

**Los artefactos más  
frecuentes en resonancia  
magnética, tomografía  
computarizada y  
ecografía que todos los  
radiólogos deberían  
conocer.**

Filip Jacek Gwiazdowski, Jorge Giménez  
León, Antonia Mora Jurado  
Hospital Infanta Elena, Huelva

## Objetivo docente:

Presentaremos ejemplos de los artefactos más comunes, que se pueden encontrar en resonancia magnética, tomografía computarizada y ecografía. Explicaremos sus principios físicos. Enseñaremos cómo usar su valor diagnóstico o cómo reducir su impacto negativo en el examen.

## Revisión del tema:

En la práctica diaria, los radiólogos se encuentran frecuentemente con imágenes radiológicas que no corresponden a ninguna estructura anatómica existente. Esas imágenes llamadas artefactos son el resultado de imperfecciones de los equipos de imágenes médicas, así como de algunos factores externos. Algunos artefactos pueden tener un valor diagnóstico significativo, mientras que otros pueden causar errores y una mala interpretación de los hallazgos.

## Artefactos en ultrasonografía

### Sombra acústica:



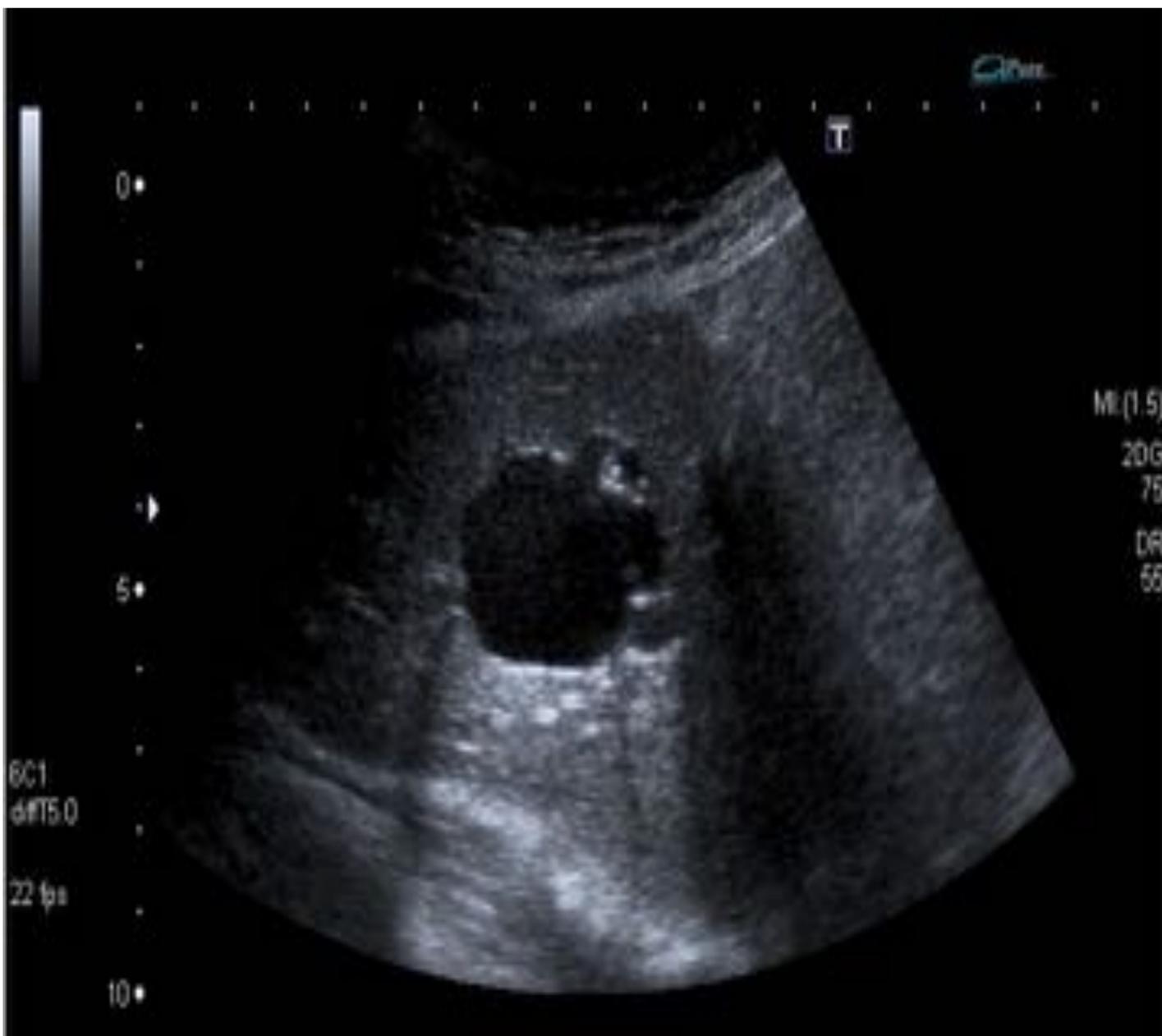
Colecistitis (a la izquierda), paredes de un quiste (a la derecha).

**Etiología:** se trata de una zona anecogénica que aparece detrás de estructuras capaces de reflejar (como p. ej calcificaciones) o dispersar (pared lateral de un quiste) todas las ondas de ultrasonidos.

**Utilidad:** artefacto que permite identificar los depósitos de calcio, cálculos biliares, etc.

**Cómo evitarlo:** aunque a veces resulta de gran utilidad diagnóstica este artefacto puede ocultar cambios patológicos (p. ej valoración de la estenosis por detrás de una placa de ateroma calcificada). Con el fin de evitarlo puede ser necesario cambiar el posicionamiento de la sonda.

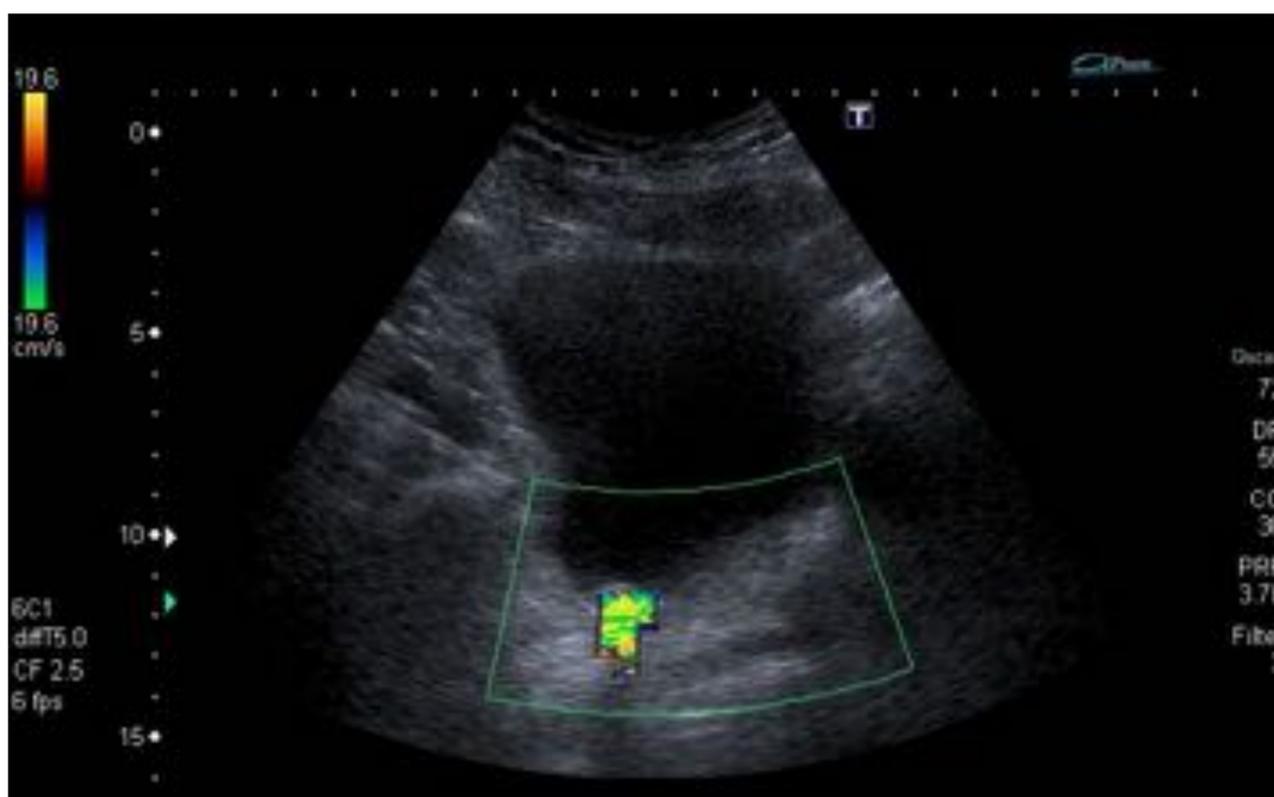
**Refuerzo posterior:** área de mayor ecogenicidad que se extiende por detrás de una estructura de baja atenuación (como en el ejemplo inferior, un quiste hidatídico).



