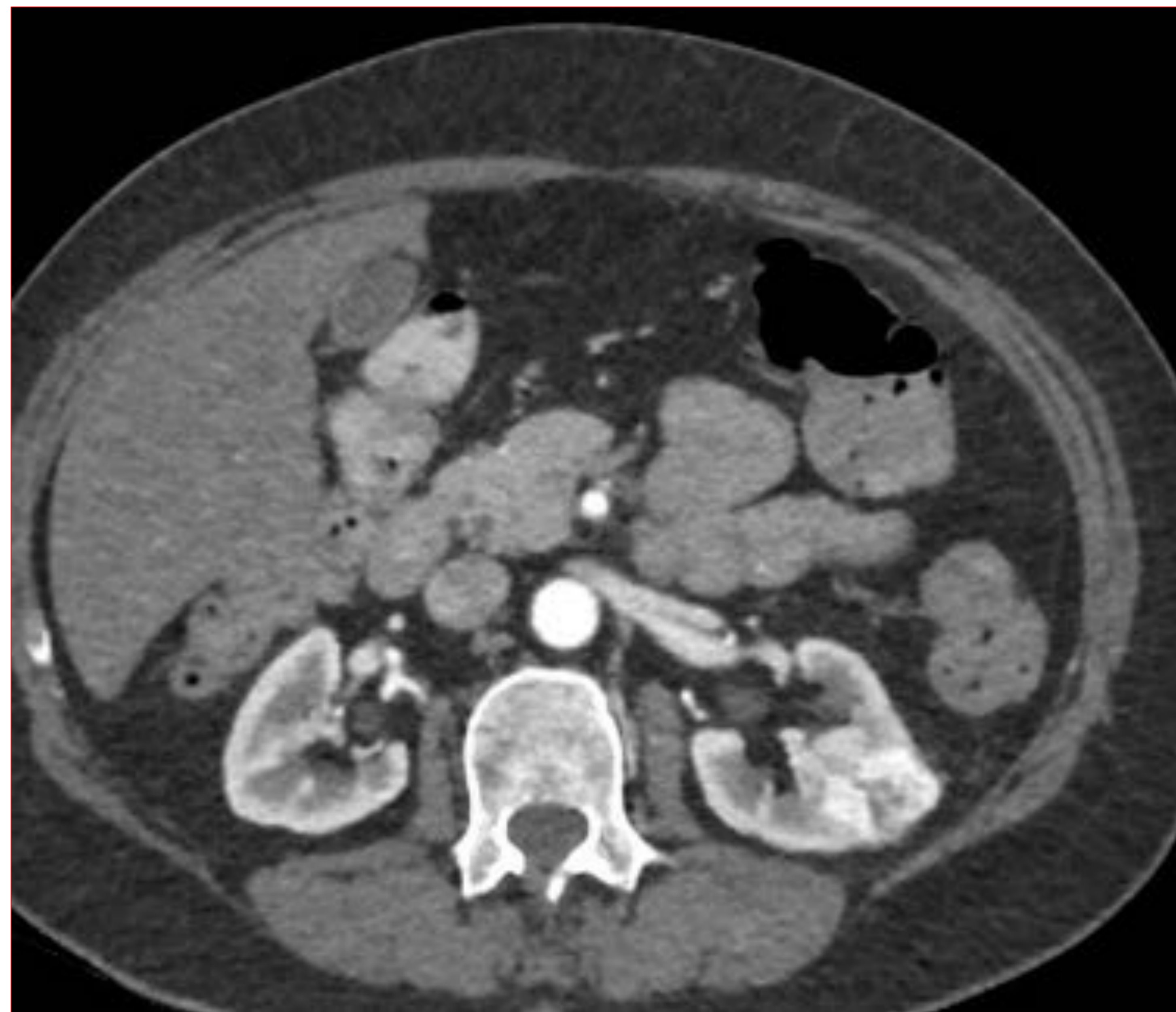


UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES RENALES

TUMORES RENALES



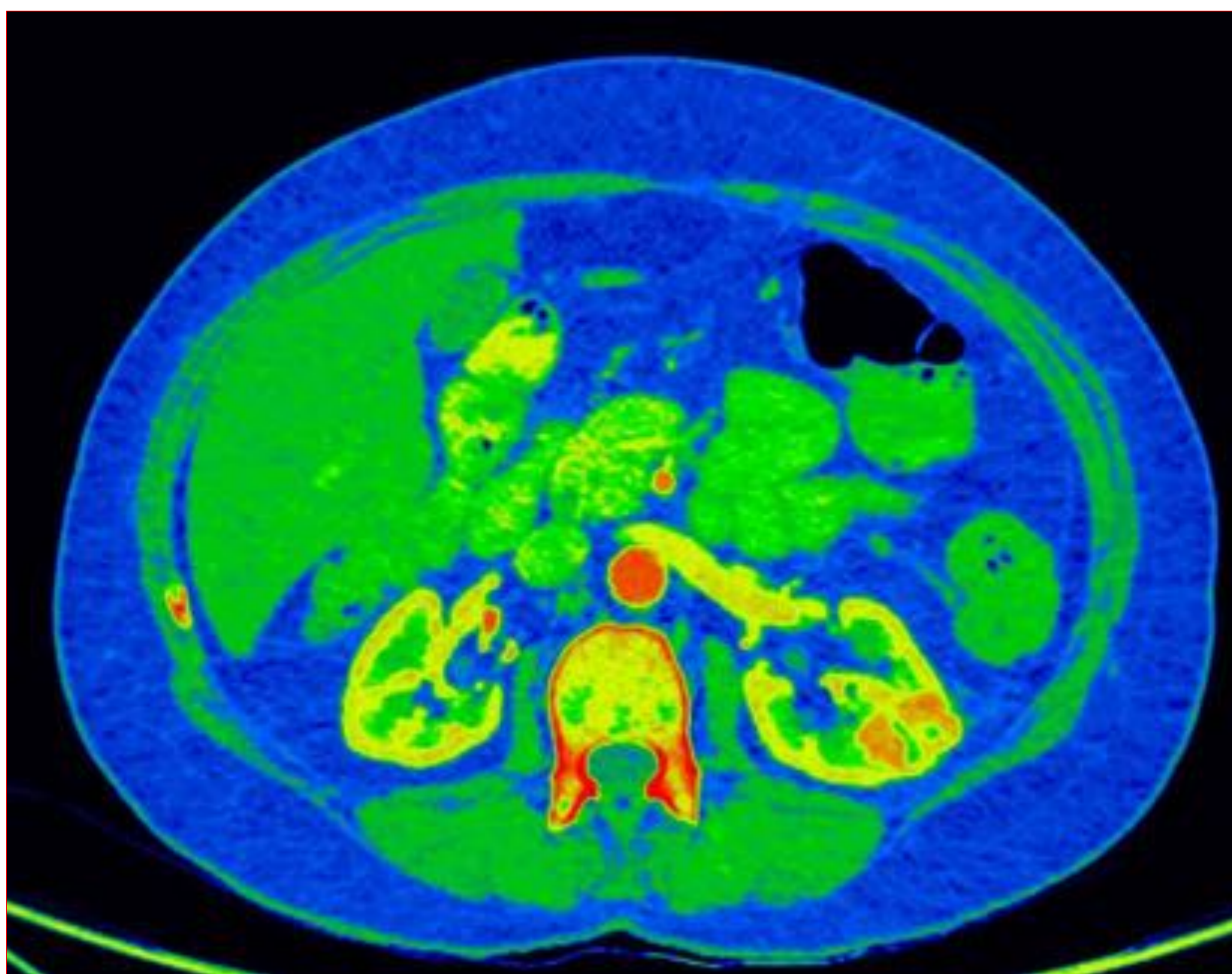
A) TC axial con civ, fase portal (140 KeV). Se intuye una lesión cortical en tercio medio renal izquierdo.



B) TC axial con civ, fase arterial, (55 KeV), en la que se aprecia realce en el interior de la lesión.



C) TC axial con civ, en fase arterial, imagen específica de yodo, Iodin (Water), donde se aprecia con más nitidez el realce de la lesión.



D) El realce de la lesión fue codificado mediante este mapa de color, que muestra dicha captación de contraste en color rojo.

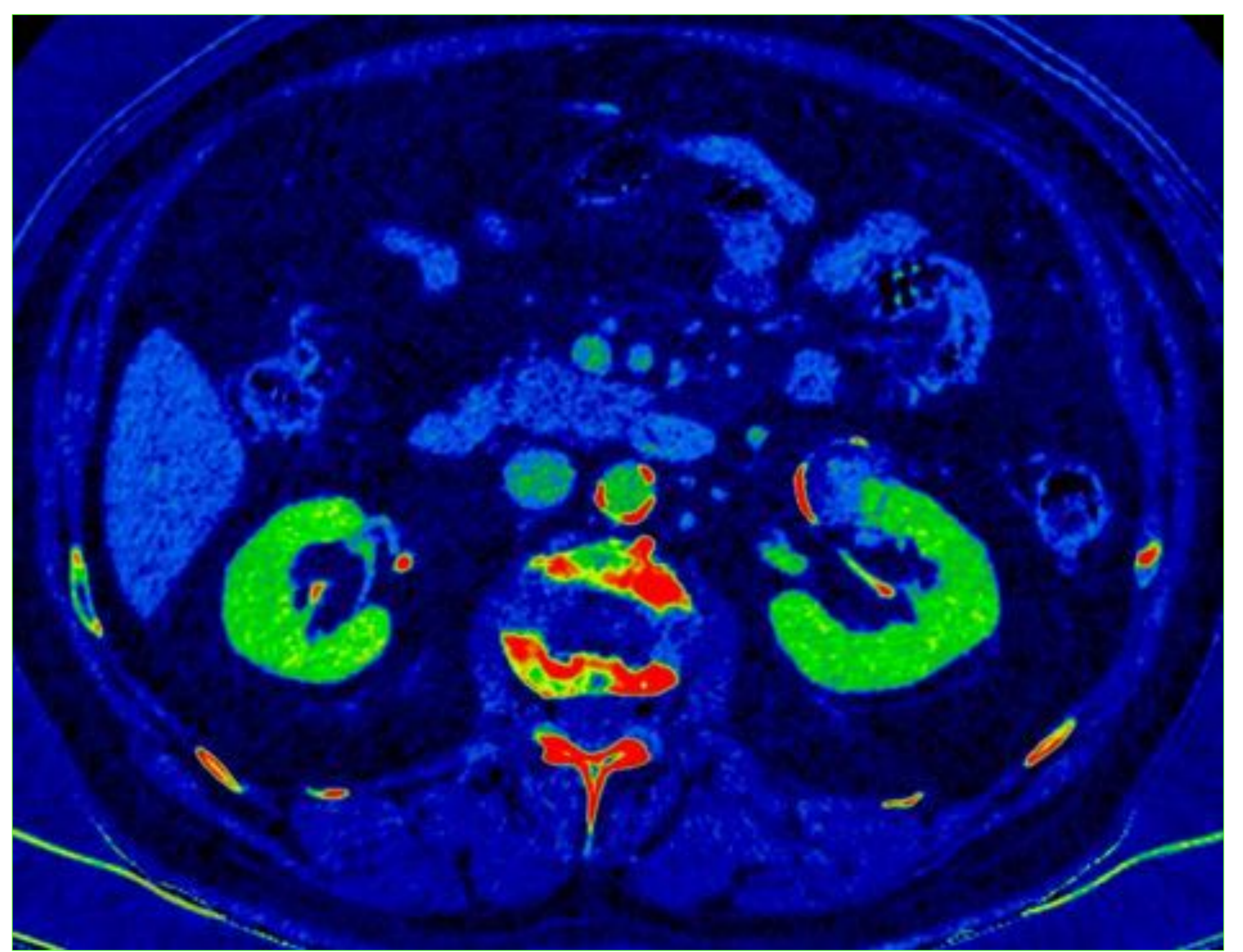
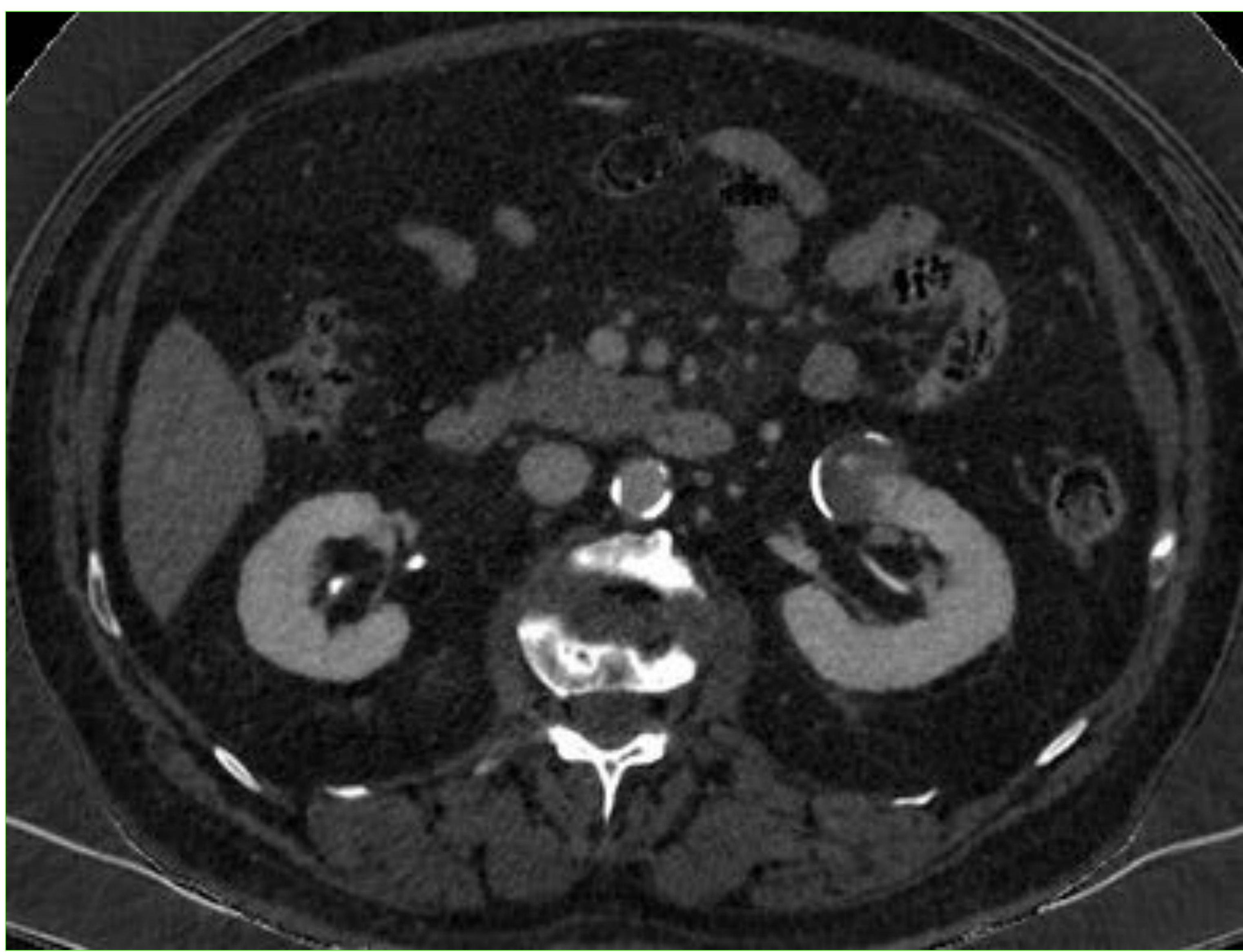
El resultado anatomopatológico confirmó que se trataba de un **carcinoma de células claras**



UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES RENALES

QUISTES RENALES

Una de las utilidades del TC GSI ante las lesiones renales, radica en la capacidad para diferenciar quistes de carcinoma renal, muchas veces complicado, en el caso de quistes complejos, como en este caso. De nuevo las imágenes virtuales sin contraste (VUE) muestran ser muy útiles para comparar el realce de la lesión con el de las fases con contraste.



A) TC axial civ, fase excretora, “Iodine (water) image”, imagen nodular sospechosa en riñón izquierdo, sin aparente realce intralesional, confirmado en B) Misma imagen, en la que la captación de yodo aparece codificada en color verde, sin objetivarse realce intralesional.