**Etiología:** las áreas con menor atenuación ocasionan que la energía media de la onda acústica que regresa a la sonda, después de atravesarlas, sea mayor con respecto a la energía reflejada por el resto de los tejidos. Además es reforzada por los ajustes del ecógrafo, que compensa la pérdida de energía en el tiempo (*time gain compensation*).

**Utilidad:** se trata de una de las herramientas para diferenciar las lesiones quísticas de las sólidas.

**Artefacto centelleante (twinkle artifact):** cambios rápidos y consecutivos de color en la ecografía Doppler por detrás de estructuras calcificadas (por ejemplo ureterolitiasis); mientras que en el modo B se apreciaría sombra acústica.



**Etiología:** hay dos teorías que explican su aparición. Según la primera, surge como resultado de múltiples reflejos de la onda acústica desde la superficie de una calcificación porosa. Según la segunda teoría, sería causado por la resonancia de burbujas de gas presentes sobre la superficie de la calcificación.

**Utilidad:** es un artefacto altamente útil para el diagnóstico de calcificaciones; particularmente en el caso de litiasis sin o con dudosa sombra posterior (En un estudio de 100 pacientes con nefrolitiasis en el 62% se apreciaba sombra posterior, en el 58% imagen hiperecogénica, mientras en el 68% se observaba artefacto centelleante).

**Para aumentar su sensibilidad es necesario:**

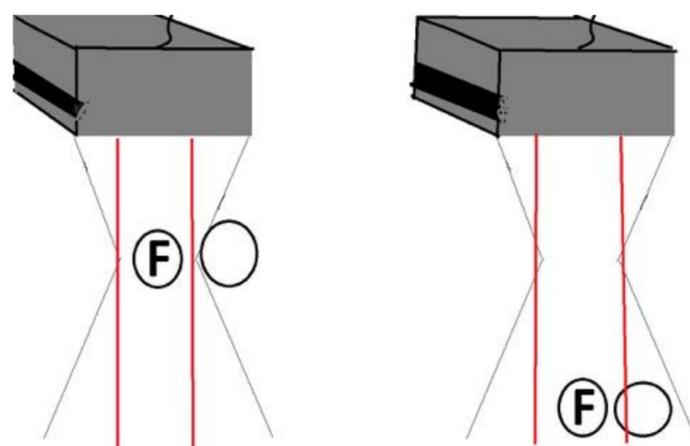
- aumentar el filtro de pared.
- aumentar la frecuencia de repetición de pulso (PRF).
- poner el foco por debajo de la estructura que queremos caracterizar.

**Artefacto de grosor de corte:** es la presencia de ecos dentro de una estructura anecoica (quiste, vesícula biliar, etc.).

**Etiología:** el haz de ultrasonido tiene un cierto grosor (el más fino a la altura del foco) y puede rebotar desde estructuras ubicadas fuera del "campo de visión" de la sonda. Esto es especialmente visible cuando la estructura está a una altura diferente de foco. Al obtener imágenes de estructuras con contenido líquido, algunas de las ondas pueden rebotar de sus paredes, generando una imagen que puede interpretarse como un contenido ecogénico (bilis, coágulo o sedimento) o incluso lesiones sólidas.

**Solución:**

- cambio de localización de sonda.
- adecuado posicionamiento del foco.

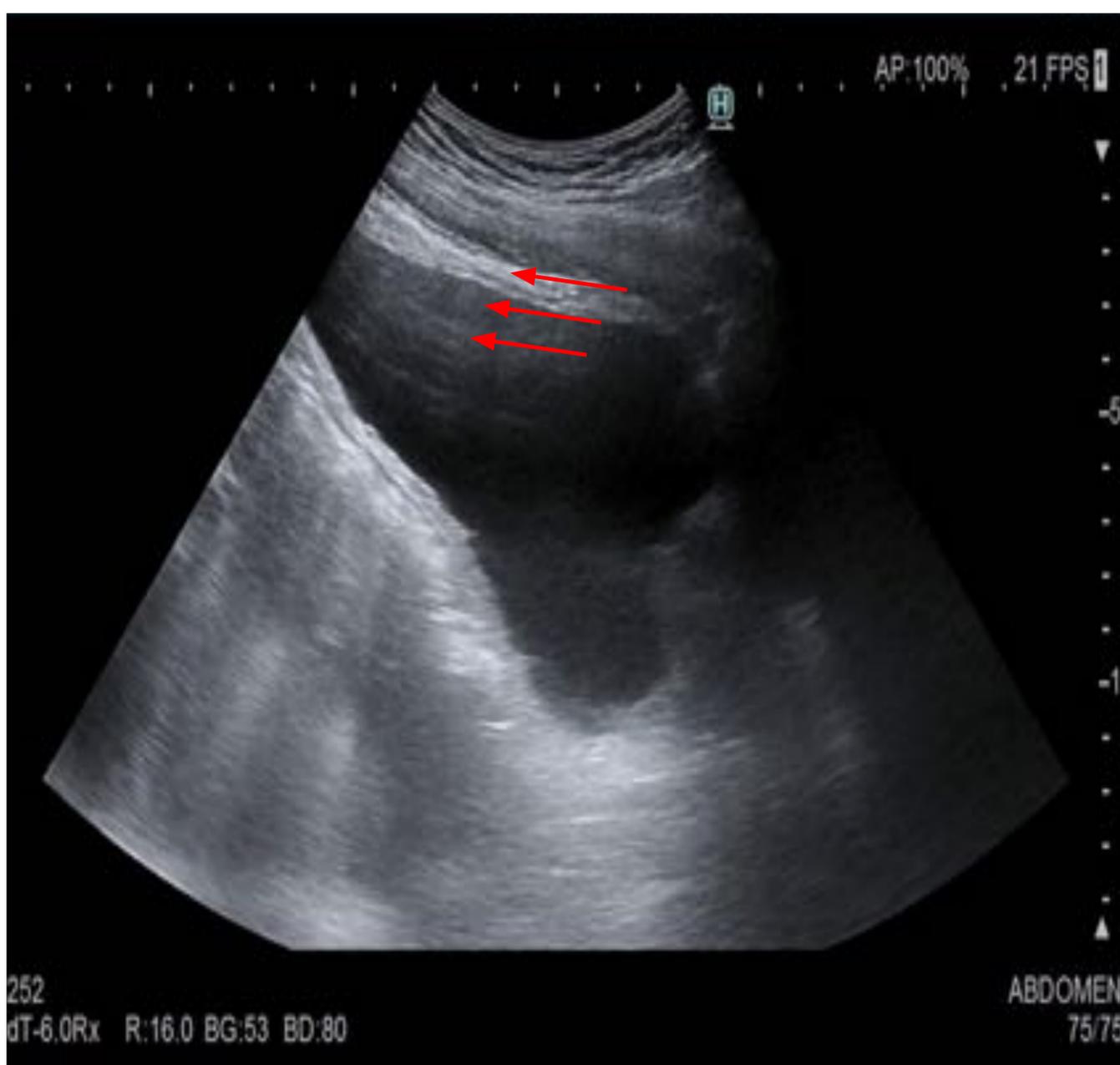


**Reverberación:** imagen en forma de múltiples líneas paralelas, equidistantes y de intensidad decreciente.

**Etiología:** artefacto producido cuando las ondas atraviesan la interfase entre dos medios con una gran diferencia de impedancia acústica (aire/agua, tejido/metal). El eco rebota entre transductor y la interfase hasta que se agota su energía.

**Solución:**

- reducción de ganancia.
- cambio del ángulo de la sonda (este artefacto ocurre cuando el ángulo entre el haz de ultrasonido y la superficie reflectante está cerca de  $90^\circ$ ).