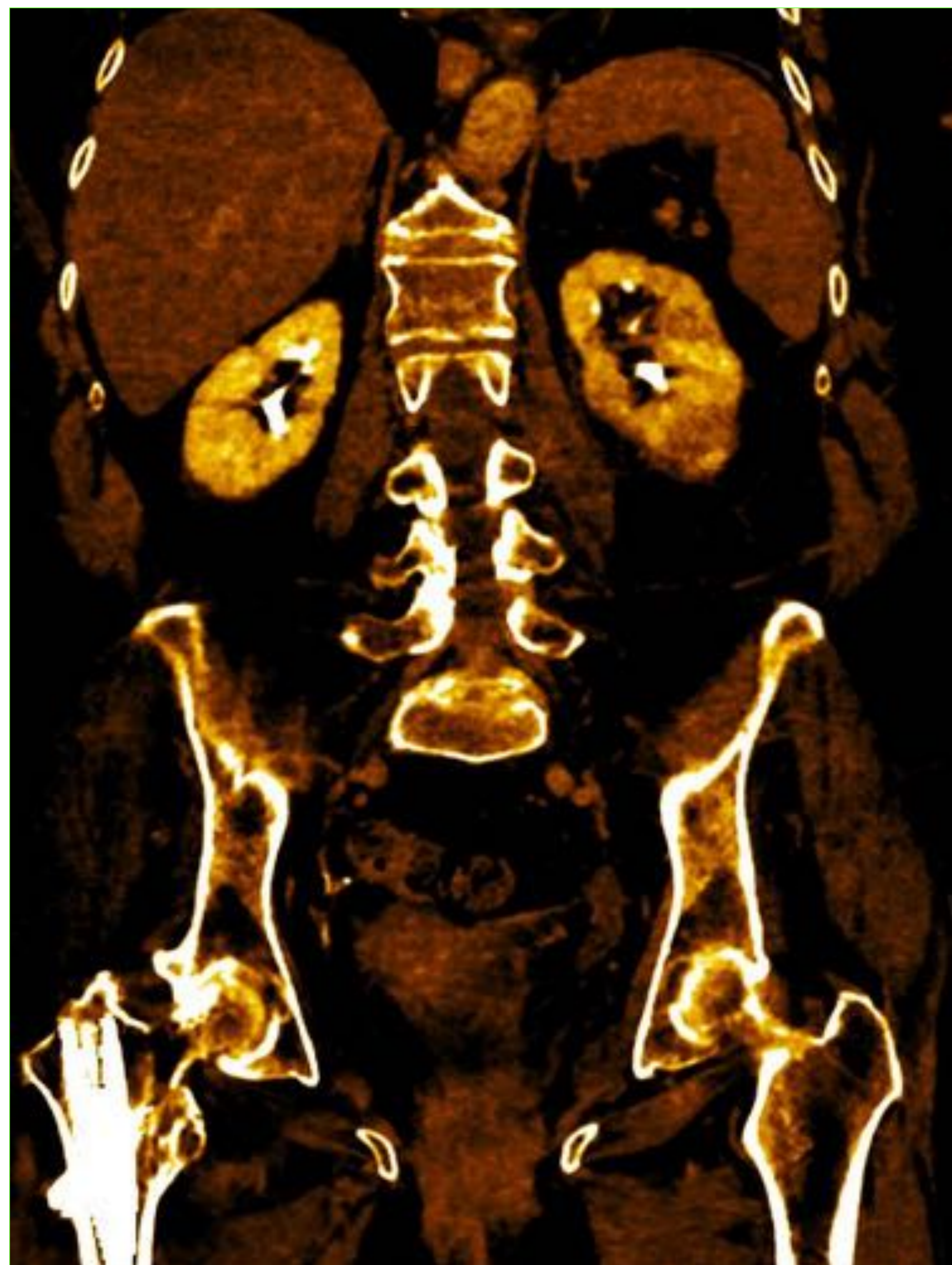


UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: LESIONES RENALES

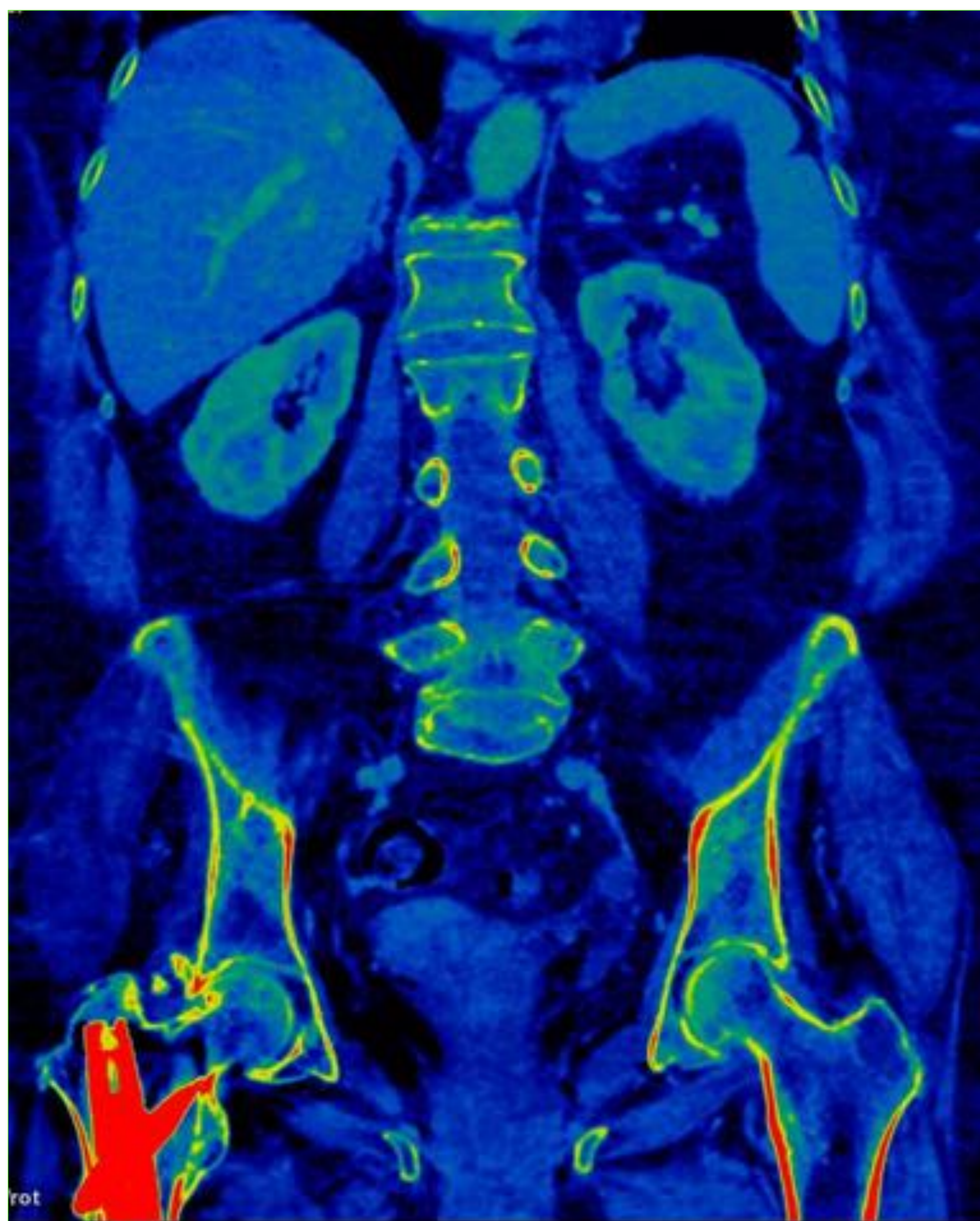
PIELONEFRITIS



A



B



C

Paciente con fiebre y dolor lumbar izquierdo. TC Coronal con civ:

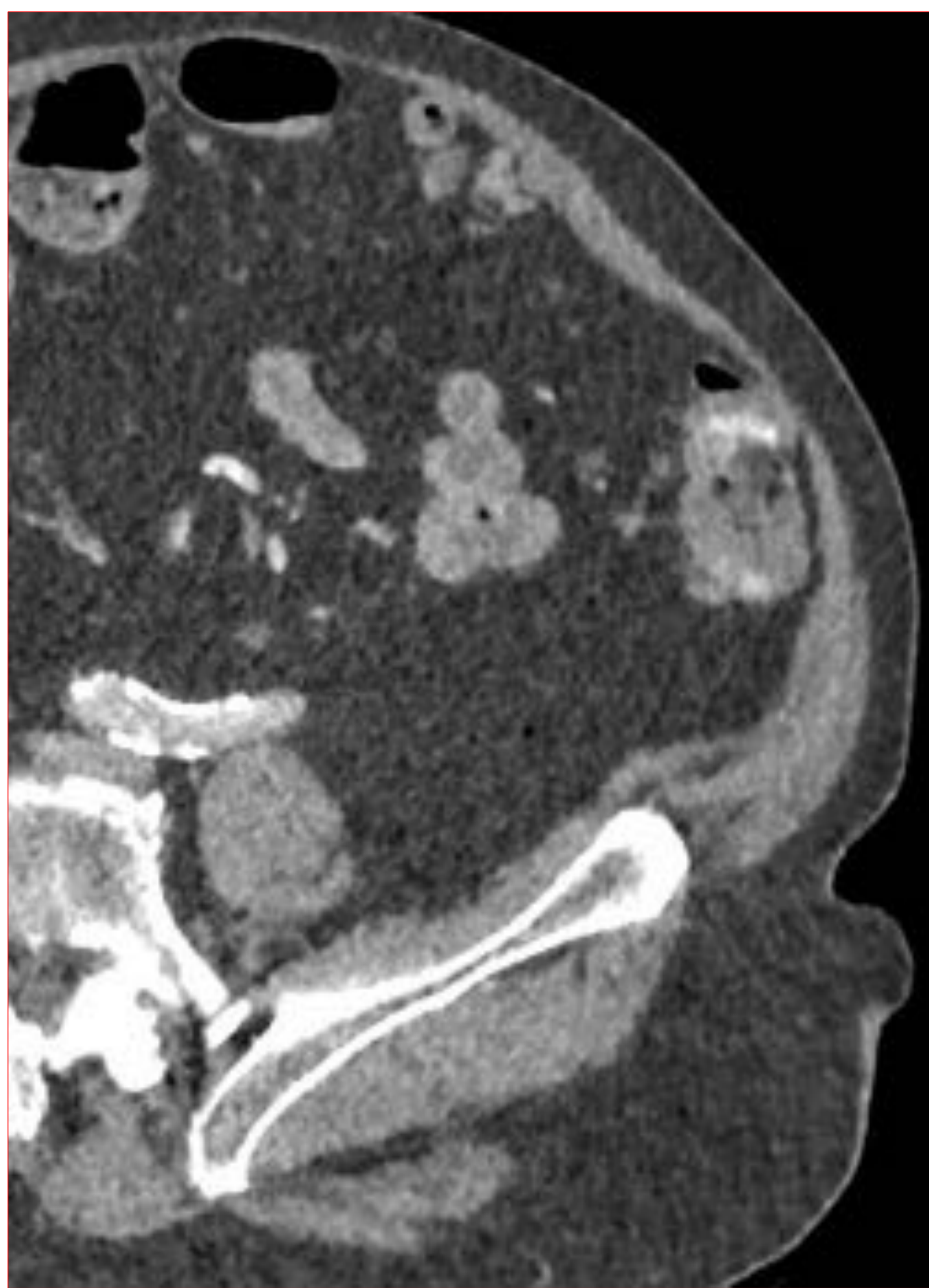
A) Portal 55 KeV, se identifican áreas hipodensas corticales izquierdas, posibles áreas de nefronía.

B-C) El hallazgo se muestra en los mapas de color, en los que esas áreas triangulares se ponen de manifiesto como focos de escaso realce, en un color más oscuro que el parénquima sano adyacente.

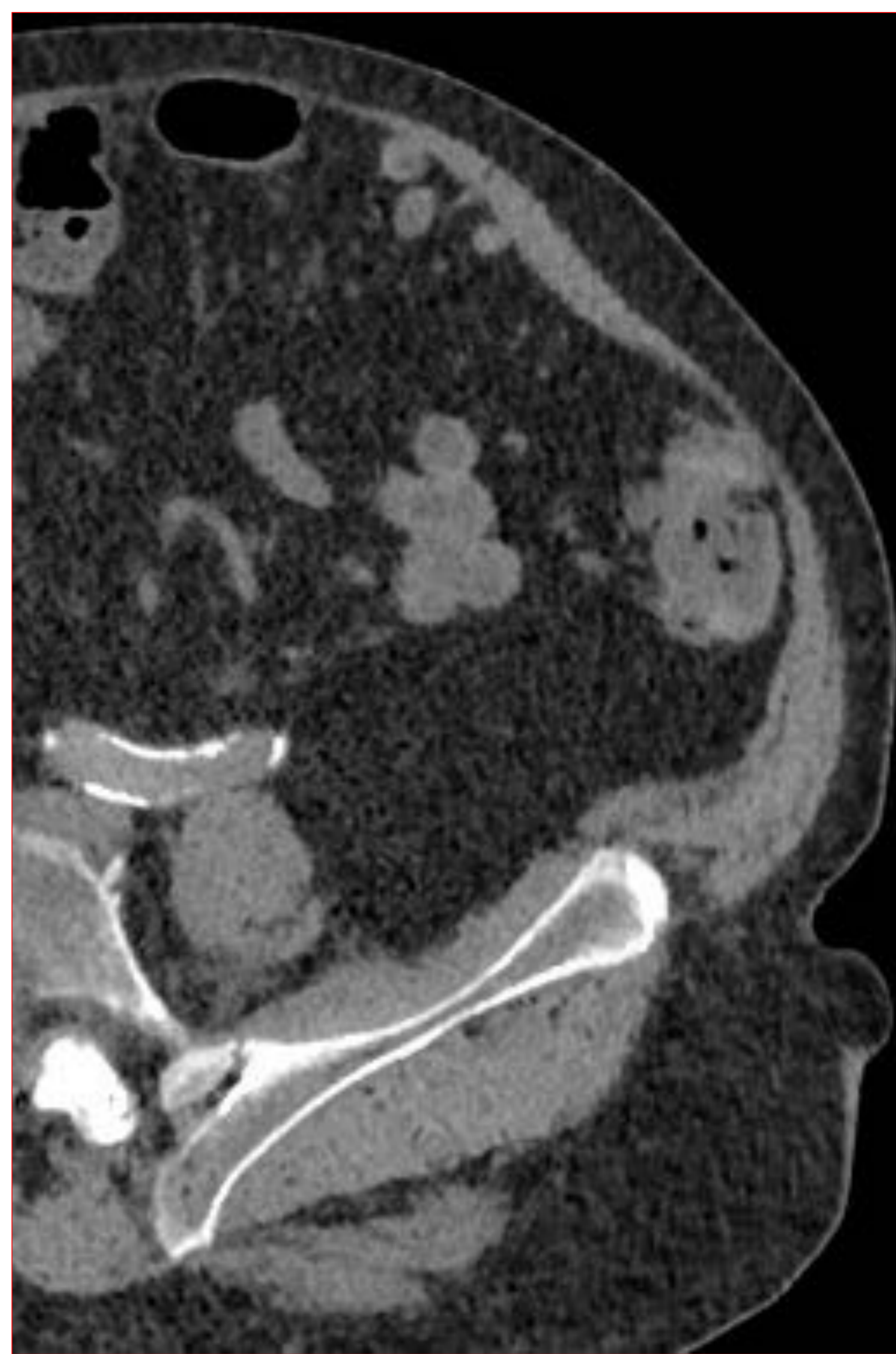
Al mismo tiempo, estas imágenes fueron procesadas para evitar el artefacto metálico de la prótesis de cadera derecha, (MAR), "metal artifact reduction software."