## Artefacto de “cola de cometa” y artefacto “ring down”

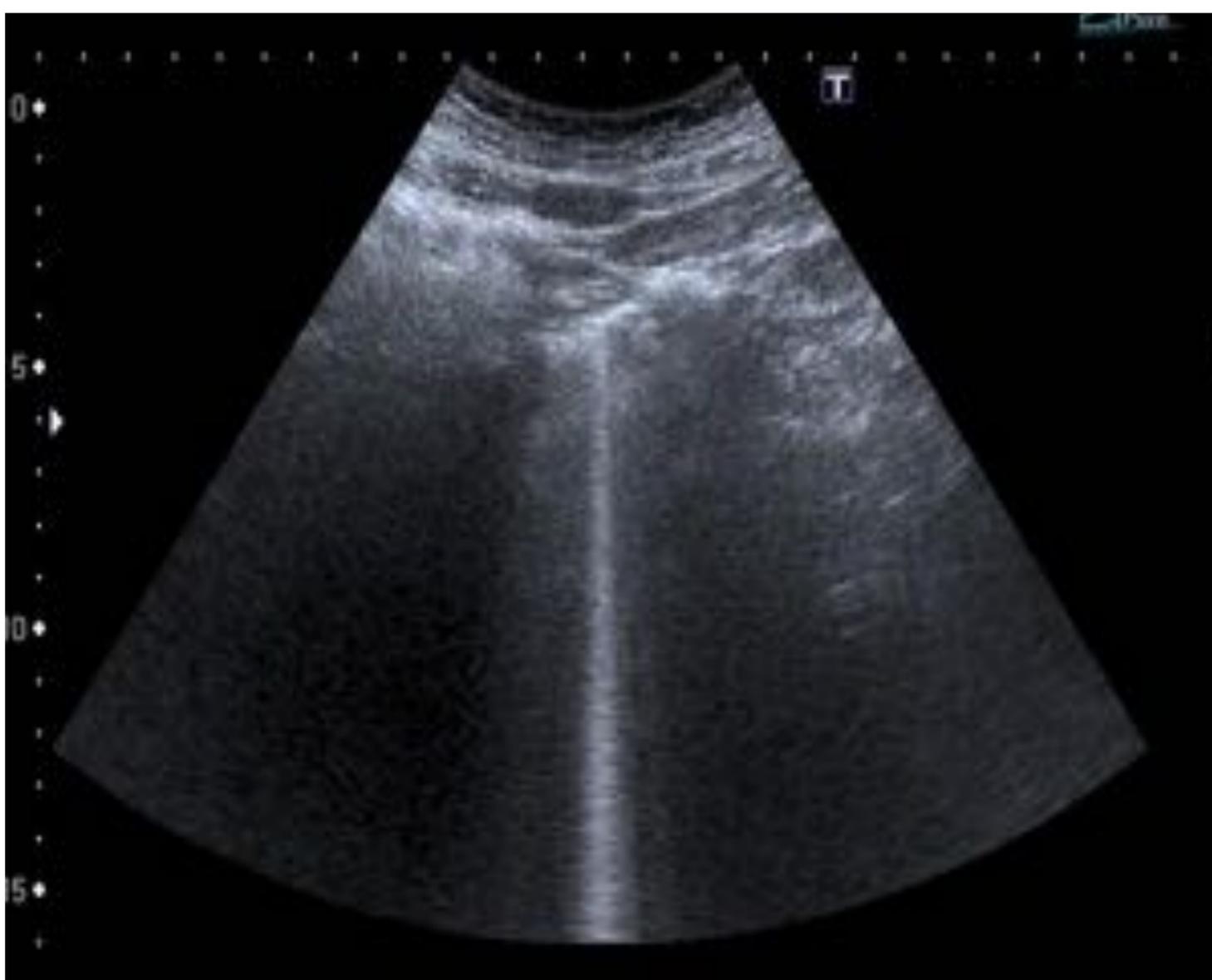
**Etiología:** son dos artefactos con una presentación similar, pero etiologías diferentes.

El artefacto en cola de cometa es una forma peculiar del artefacto de reverberación. Es causado por viajes repetidos entre el transductor y dos superficies reflectantes con poca distancia de separación; por consiguiente no se consiguen distinguir los consecutivos ecos, mientras que los ecos más tardíos muestran una menor amplitud, obteniendo una imagen de forma triangular como la presentada en la imagen.

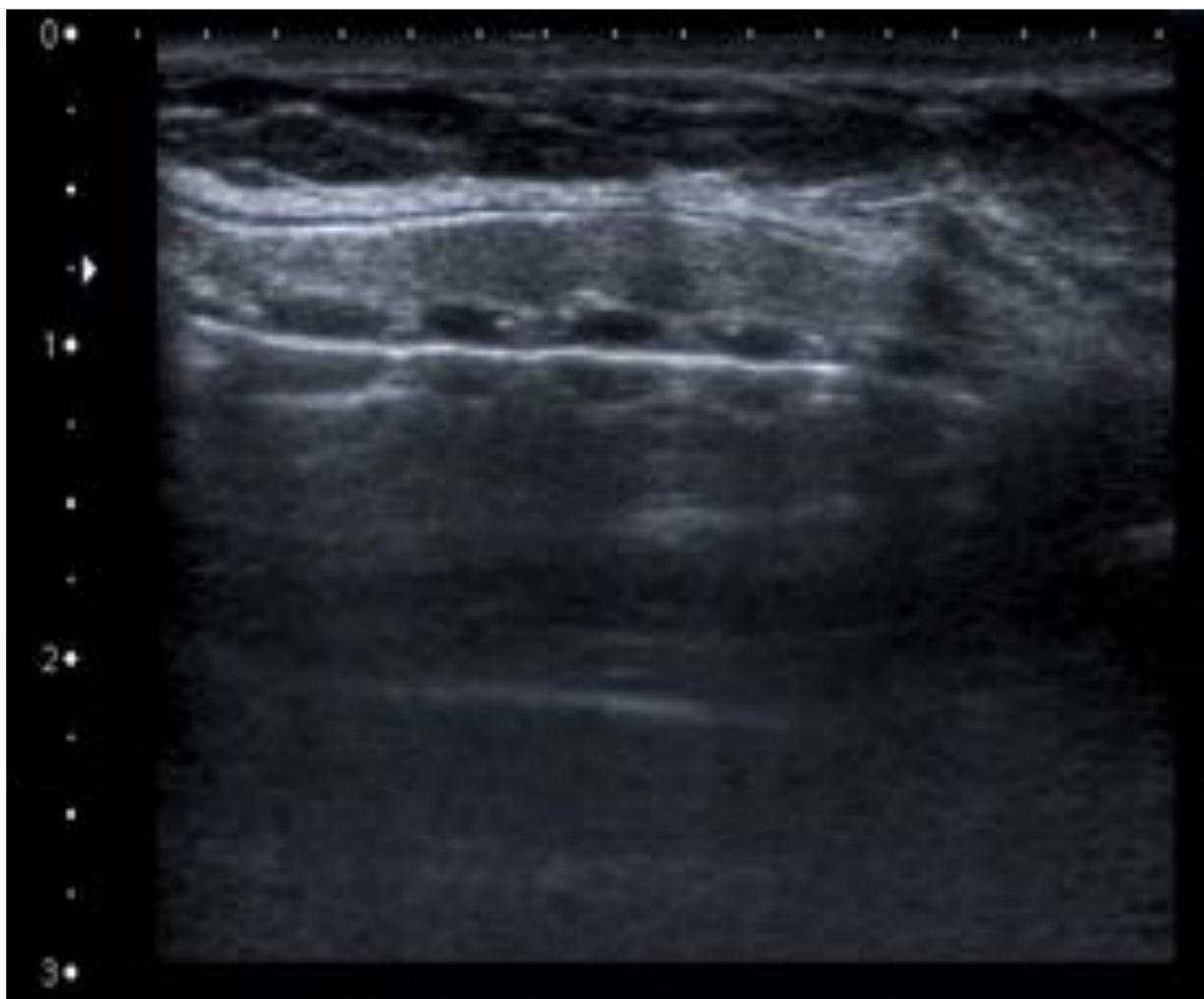
El artefacto “ring down” se produce por la excitación de las burbujas de gas. Estas burbujas generan ondas de ultrasonidos que después son recibidas por el transductor formando también una imagen triangular.

**Utilidad:** útil para detección de gas (quistes renales abscondidos, aerobilia)

**Solución:** cambio de posición o angulación de sonda.



## Imagen en espejo o artefacto especular:



Artefacto de espejo en los cartílagos de la laringe en una presentación modo B (imagen abajo).

**Etiología:** este artefacto puede aparecer al obtener imágenes de órganos cercanos a otra estructura (frecuentemente curvilínea), que actuaría como una interfase especular reflejando fuertemente el haz de ultrasonidos (como por ejemplo el diafragma, pulmones o intestino lleno de gas).

Se observan dos imágenes: una estructura superficial real y otra más profunda que corresponde con una imagen especular.

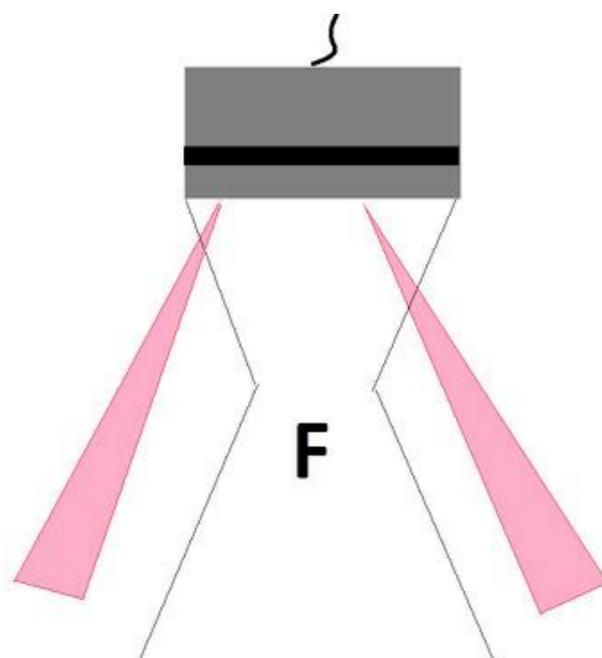
Puede aparecer el artefacto de espejo con estructuras localizadas fuera del campo de visión de la sonda (en este caso sólo se observa una única imagen).

**Solución:** cambio de posición o angulación de la sonda.

**Artefactos de los lóbulos laterales:** en la imagen se aprecia un área lineal hiperecogénica que se proyecta sobre un riñón normal.