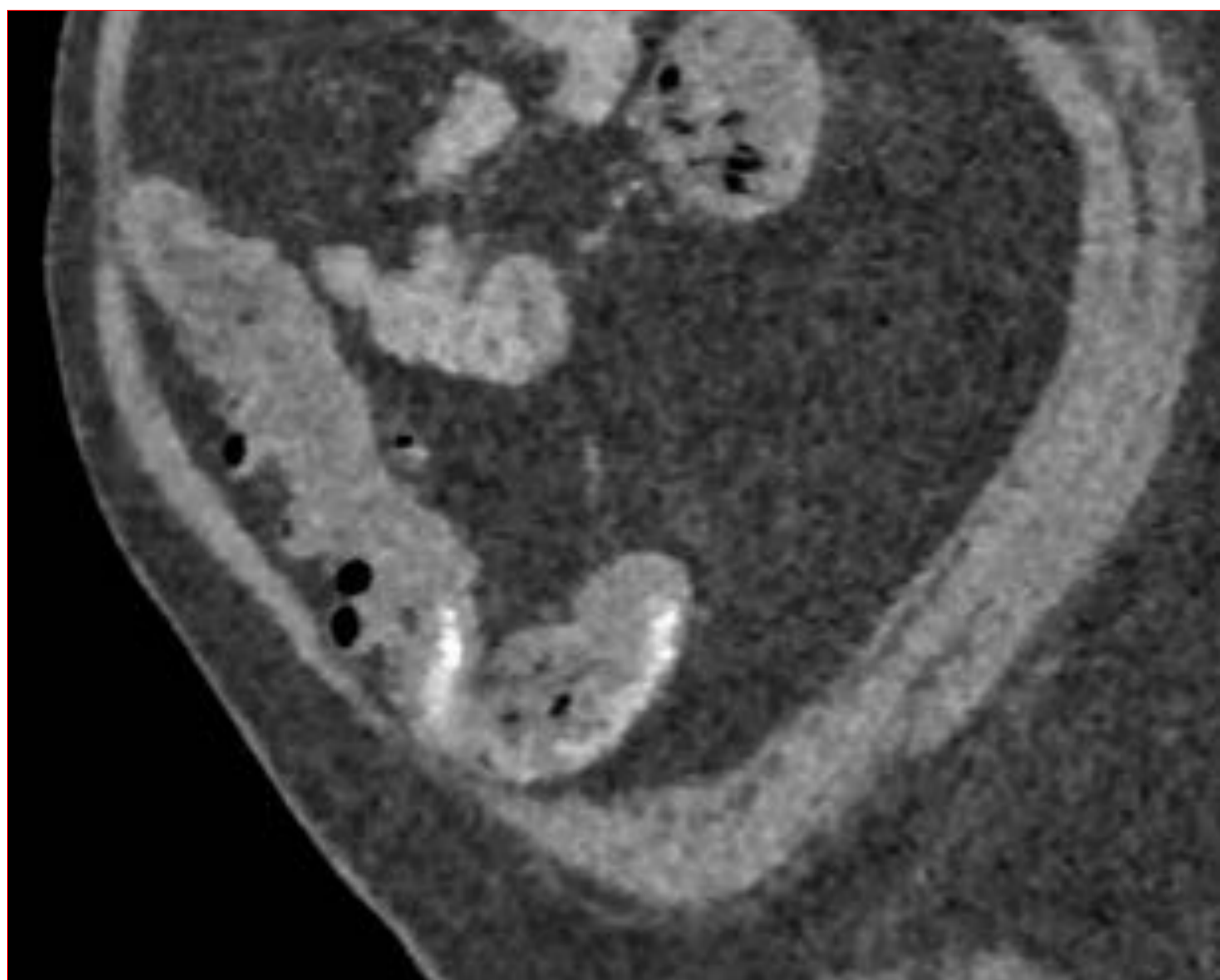
UTILIDAD DEL TC GSI EN EL DIAGNÓSTICO DEL SANGRADO ACTIVO: IMÁGENES **VUE** (Virtual Unenhanced Images)



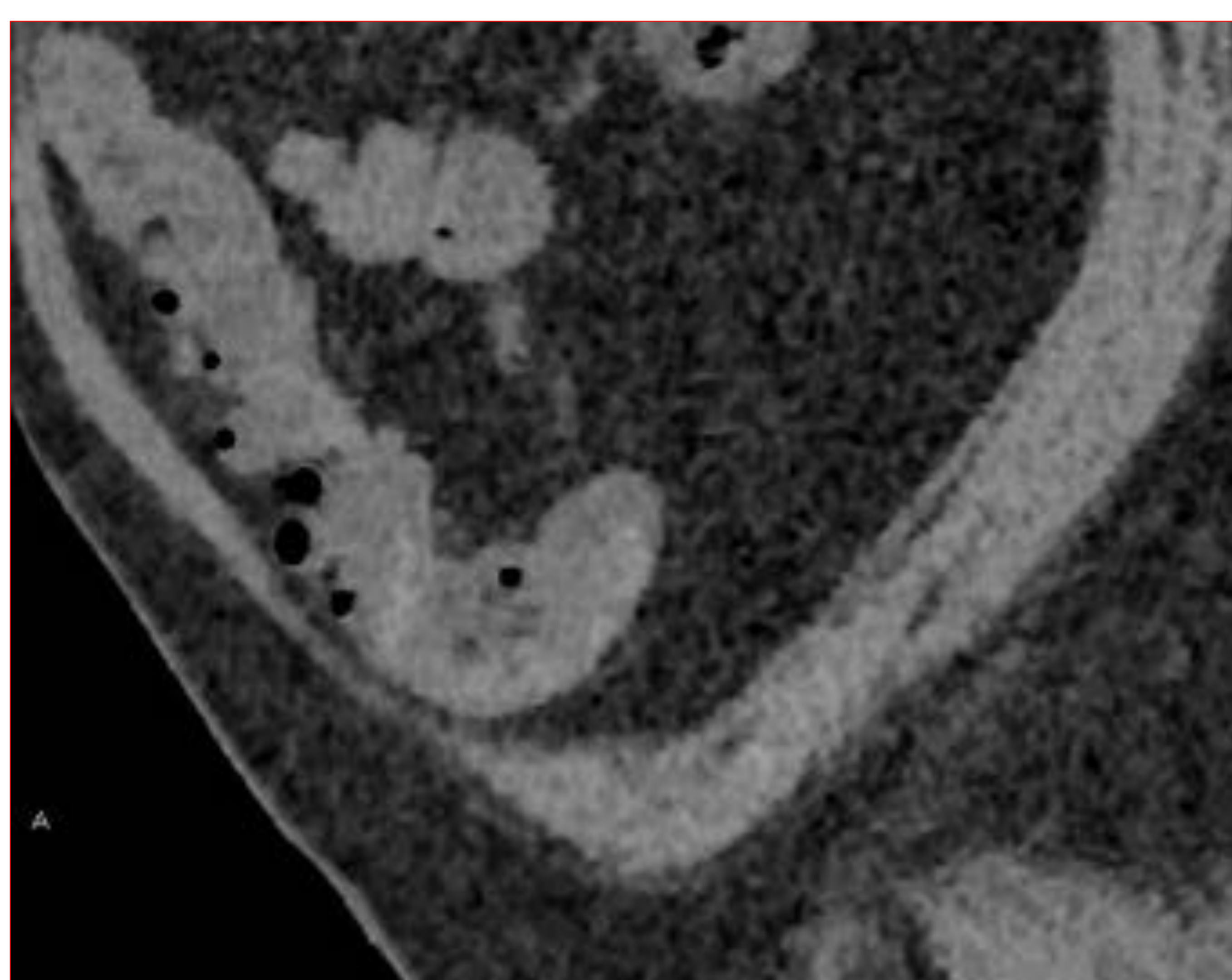
A



B



C

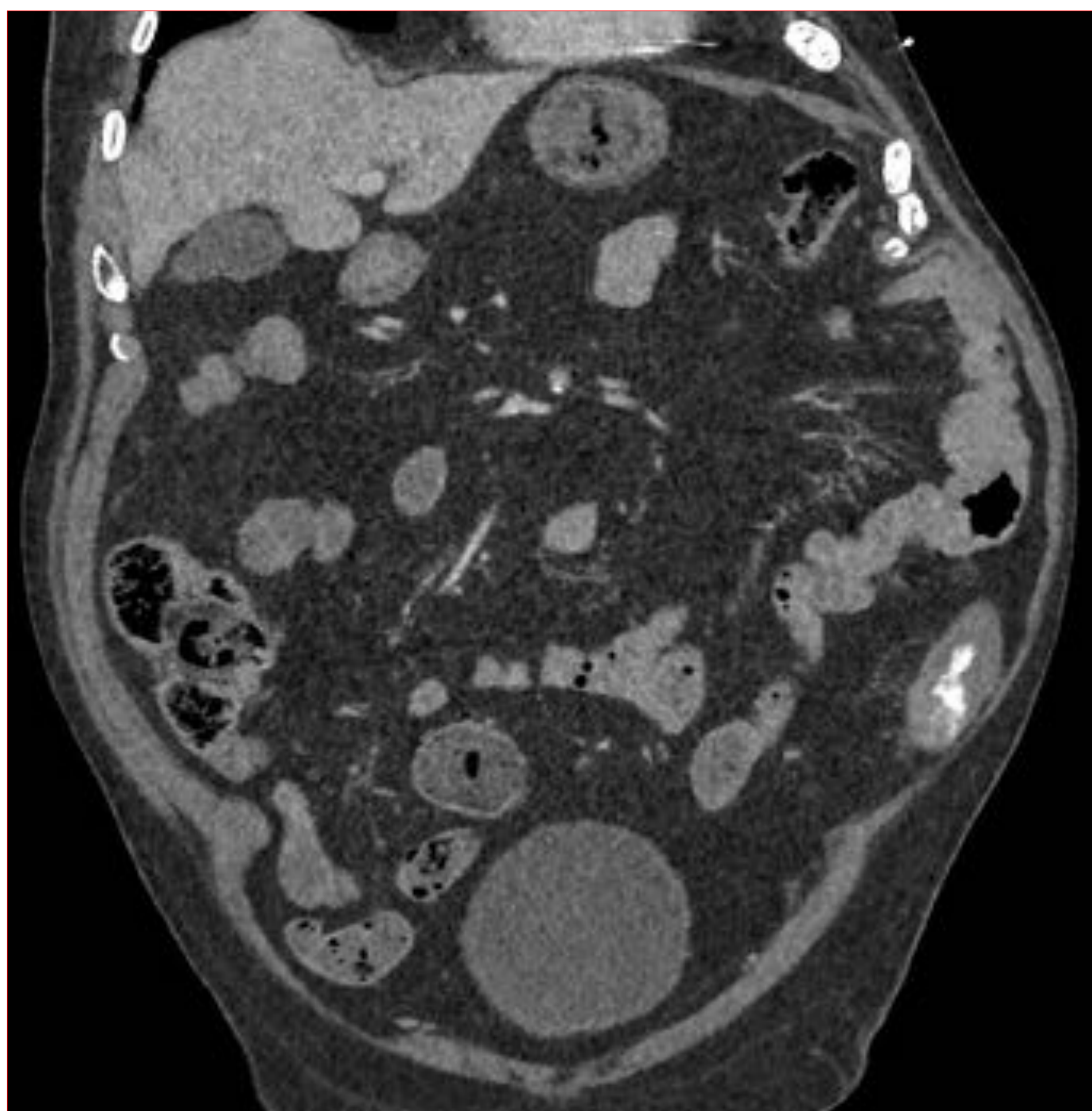


D

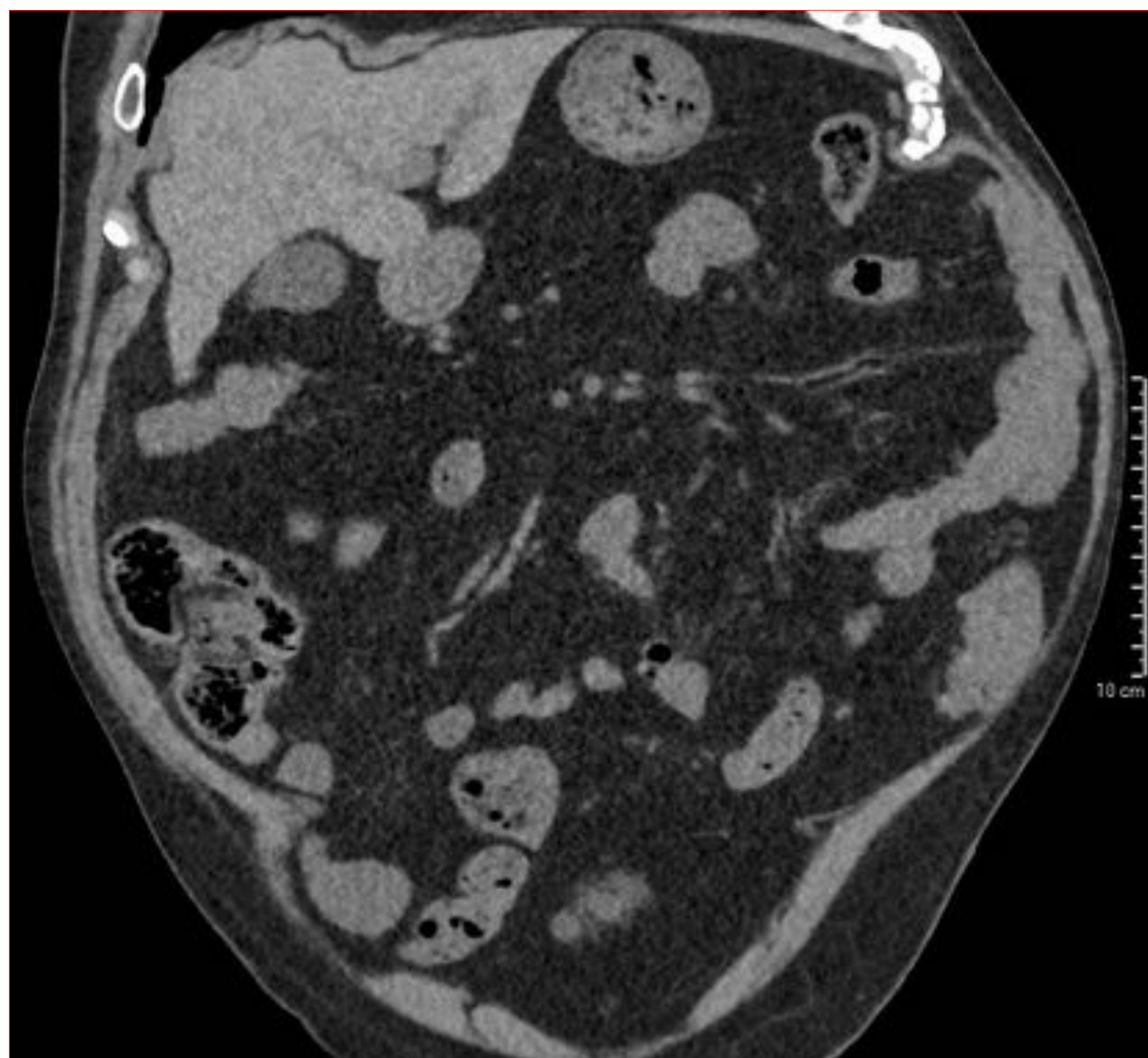
A y C) TC axial y sagital, con civ, fase portal, (55 KeV), con foco de sangrado activo en colon descendente.

B y D) TC axial (VUE), donde se suprime el yodo, para obtener una imagen virtual sin contraste extravasado, confirmando que se trata de un sangrado activo.

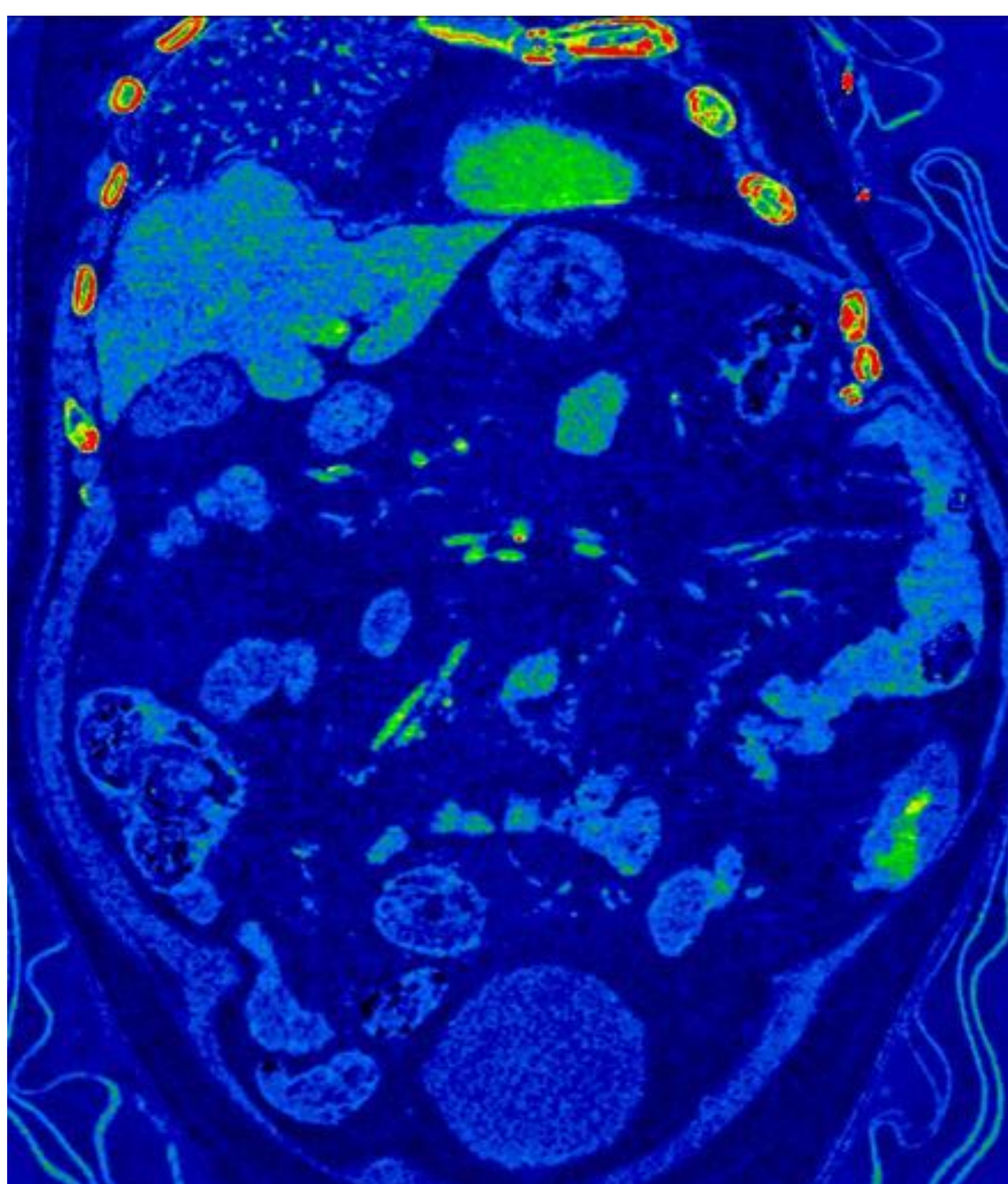
UTILIDAD DEL TC GSI EN EL DIAGNÓSTICO DEL SANGRADO ACTIVO: IMÁGENES **VUE** (Virtual Unenhanced Images)



A) TC coronal 55 KeV, con civ, sin contraste oral, que muestra material hiperdenso en colon izquierdo.