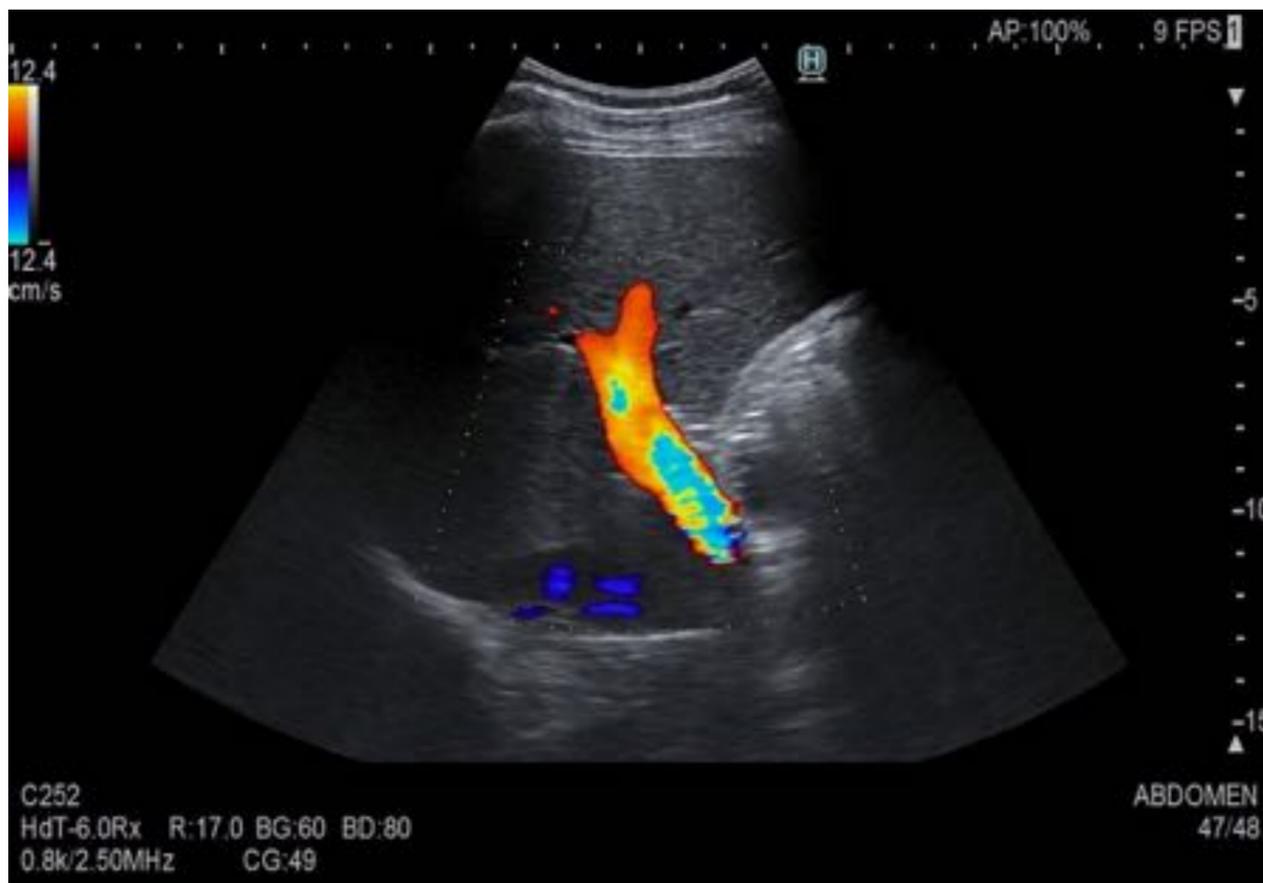


**Etiología:** el ecógrafo supone que el haz de ultrasonido se propaga sólo en la porción central de la sonda, perpendicular a su superficie. En realidad una pequeña parte del haz (1%) se dirige hacia la periferia (formando “lóbulos laterales”). Estas ondas laterales en condiciones normales se dispersan y no participan en la creación de la imagen; sin embargo si en su camino encuentran un medio altamente reflectante pueden volver hacia el transductor formando una falsa imagen.



**Solución:** cambiar el ángulo de la sonda, ajustar la altura del foco.

**Aliasing:** aparece cuando no es posible registrar la correcta dirección del flujo, apreciándose en la pantalla una imagen de flujo turbulento.



Vena porta con artefacto de aliasing

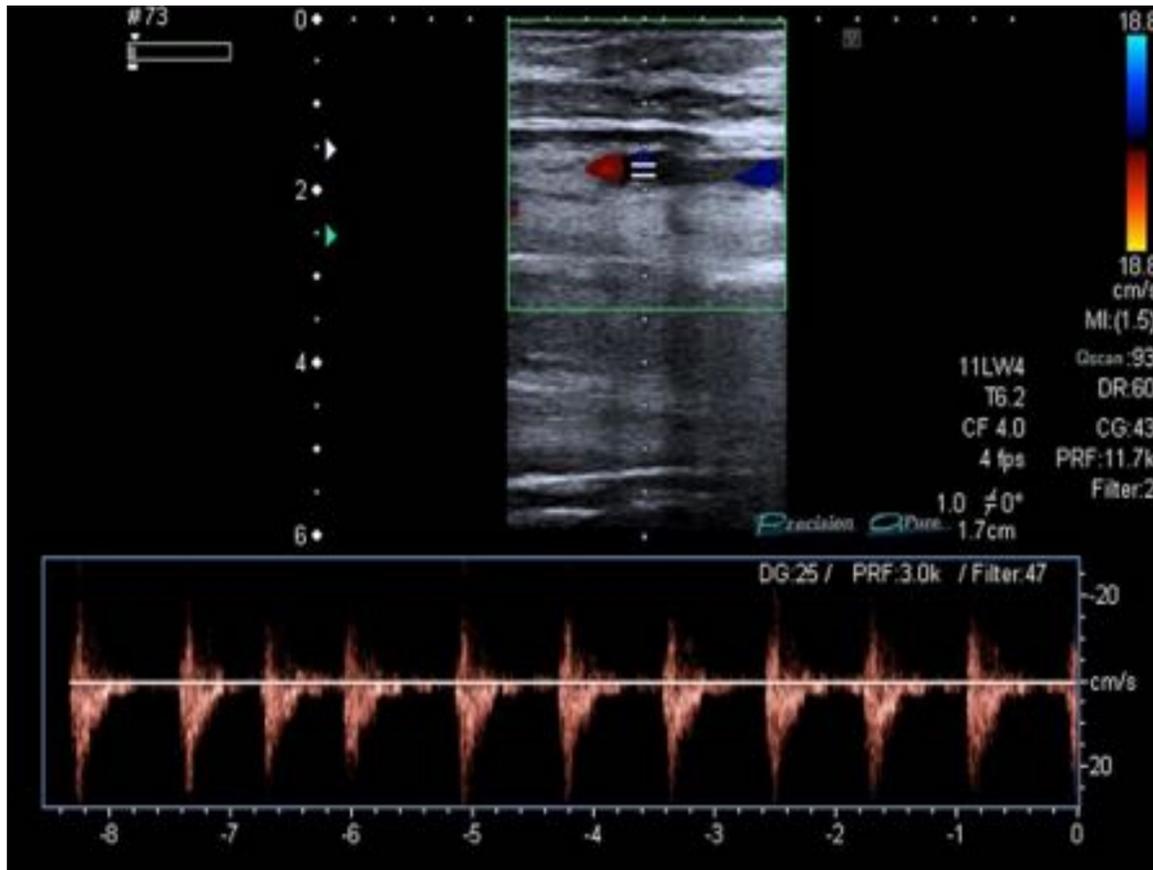
**Etiología:** la frecuencia de repetición de pulsos (Pulse Repetition Frequency PRF) es demasiado baja respecto a la velocidad de flujo en el vaso.

**Utilidad:** detección de patologías que aumentan las velocidades de flujo (estenosis arterial, fistulas arteriovenosas).

### **Solución:**

- aumentar la frecuencia de repetición de pulsos.
- usar una sonda de baja frecuencia.
- usar el Doppler de potencia (no mide las velocidades del flujo).

**Reflejo espectral:** reflejo en espejo del registro de velocidad de flujo por debajo de la línea base en un estudio Doppler.



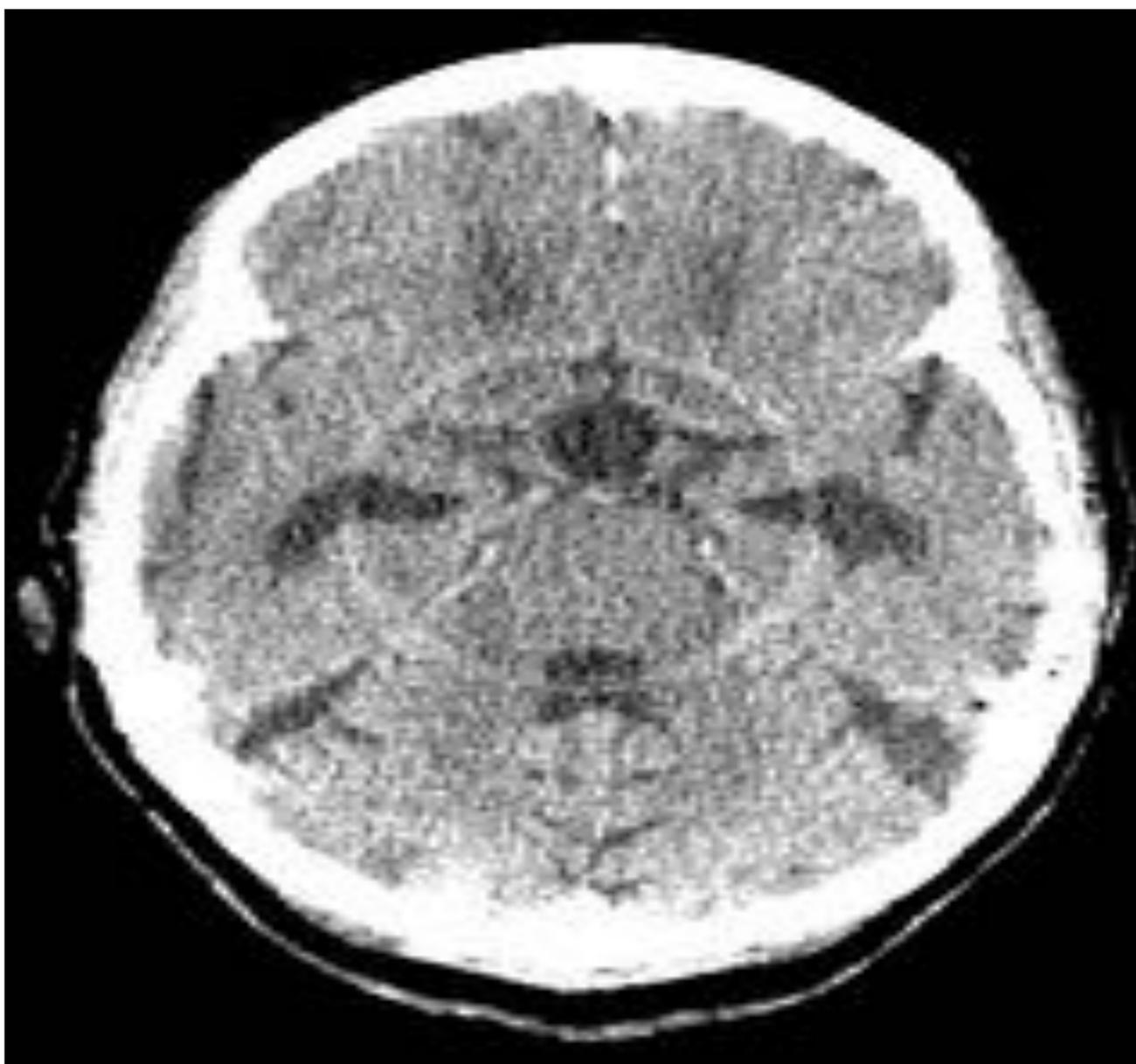
**Etiología:** el ángulo de insonación está cerca de  $90^\circ$  o la ganancia es demasiado alta.

**Solución:**

- ajustar el ángulo entre la dirección del haz de ultrasonido y la dirección del flujo (ideal entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ )
- reducir la ganancia.

# Artefactos en tomografía computerizada

**Artefacto de anillo:** estructura concéntrica que aparece en todos los cortes del estudio.

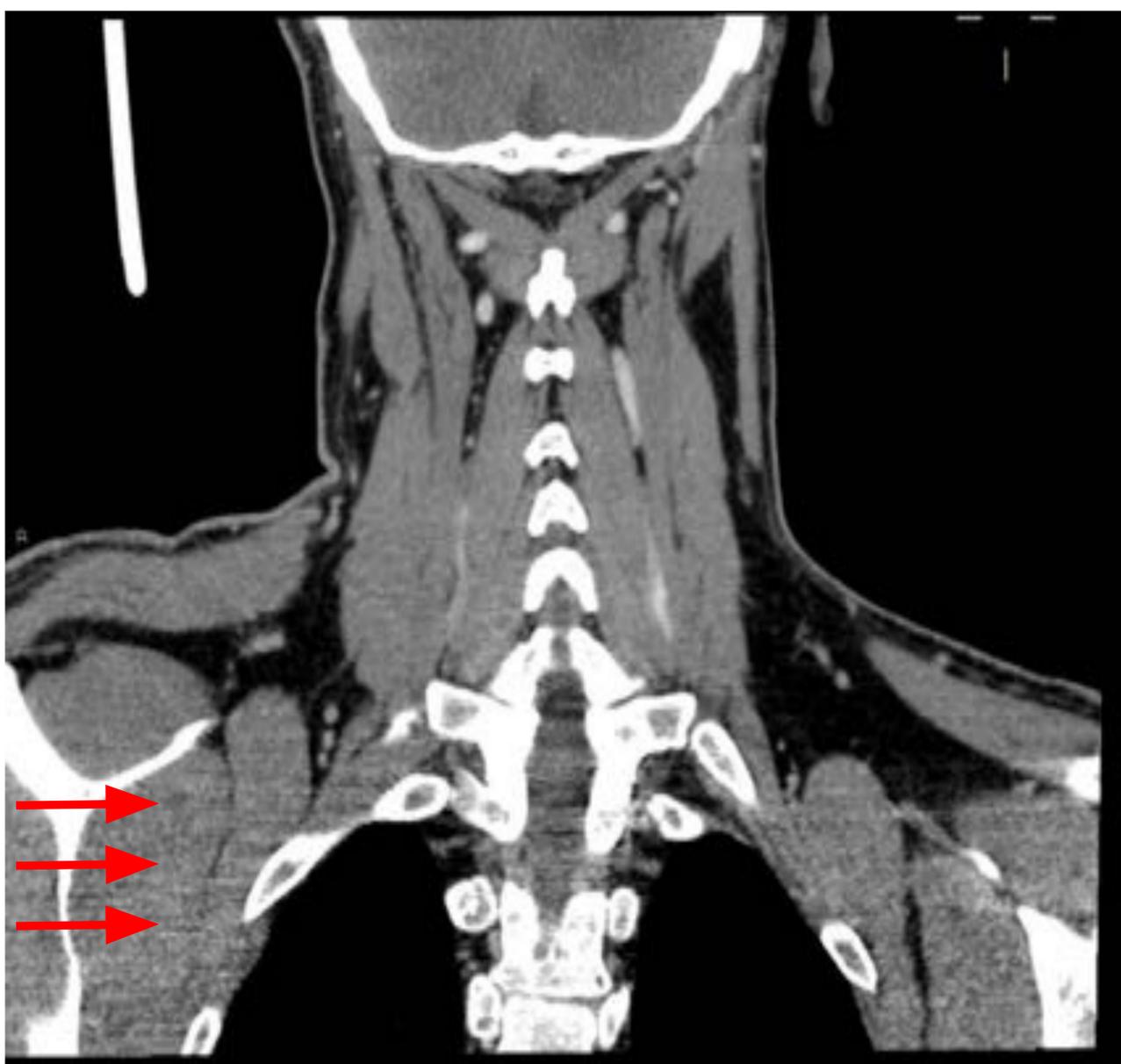


**Etiología:** un artefacto causado por la falta de calibración o el daño en uno de los detectores. También puede aparecer en los estudios con insuficiente dosis de radiación.

## Solución:

- calibración diaria de los detectores.
- mantenimiento regular del tomógrafo.
- dosis de radiación ajustada al área anatómica examinada y las características del paciente.