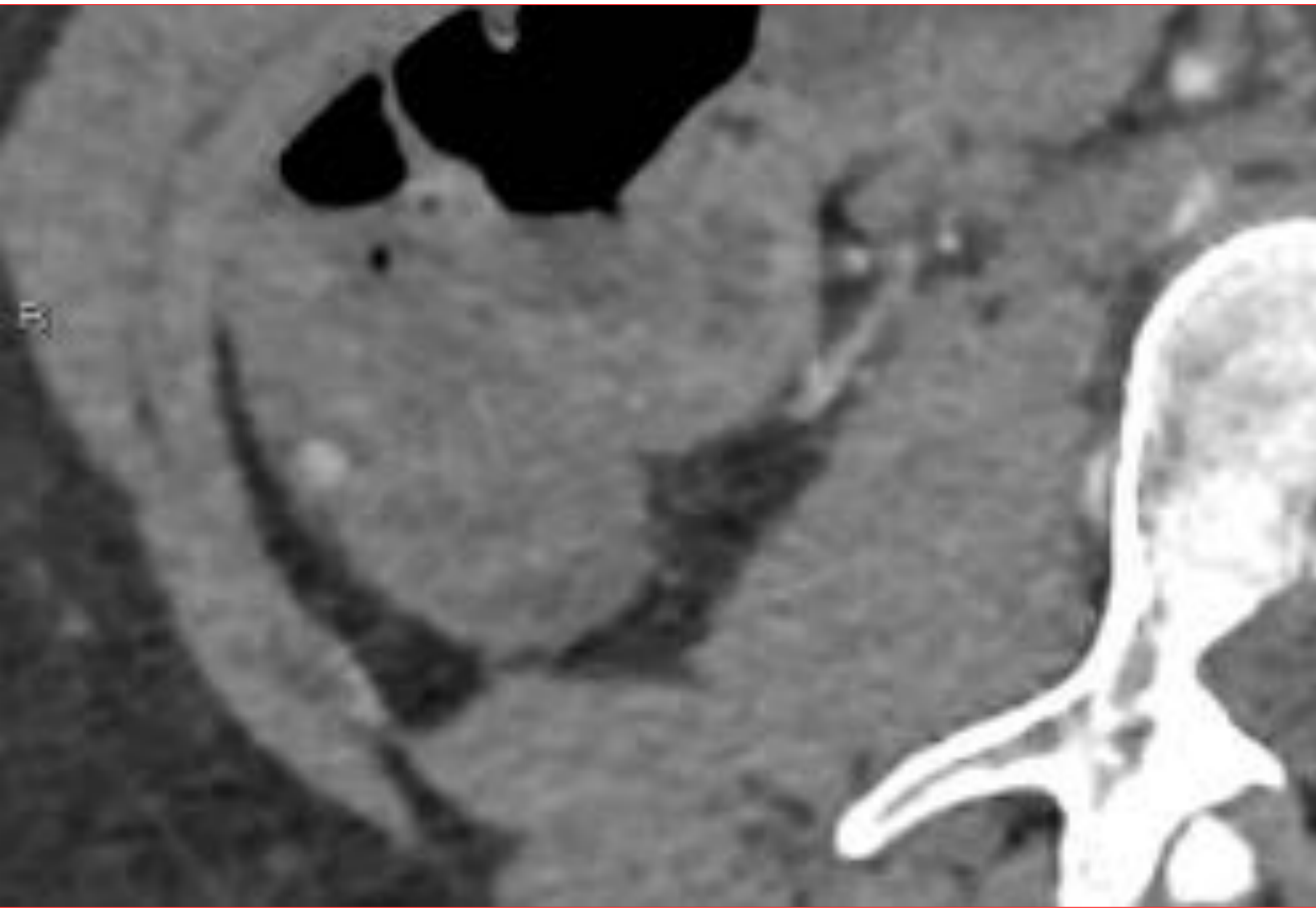
B) TC coronal 55 KeV, VUE. Se suprime el yodo, por lo que podemos afirmar que dicha hiperdensidad corresponde a yodo extravasado.



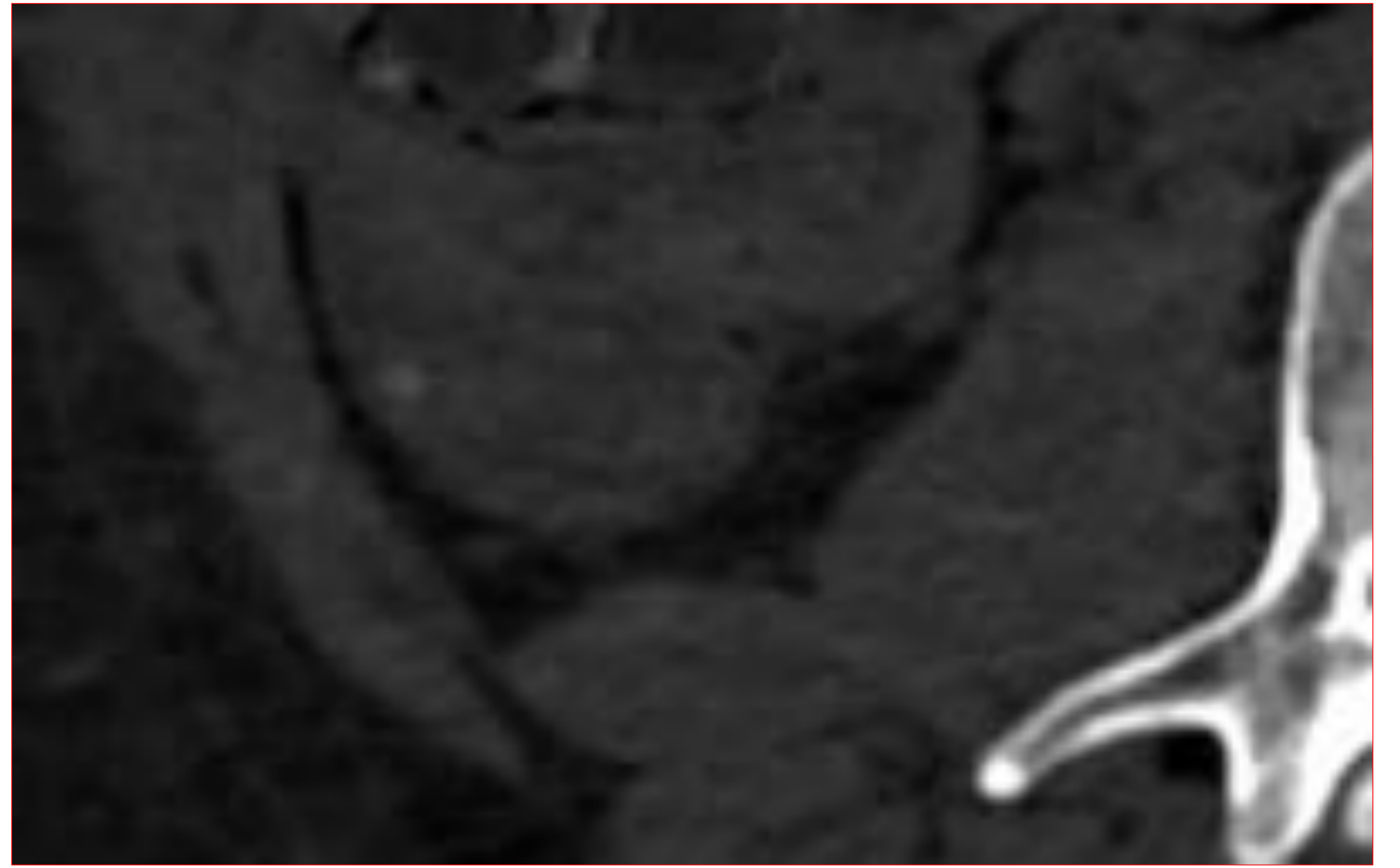
C) Mapa de yodo en color, donde el yodo extravasado, muestra un color **verde**



UTILIDAD DEL TC GSI EN EL DIAGNÓSTICO DEL SANGRADO ACTIVO: IMÁGENES **VUE** (Virtual Unenhanced Images)



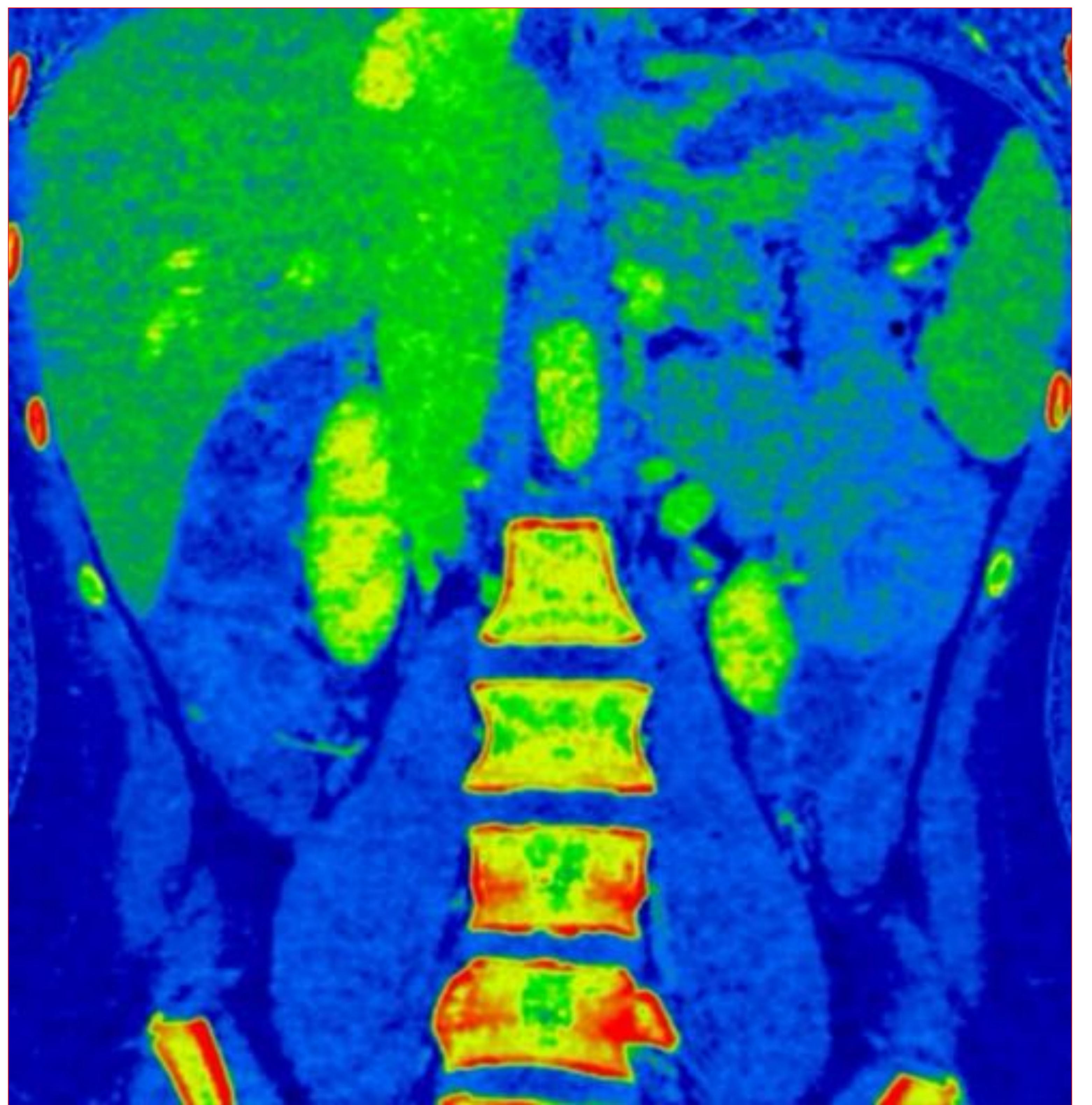
A) TC axial con civ en fase arterial (140 KeV), imagen monocromática (55 KeV). Foco milimétrico hiperdenso en el ciego



B) Mapa de yodo, en el que aumenta el contraste entre el yodo y las partes blandas adyacentes, confirmando el hallazgo anterior.



C) TC reconstrucción coronal MIP, en fase arterial, en la que se aprecia con dificultad una imagen puntiforme hiperdensa en el ciego



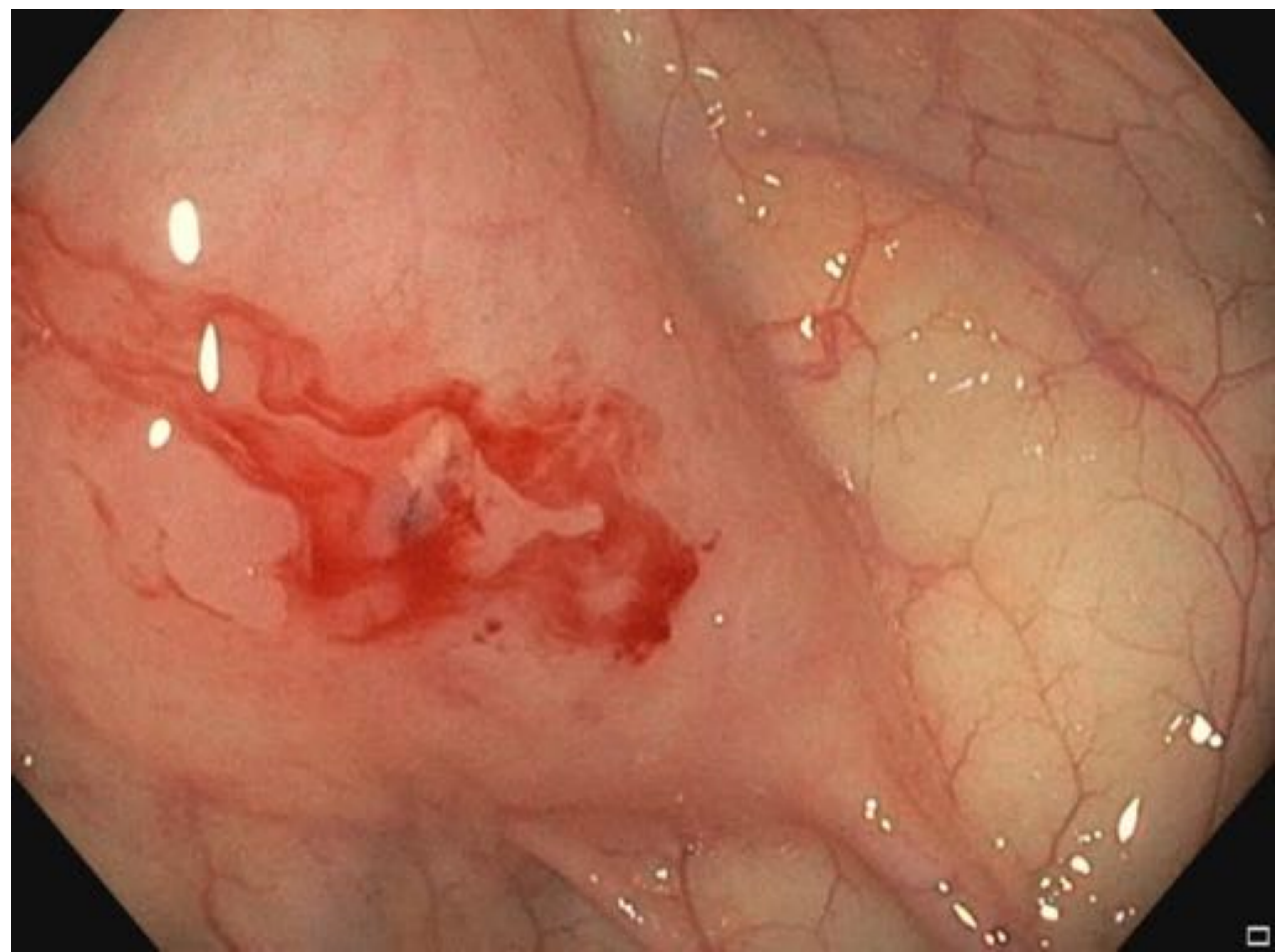
D) TC coronal, mapa de yodo codificado en color, donde se confirma el punto de sangrado, en verde.