**Hambre de electrones:** aumento de ruido con reducción del contraste entre los tejidos (flechas rojas).

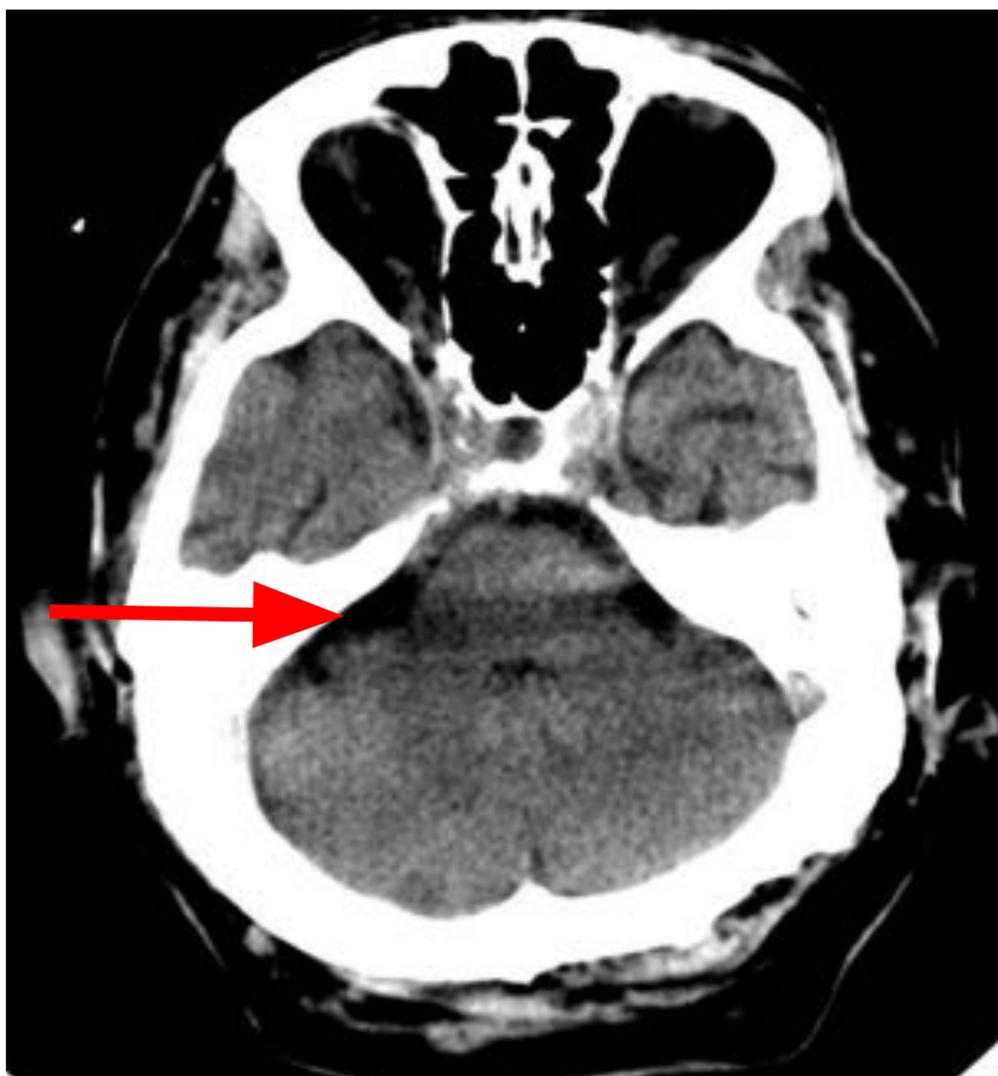


**Etiología:** es causado por la retención de fotones en áreas de tejidos más gruesos o de mayor atenuación, que provoca una reducción de la cantidad de radiación que llega a los detectores y un aumento de ruido.

**Solución:**

- aumento de mA.
- uso de sistemas de modulación de dosis.
- adecuado posicionamiento del paciente.
- uso de software de reconstrucción iterativa de imágenes.

## Artefacto de endurecimiento del haz:



Área hipodensa en la fosa posterior del cráneo que se propaga entre dos estructuras de alta atenuación (marcado con flecha roja)

**Etiología:** dado que el haz de rayos X es heterogéneo (contiene fotones de diferentes energías), los fotones de baja energía se detienen al pasar por tejidos hiperdensos. Lo cual provoca un aumento de los valores promedios de radiación que llegan al detector, observándose en las imágenes reconstruidas un área de menor densidad a la real.

## Solución:

- aumento de mA.
- adecuado posicionamiento del paciente.
- uso de escáneres TC de doble energía.

**Artefactos metálicos:** rayas claras y oscuras que parecen "destellos de estrellas" alrededor de un objeto metálico p. ej. empastes dentales (como en imagen inferior), prótesis valvulares o articulaciones.

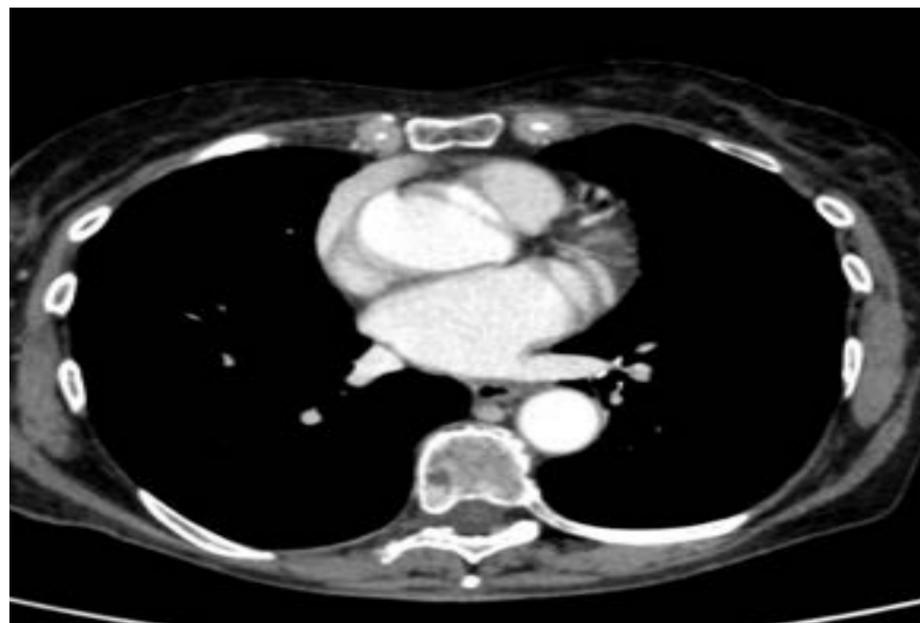
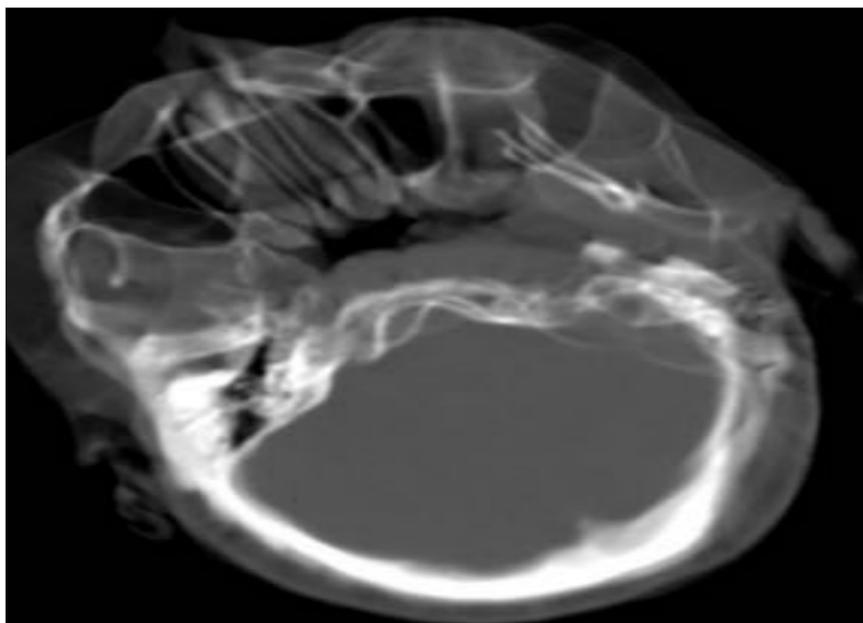


**Etiología:** en realidad es la mezcla de varios artefactos: endurecimiento del haz (rayas hipodensas), artefacto entre dos centros de densidad extrema (*edge gradient effects*), artefacto de volumen parcial así como por las limitaciones del software.

**Solución:**

- aumento de mA.
- adecuado posicionamiento del paciente.
- reducción del grosor de corte.
- uso de software que reduzcan artefactos.

**Artefactos de movimiento:** "duplicación" de estructuras anatómicas existentes (imagen a la izquierda) o la creación de imágenes que pueden simular patologías (pulsatilidad de la aorta que llega a simular disección aórtica; imagen a la derecha).

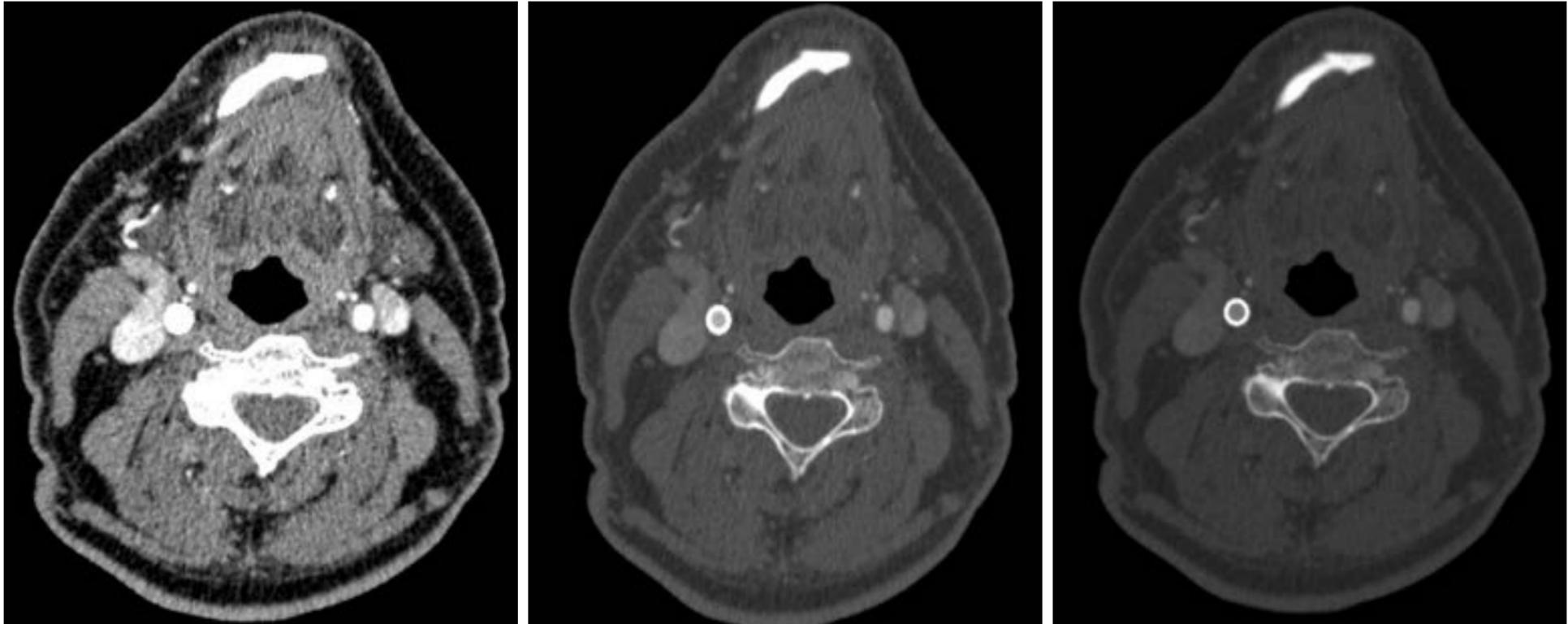


**Etiología:** distorsión de la anatomía real con reducción de la resolución espacial debido a un registro y reconstrucción de las imágenes incorrecto.

### **Solución:**

- preparación e instrucción adecuada del paciente.
- sincronización del examen con el ritmo cardíaco.
- reducción del tiempo de examen (mayor factor de desplazamiento, mayor grosor del corte).

**Artefacto de blooming:** en la imagen inferior el stent parece tener un diámetro interno más pequeño que en la realidad.

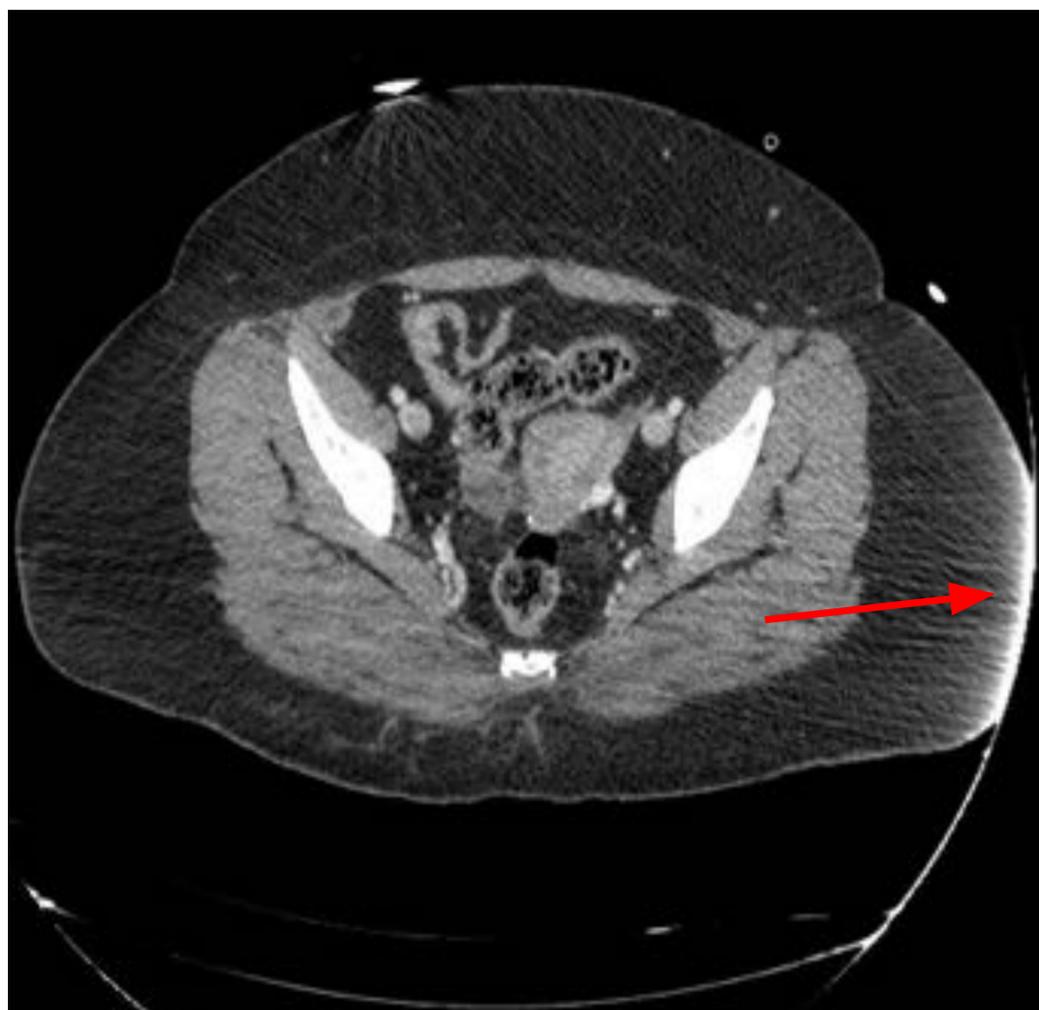


**Etiología:** las estructuras de altas densidades (calcificaciones, stents, etc.) pueden causar una mayor saturación de los vóxeles vecinos y un mayor efecto de volumen parcial, que resulta en un "derrame" sobre las estructuras vecinas.

### **Solución:**

- ensanchar la ventana.
- uso de filtros más agudos (a expensas de aumento de ruido).
- aumentar la resolución de la imagen.
- reducción del grosor del corte.

**Artefactos fuera del campo:** área de mayor atenuación en los extremos del área de estudio en un paciente que no se encuentra en el campo de visión (imagen abajo).



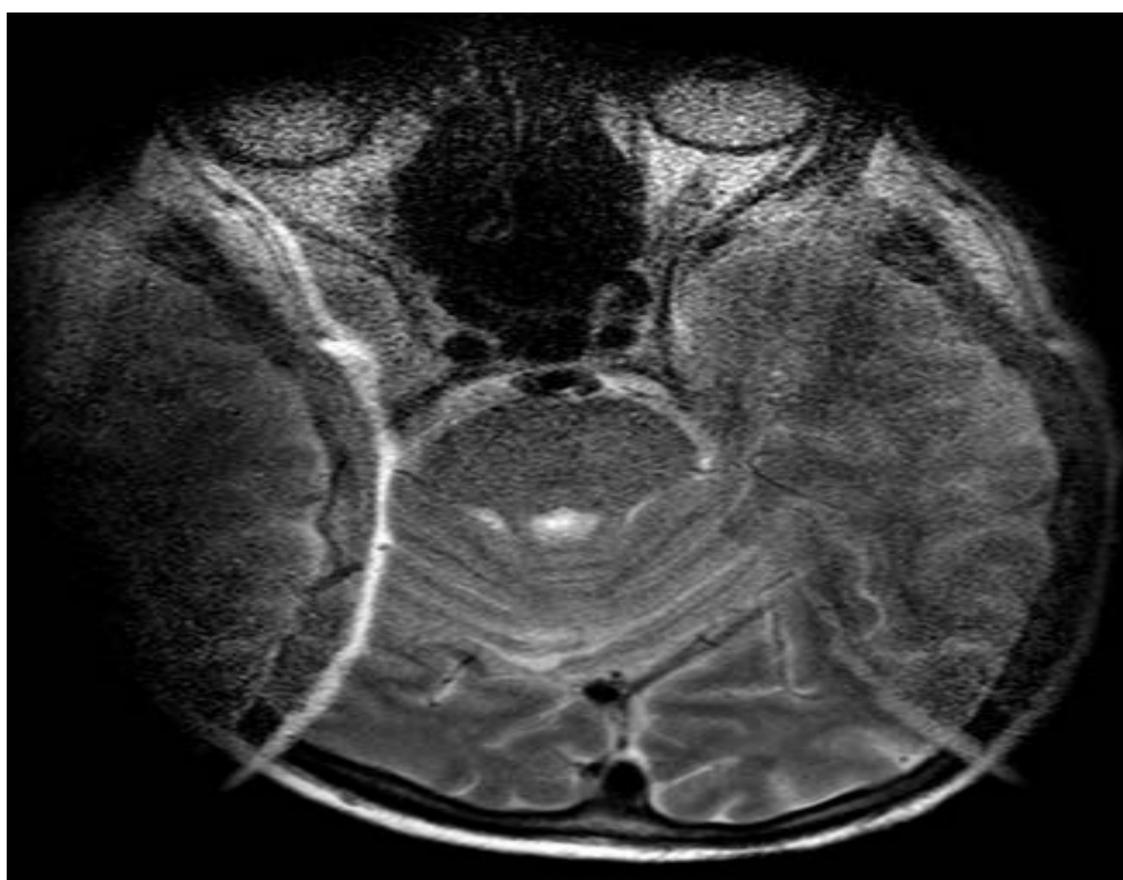
**Etiología:** el artefacto aparece cuando parte del paciente está localizado fuera del área escaneada (por ejemplo brazos en los laterales del tórax o parte del abdomen en un paciente obeso), lo que provoca una medición incorrecta de las densidades.