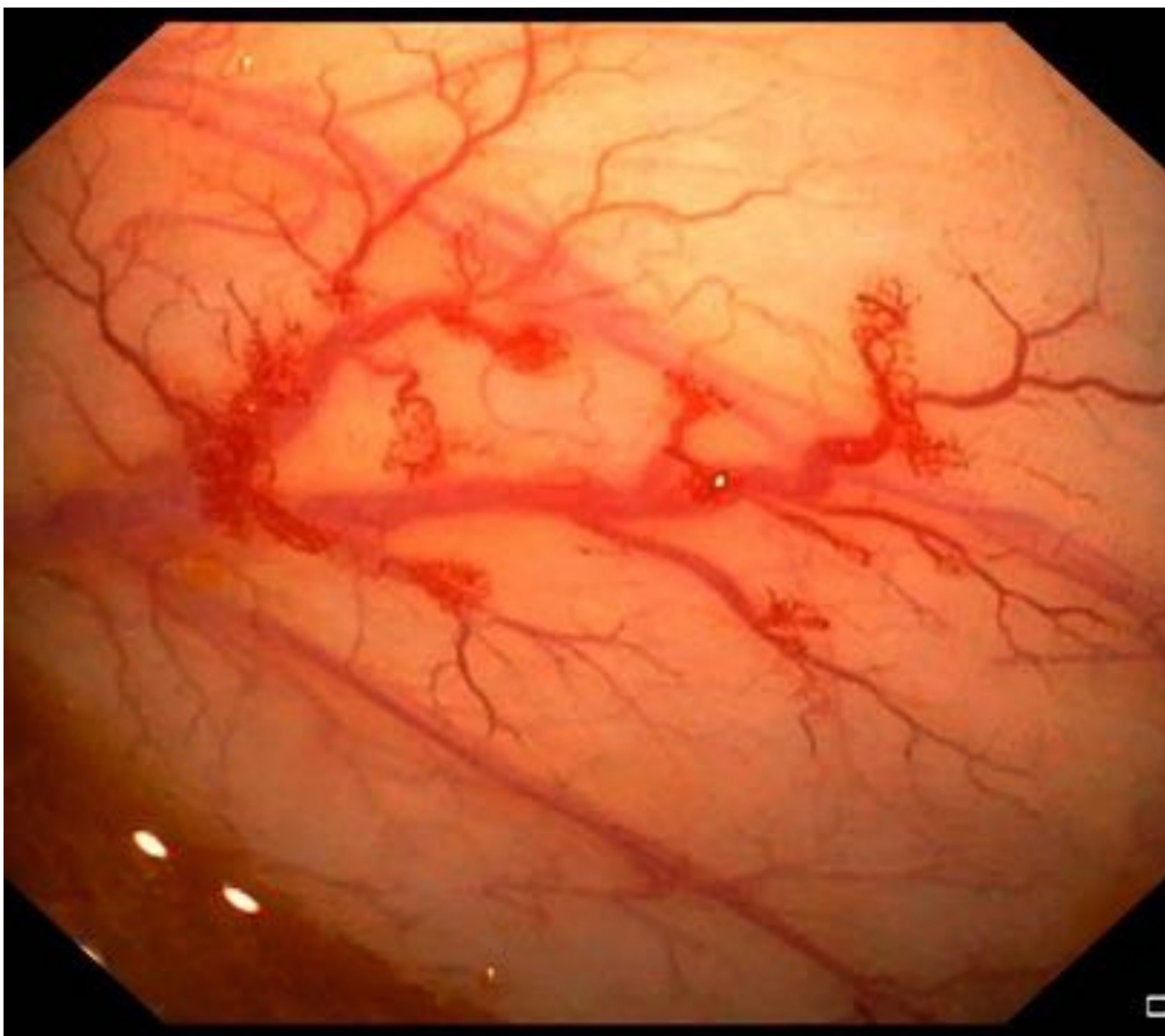
UTILIDAD DEL TC GSI EN EL DIAGNÓSTICO DEL SANGRADO ACTIVO: IMÁGENES **VUE** (Virtual Unenhanced Images)



E



F



G



H

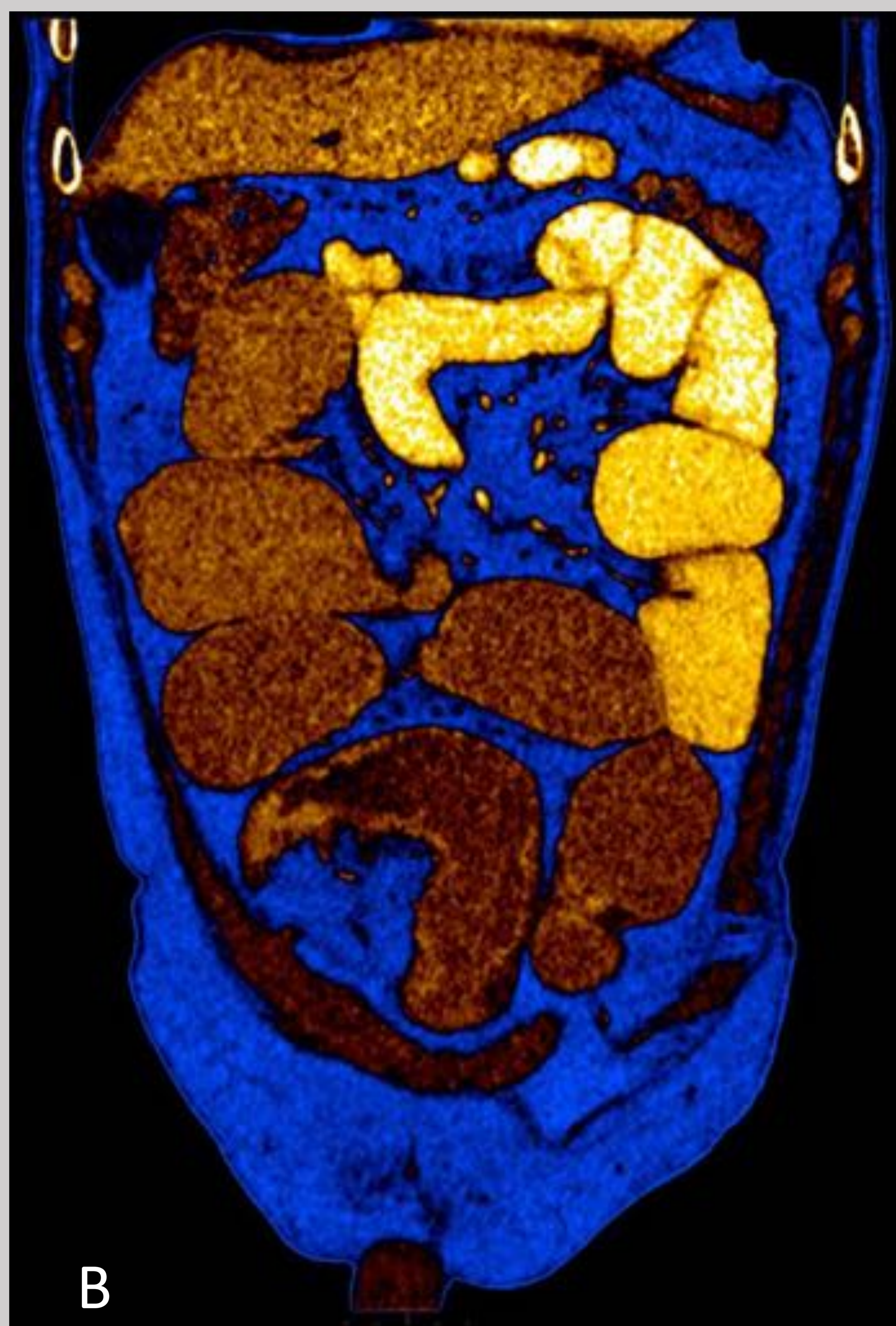
E-H) La colonoscopia confirmó los hallazgos del TC:

E-F) Se objetivaron angiectasias en el polo cecal, con ligero sangrado activo en el momento de la exploración. **G)** Angiectasia vista con luz blanca normal. **H)** Angiectasia vista con luz NBI (Narrow Band Imaging), que ayuda a visualizar los patrones vasculares y de la mucosa más pequeños. *(Imágenes cedidas por el Dr. Juzgado, del Servicio de Aparato Digestivo del Hospita Quironsalud Pozuelo)*

UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: PATOLOGÍA DE ASAS INTESTINALES

Los cambios por hiperhemia en la mucosa del intestino, en el contexto de enfermedades inflamatorias, se detectan con mayor precisión en imágenes **monoenergéticas a bajas energías**, que con las imágenes policromáticas convencionales a 120 KeV.

Las siguientes imágenes corresponden a un paciente con enfermedad de Crohn de larga evolución que presentó un adenocarcinoma de íleon terminal.



A) TC coronal con contraste oral e intravenoso, en fase portal, imagen monocromática a 55 KeV, que muestra un engrosamiento segmentario a nivel del íleon terminal B) Mapa de yodo en el que se ponen de manifiesto dicho realce y el engrosamiento mural del íleon terminal.



UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA: PATOLOGÍA DE ASAS INTESTINALES

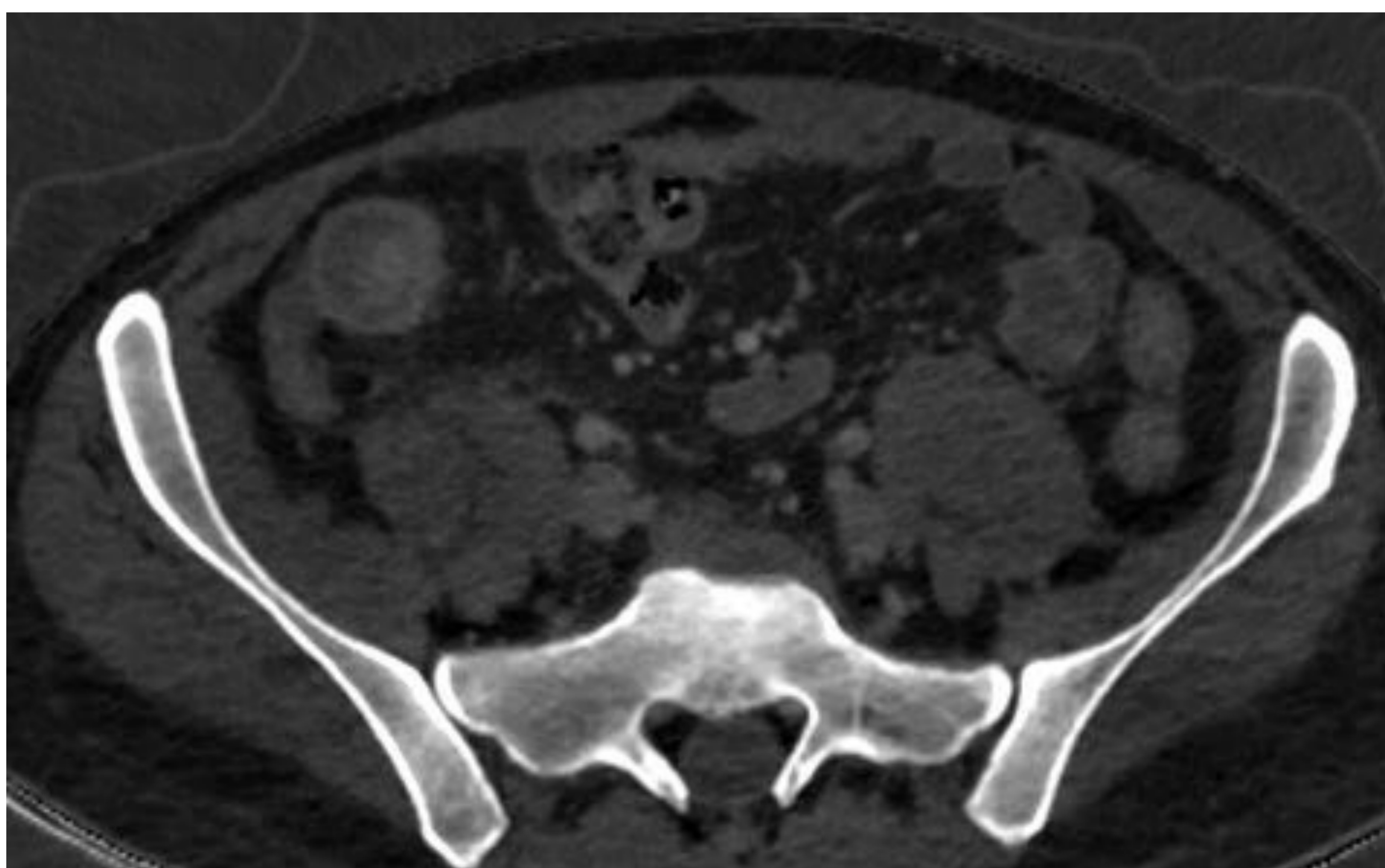
Las siguientes imágenes corresponden a un paciente con Enfermedad de Crohn.



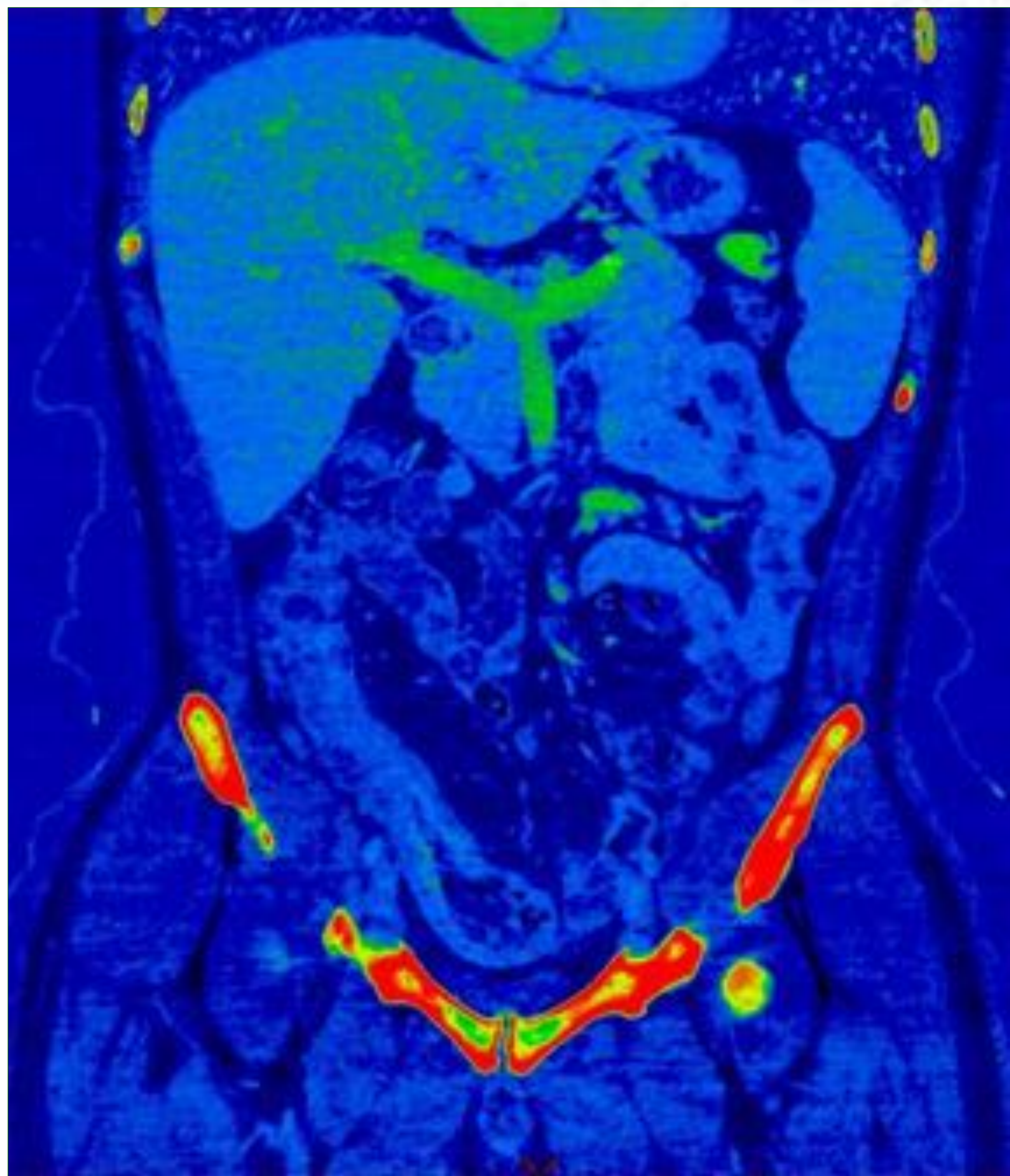
A) TC axial (140 KeV) con civ, fase portal, donde se aprecia engrosamiento mural del íleon terminal



B) Imagen monocromática (55 KeV), fase portal, en la que el engrosamiento mural y realce de la mucosa se aprecian con mayor nitidez



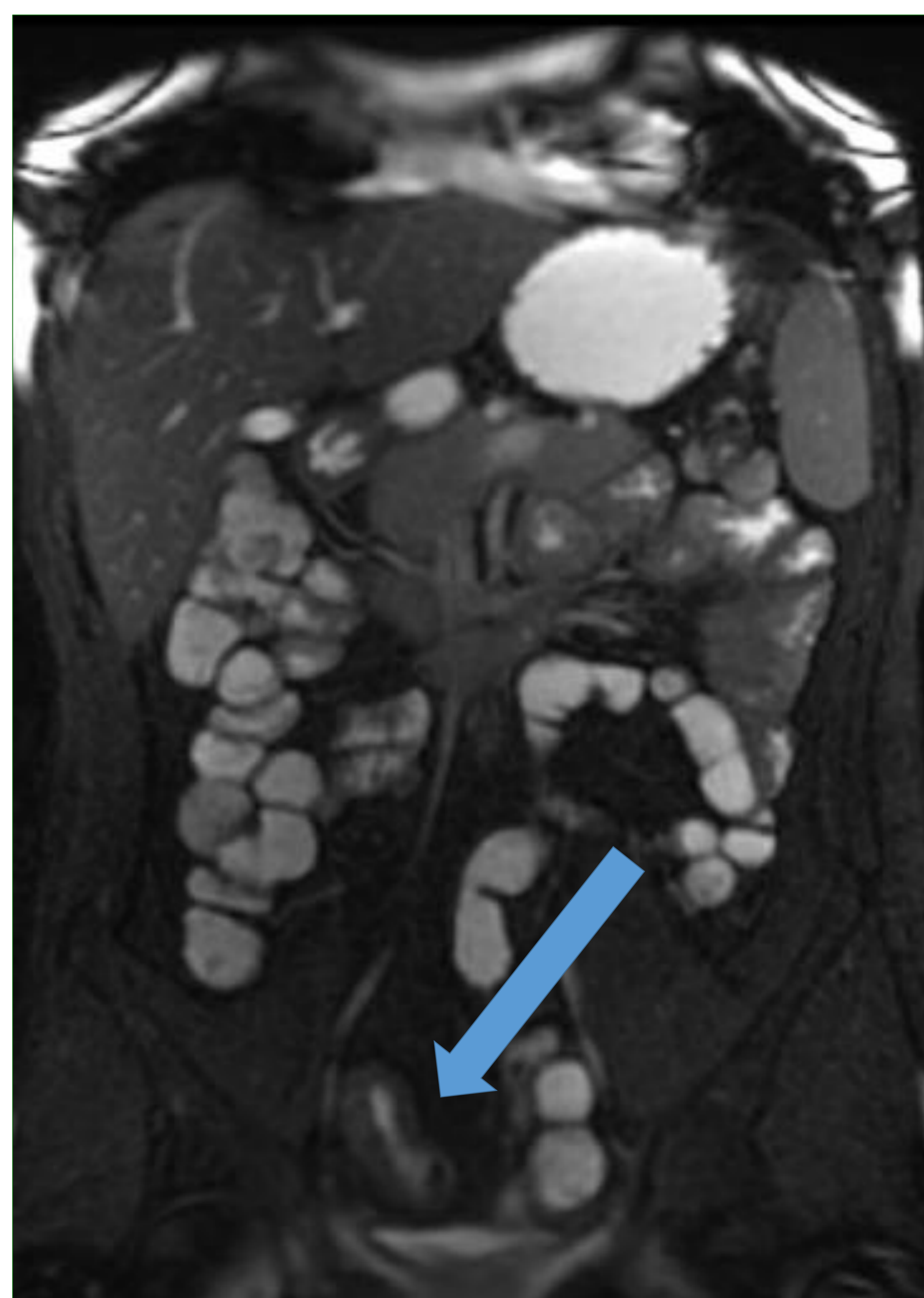
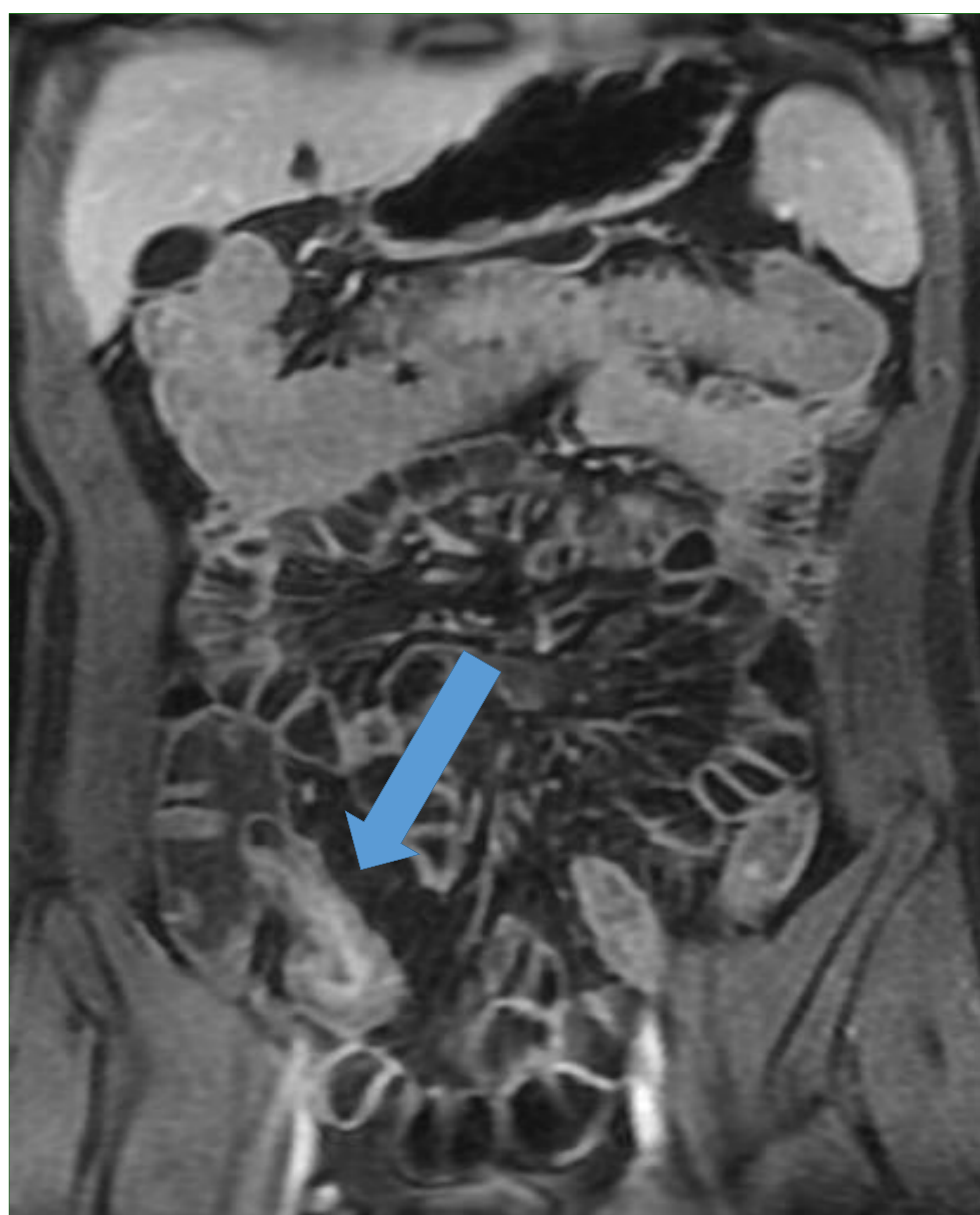
C) Mapa de yodo, en donde el realce de la mucosa es evidente.



D

E

D) TC coronal con civ, 55 KeV, donde se aprecia con nitidez el realce de la mucosa inflamada del íleon terminal. E) Mapa de yodo.

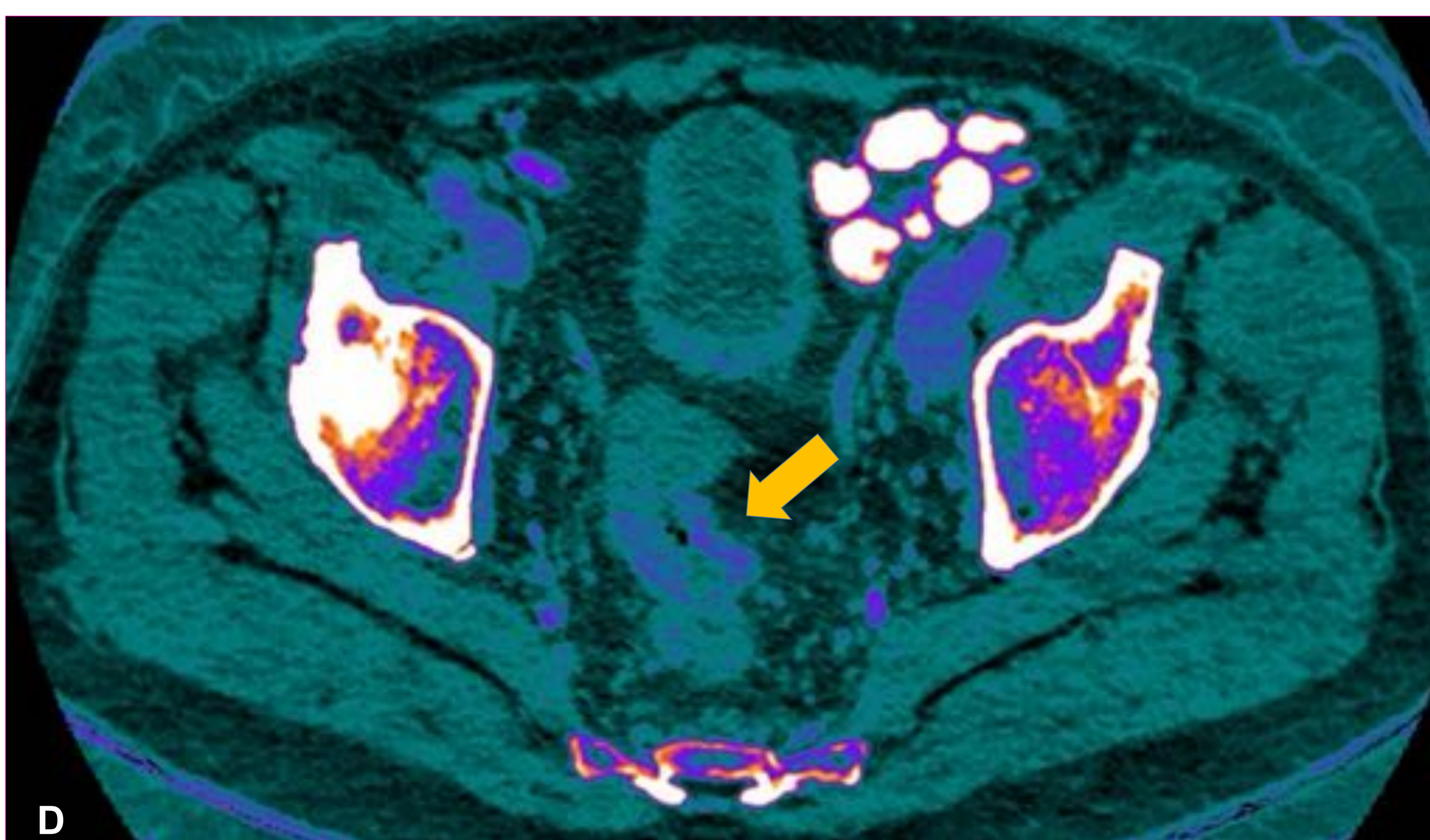


F) WATER COR L-flex POST

G) Coronal SS FSE

La RM, hasta ahora gold standard en el diagnóstico de la patología inflamatoria intestinal, confirma los hallazgos del TC.

UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA



Paciente con afectación del sigma por adenocarcinoma. A) TC axial 55 KeV. Engrosamiento y realce mural segmentario del sigma. B) Mapa de yodo, donde ese realce se muestra con mayor nitidez. C) Medimos mediante 2 ROI el realce en la mucosa alterada y la mucosa normal, objetivando mayor captación de yodo en el segmento afectado. D) Mapa de color, donde se objetiva el segmento de sigma afectado por el tumor, (flecha amarilla).



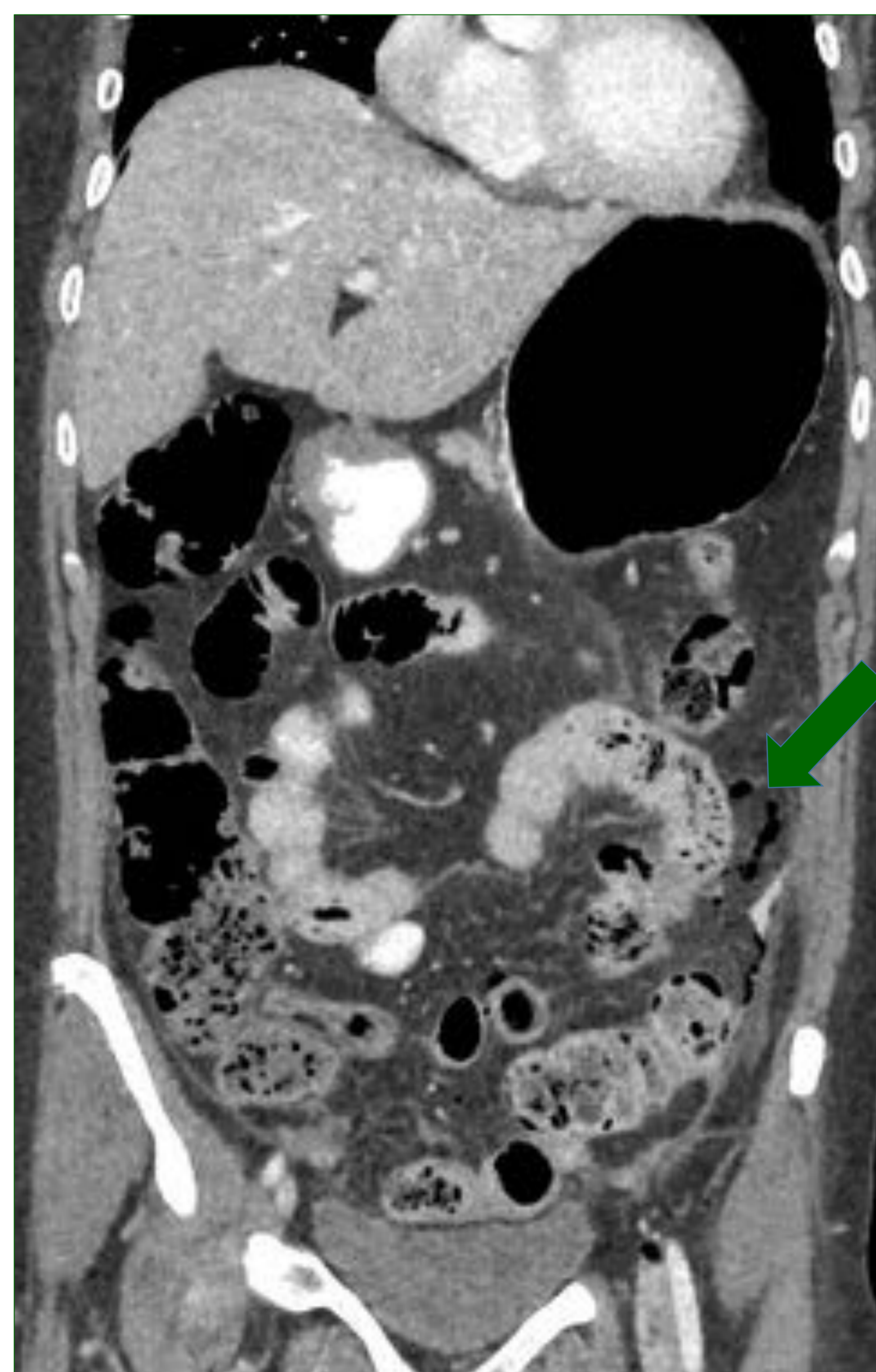
UTILIDAD DEL TC GSI EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

A continuación mostramos un caso de una paciente de 50 años, con antecedente de Ca de mama triple negativo (Ca ductal infiltrante grado 3). Acudió a urgencias por dolor abdominal agudo.



A

TC coronal 55 KeV, con contraste oral e iv, que mostraba engrosamiento y realce en un segmento de yeyuno proximal.

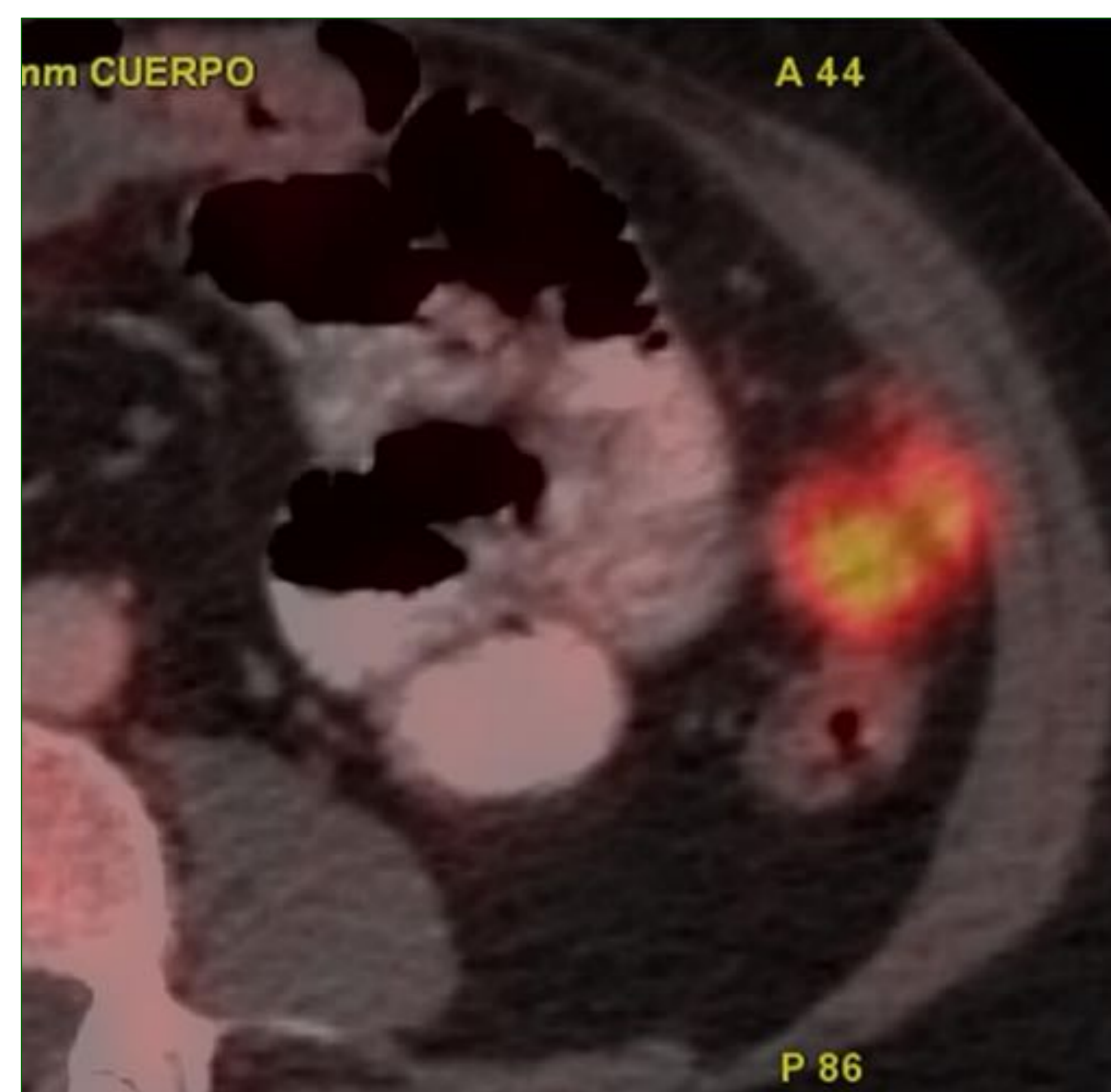


B

TC coronal 55 KeV, con contraste oral e iv, que muestra neumoperitoneo, con gas en flanco izquierdo.

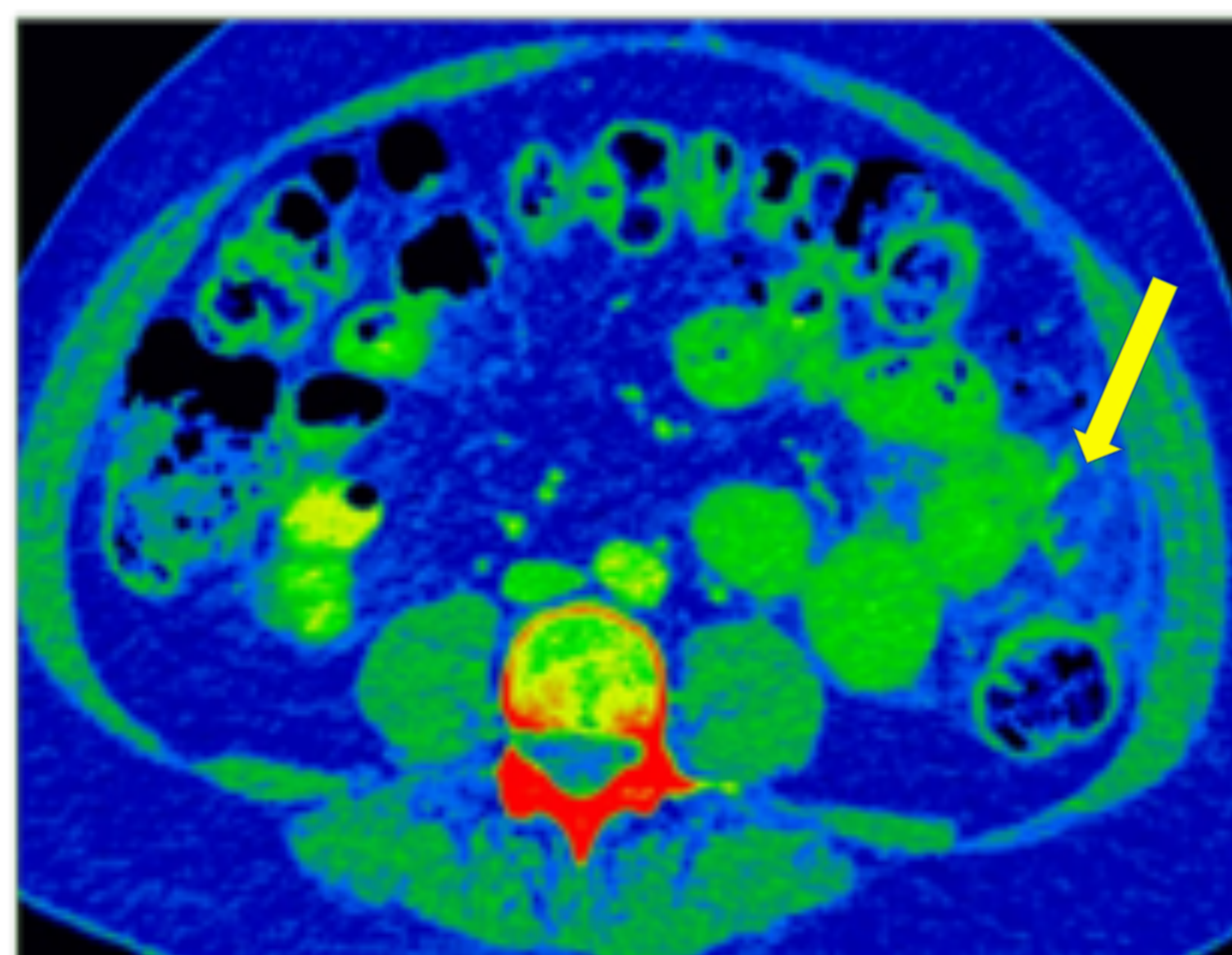
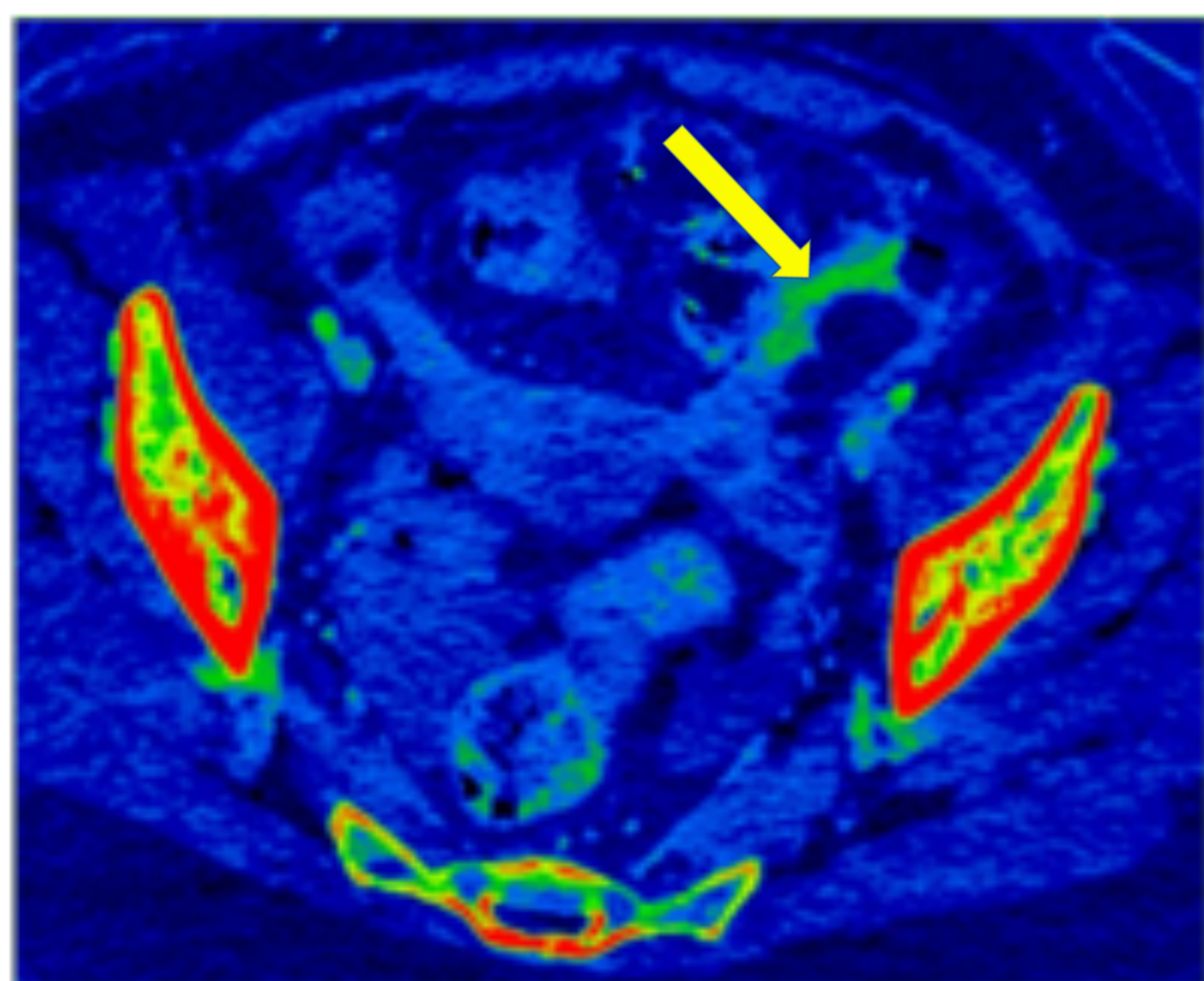
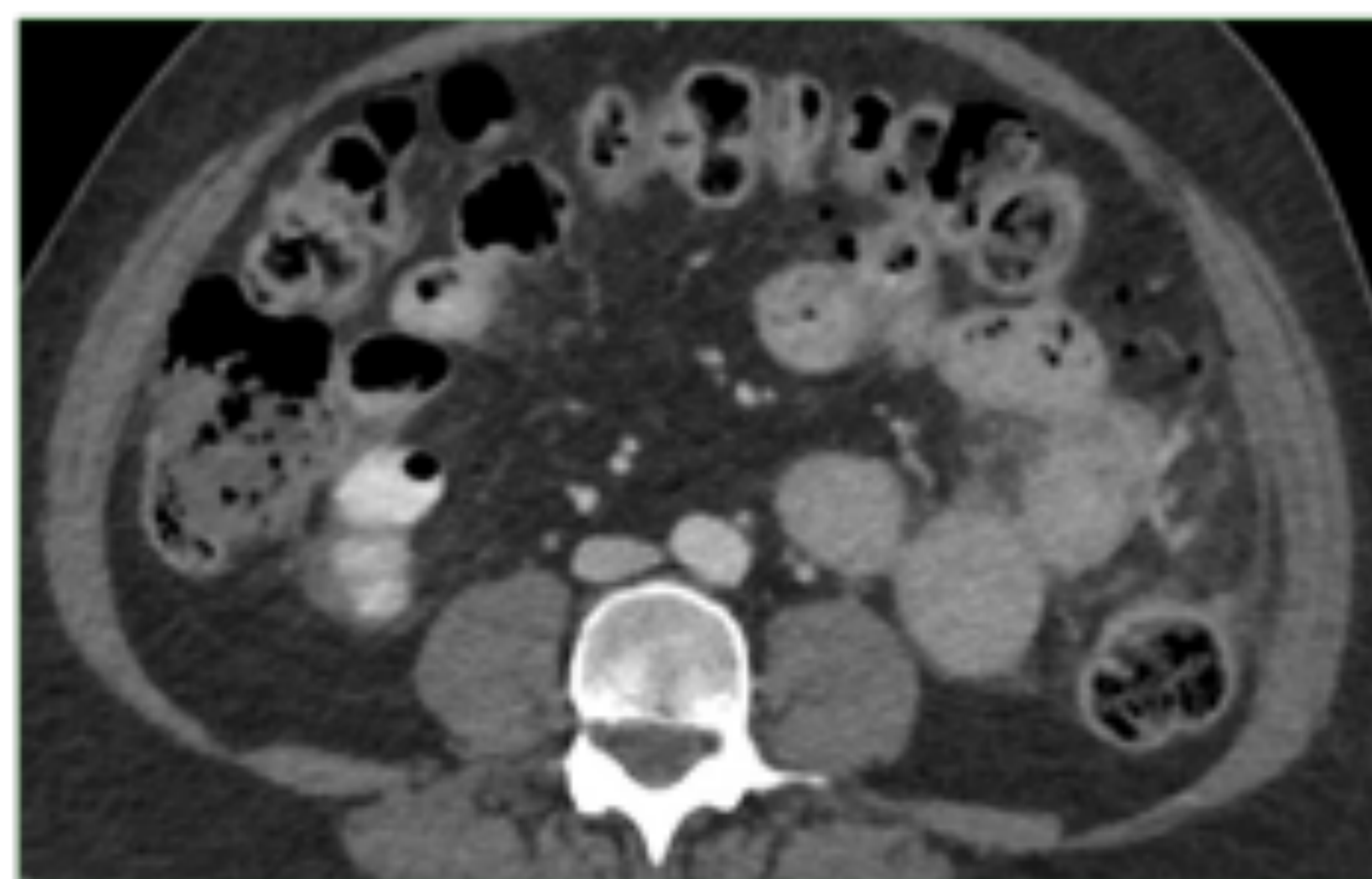
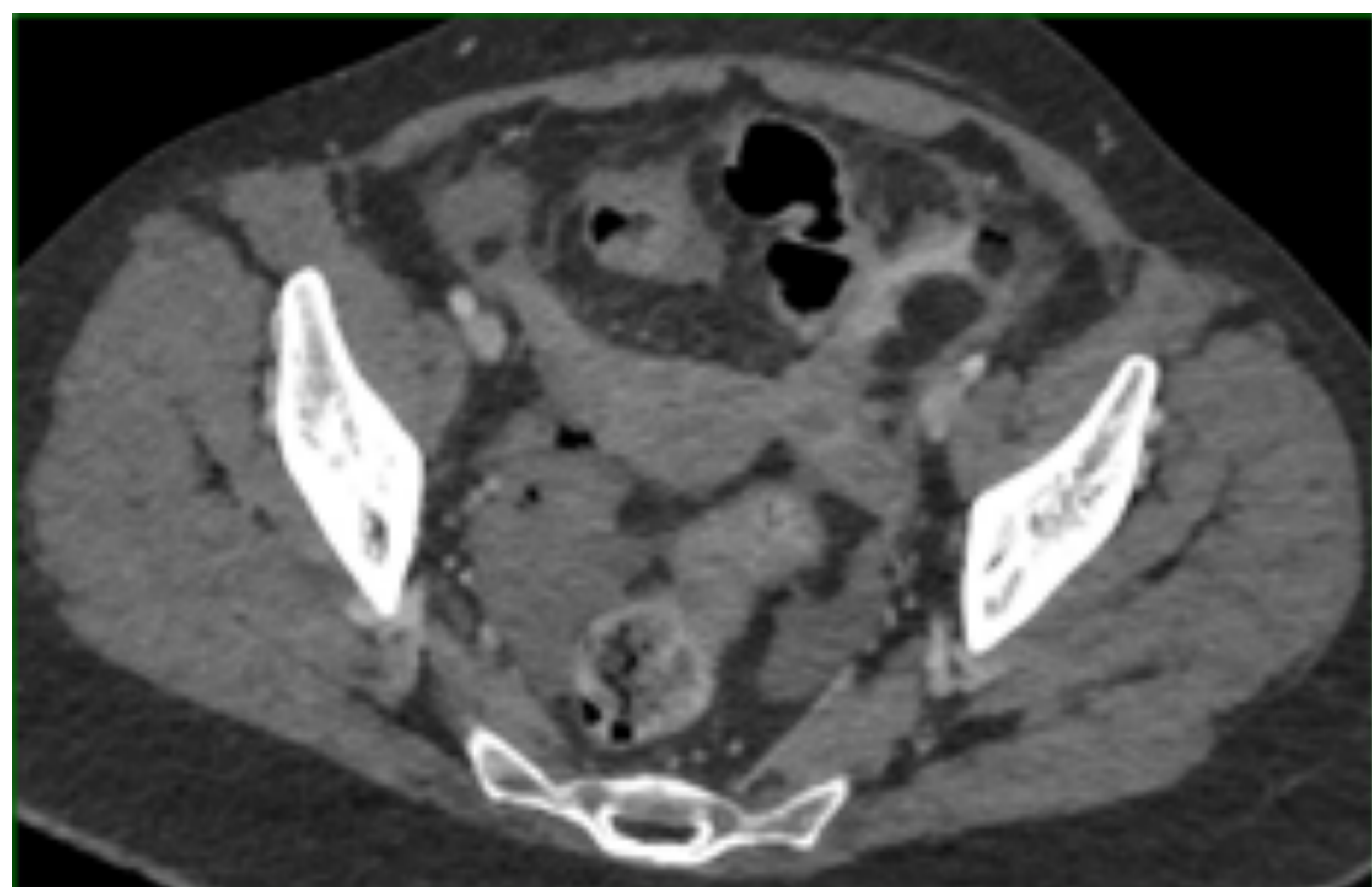


C

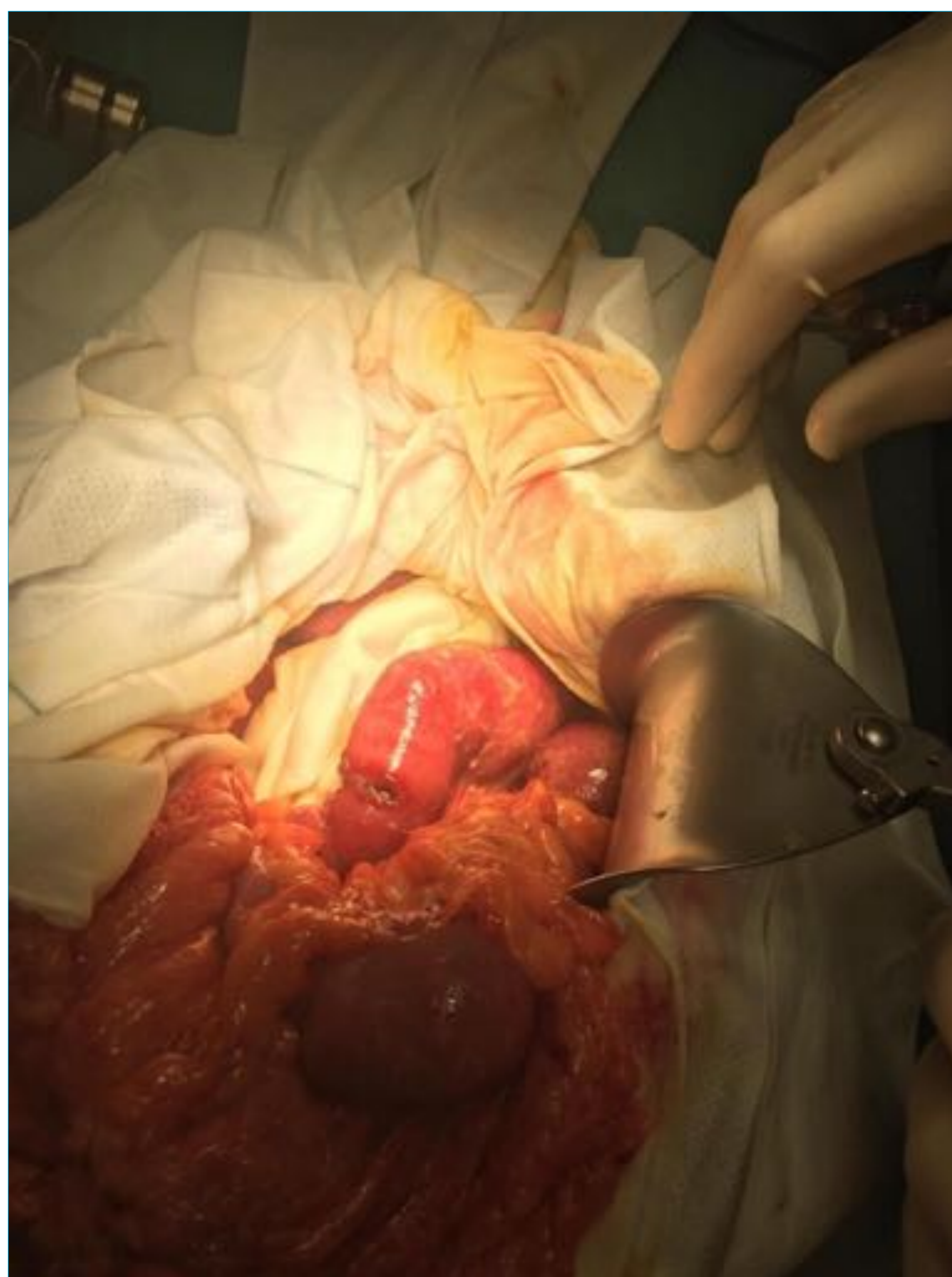


D

C) TC axial con contraste oral e iv en donde se aprecia un implante tumoral.
D) Imagen axial de PET TC, en donde se confirma dicho hallazgo



TC axial 55 Ke V, con contraste oral e iv, en las imágenes superiores, donde se aprecian signos de perforación y material de contraste extravasado. Mapas de yodo codificados en color, en las imágenes inferiores, que muestran el contraste extraluminal en verde.



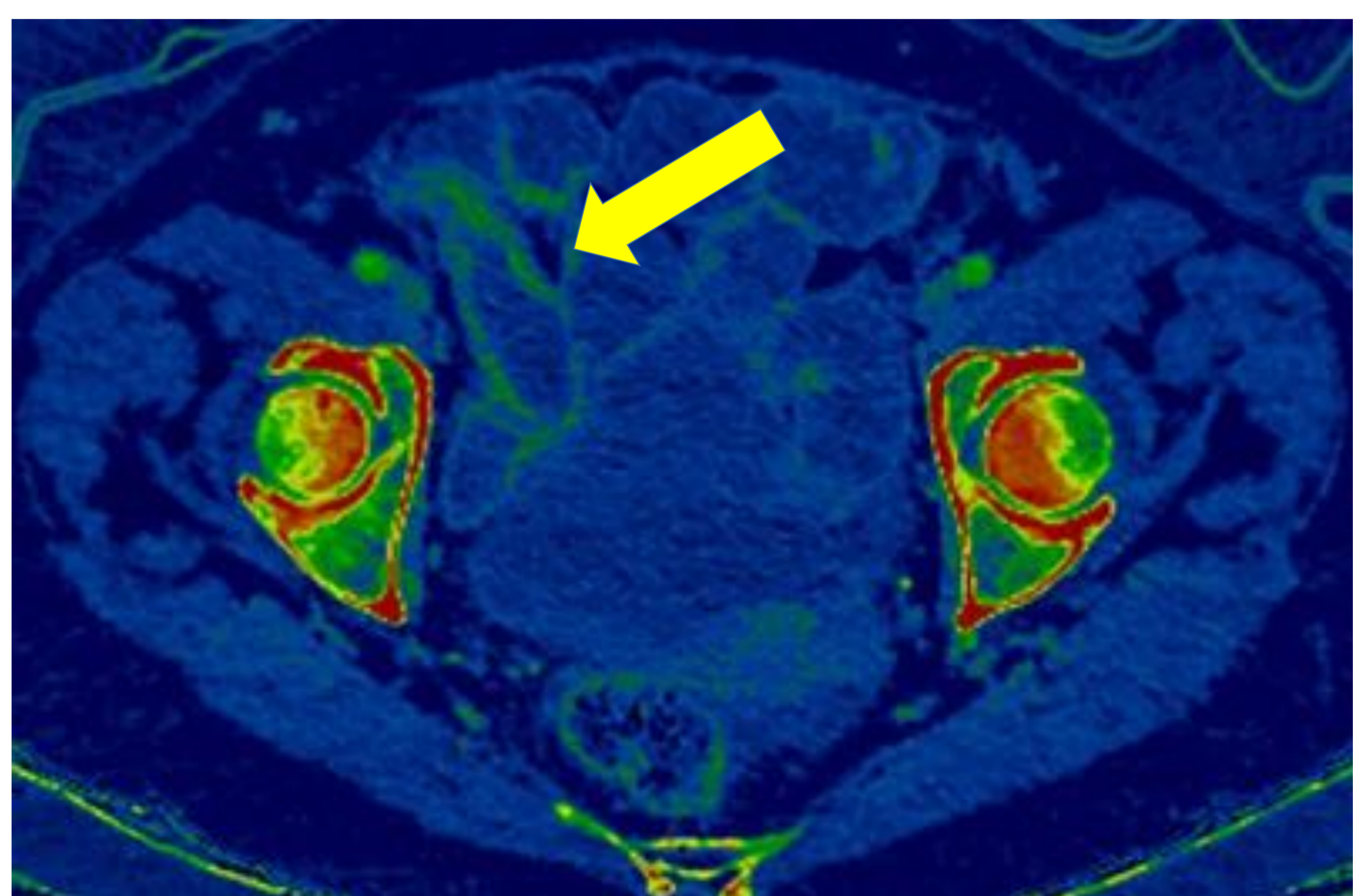
La anatomía patológica fue compatible con metástasis en el yeyuno proximal, en el contexto de Ca de mama indiferenciado



A continuación, mostramos el caso de una mujer de 77 años, con antecedentes de artritis reumatoide de años de evolución, en tratamiento con metotrexate y corticoides. Acudió a urgencias por dolor abdominal, estreñimiento de días de evolución y vómitos, sin fiebre.



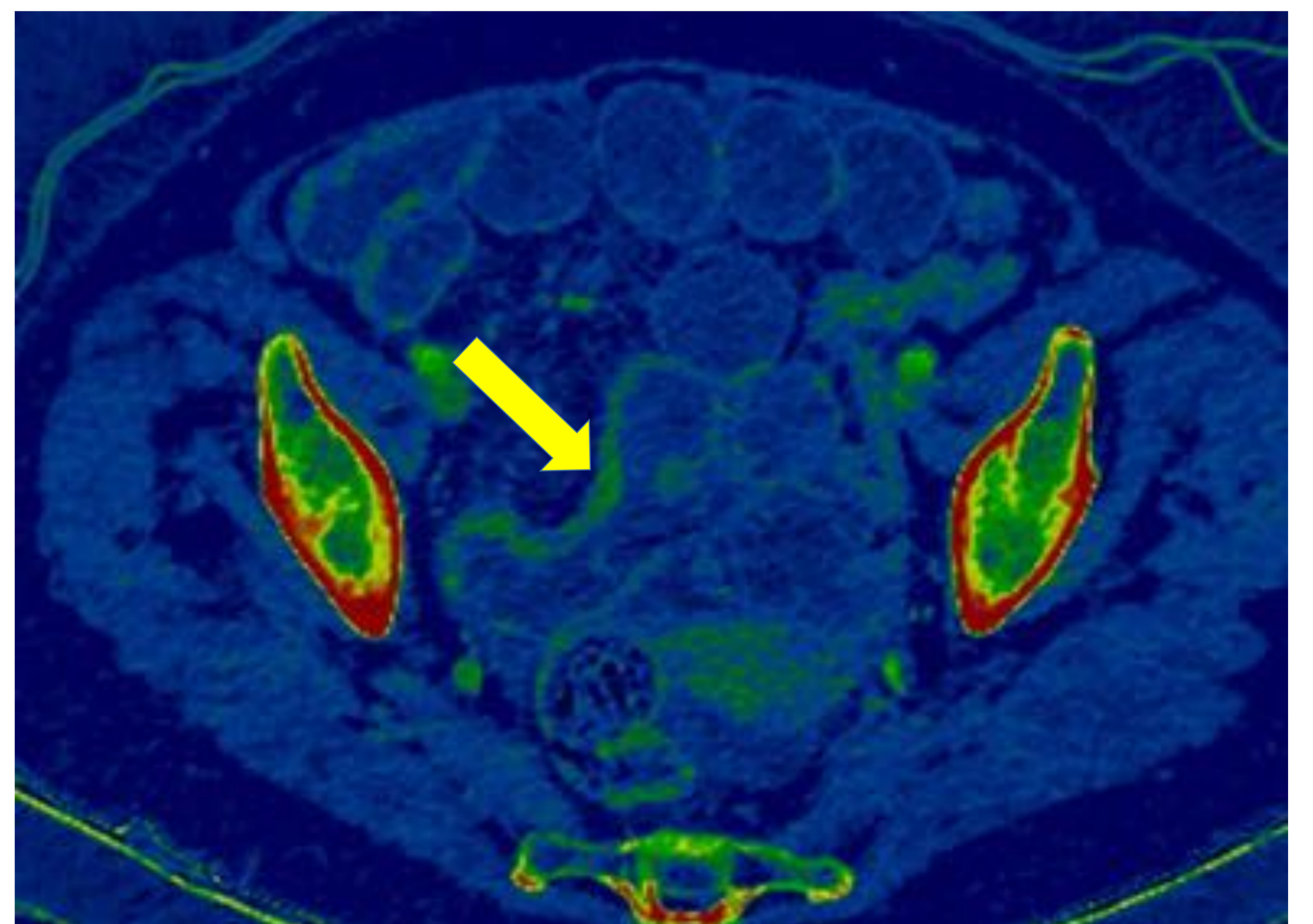
A



B



C

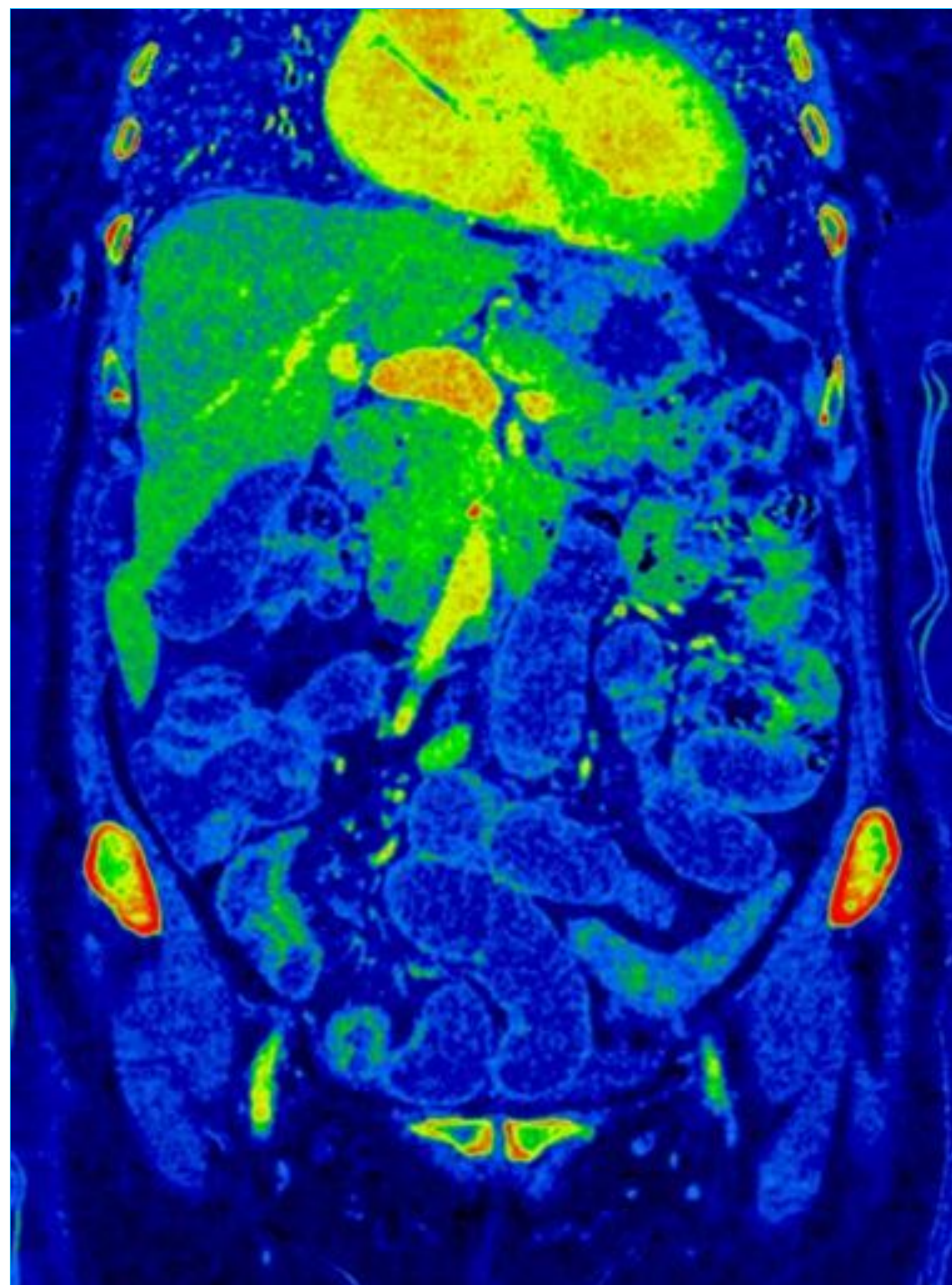


D

A y C) TC axial con civ, fase arterial, imágenes monocromáticas (70 KeV), en las que se destaca el realce y engrosamiento mural segmentario a nivel del íleon terminal, así como una dilatación generalizada de las asas de intestino delgado. B y D) Mapas de yodo codificados en color, en los que destaca el realce segmentario de la mucosa en color verde.



E) RM coronal T2 SS FSE, donde se aprecia engrosamiento segmentario del íleon terminal. La RM, hasta ahora considerada el “gold standard” en el diagnóstico por imagen de la patología inflamatoria intestinal.



F) TC coronal con civ, mapa de yodo, en el que se identifica la dilatación de las asas de intestino delgado, sin cambios bruscos de calibre, así como los segmentos de engrosamiento y realce mural en íleon terminal, en verde.

Se realizó una **biopsia** en la que se apreció una infiltración de la mucosa ileal por focos de eosinófilos e infiltrado inflamatorio compatible con enfermedad inflamatoria intestinal.



BIBLIOGRAFÍA

- State of the Art: Dual-Energy CT of the Abdomen. Daniele Marin et al. Radiology. 2014 May;271(2):327-42.
- Use of Dual-Energy CT and Iodine Maps in Evaluation of Bowel Disease. Urvi P Fulwadhva et al. Radiographics. 2016 Mar-Apr;36(2):393-406.
- Dual-Energy Multidetector CT: How Does it work, What can It Tell Us, and When Can We Use It in Abdominopelvic Imaging?. Courtney A Coursey et al. Radiographics. 2010; 30:1037-1055.
- Dual-Energy (Spectral) CT: Applications in Abdominal imaging. Alvin C Silva et al. Radiographics. 2011 Jul-Aug;31(4):1031-46.
- Early small-bowel Ischemia: Dual-Energy CT improves conspicuity compared with conventional CT in a swine model. Theodora A Potretzke et al. Radiology. 2015 Apr: Volume 275: Number 1.
- Dual-Energy CT in evaluation of the acute abdomen. Nicolas Murray et al. Radiographics. 2019 Jan-Feb;39(1):264-286.
- Material separation using dual energy CT: Current and emerging applications. Manuel Patino et al. Radiographics 2016 Jul-Aug;36(4):1087-105.