**Solución:**

- correcto posicionamiento del paciente.
- aumento del campo de visión (field of view FOV).

## Artefactos en resonancia magnética

**Artefacto de solapamiento, aliasing:** la estructura anatómica que se encuentra fuera del campo de visión se proyecta ("envuelve") en el otro lado de la imagen.

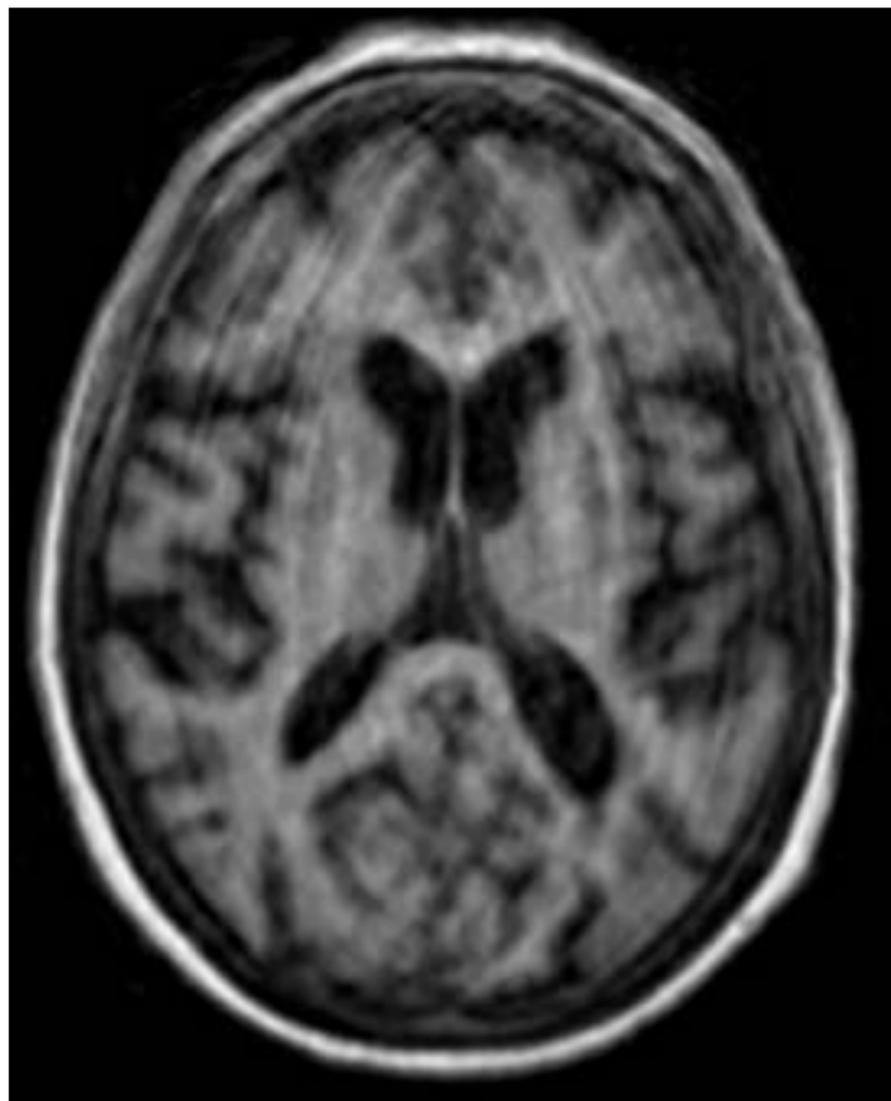


**Etiología:** ocurre en la dirección de la codificación de fase. Es debido a que una determinada área/posición (localizada dentro del campo de adquisición - FOV) tiene asignado un período de fase específico. Mientras que a la estructura localizada fuera del FOV se le asigna la misma fase también, causando solapamiento de la imagen.

### Solución:

- aumentar el área de adquisición (FOV).
- ajustar la posición de las estructuras examinadas.
- saturar el área fuera del FOV que puede ser susceptible de solapamiento.

**Artefactos de movimiento:** formación de imágenes fantasmas en la dirección de codificación por fase.



**Etiología:** los protones de hidrógeno cambian de posición entre los impulsos, por lo que perturba su posicionamiento en el espacio K y provoca la pérdida de nitidez de las estructuras y/o la formación de imágenes fantasmas.

**Solución:**

- adecuada preparación y **instrucción** del paciente.
- sedación del paciente.
- reducir el tiempo de adquisición (uso de secuencias más rápidas).
- exploración sincronizada con los movimientos respiratorios y el ritmo cardíaco.

**Artefacto de cremallera:** rayas/puntos blancos y negros alternantes.

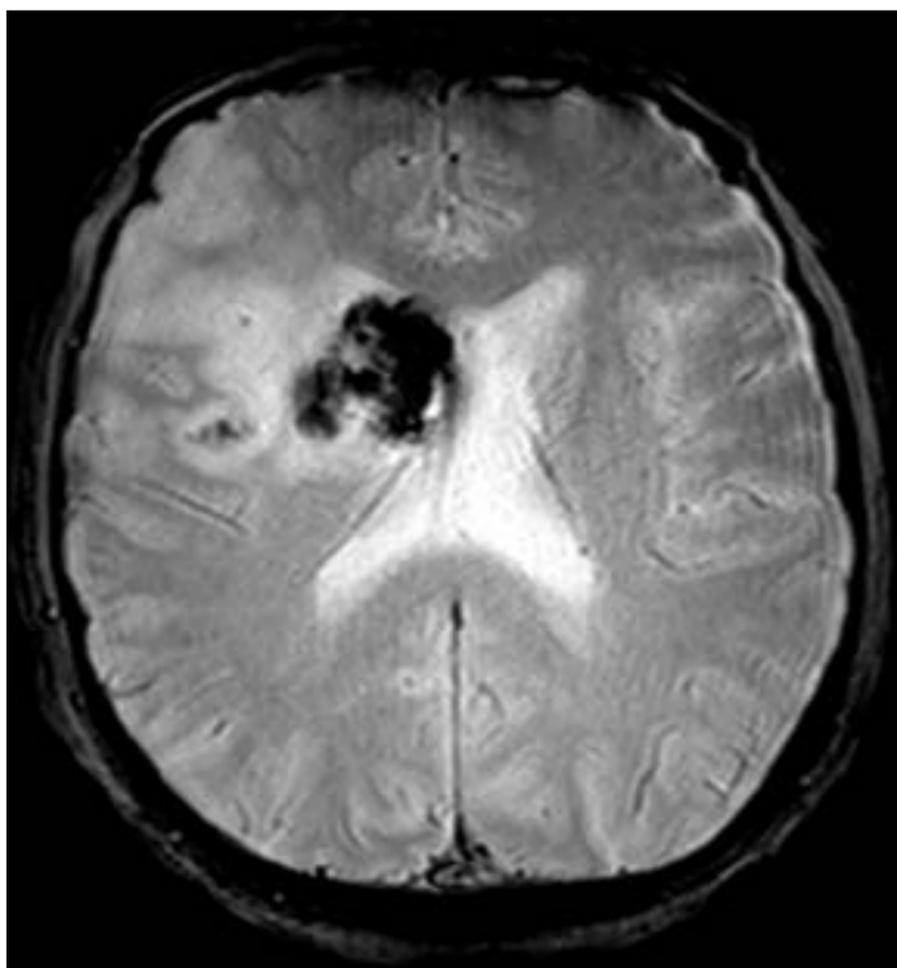


**Etiología:** un artefacto relacionado con la influencia de fuentes de ondas electromagnéticas externas (móviles, RTVE etc). Ocurre en la dirección de la codificación de frecuencia.

**Solución:**

- verificar la integridad de la habitación (jaula de Faraday).
- cierre completo de las puertas de la sala de resonancia magnética.

**Artefactos de susceptibilidad magnética:** área hipointensa en la cabeza del núcleo caudado causado por depósitos de hemosiderina.



**Etiología:** las sustancias paramagnéticas (hemoglobina y oxígeno) y ferromagnéticas (hierro, cobalto y níquel) causan distorsión del campo magnético reduciendo la intensidad de la señal recibida.

**Utilidad:** en las secuencias que dependen del nivel de oxigenación de la sangre (BOLD), este artefacto permite la adquisición de las imágenes.

**Solución:**

- uso de RM con bajo campo magnético
- uso de las secuencias de spin-eco
- uso de software con reducción de artefactos.

**Desplazamiento químico tipo II / tinta china:** borde hipointenso alrededor de las estructuras abdominales en secuencias fuera de fase (imagen inferior).



**Etiología:** la ausencia de señal en los voxel que contienen grasa y agua en el borde de los tejidos. Aparece con tiempos de eco igual a 2.4 ms para RM de 1.5 T o 1.4 ms para RM de 3 T, cuando la señal de grasa y agua tienen fases opuestas, anulándose entre sí.

**Solución:**

- cambiar los valores de tiempo de eco.
- utilizar las secuencias spin eco.
- usar saturación de la grasa.

**Desplazamiento químico tipo I:** banda oscura (flecha) y banda clara opuesta (punta de flecha) en los márgenes del canal espinal.



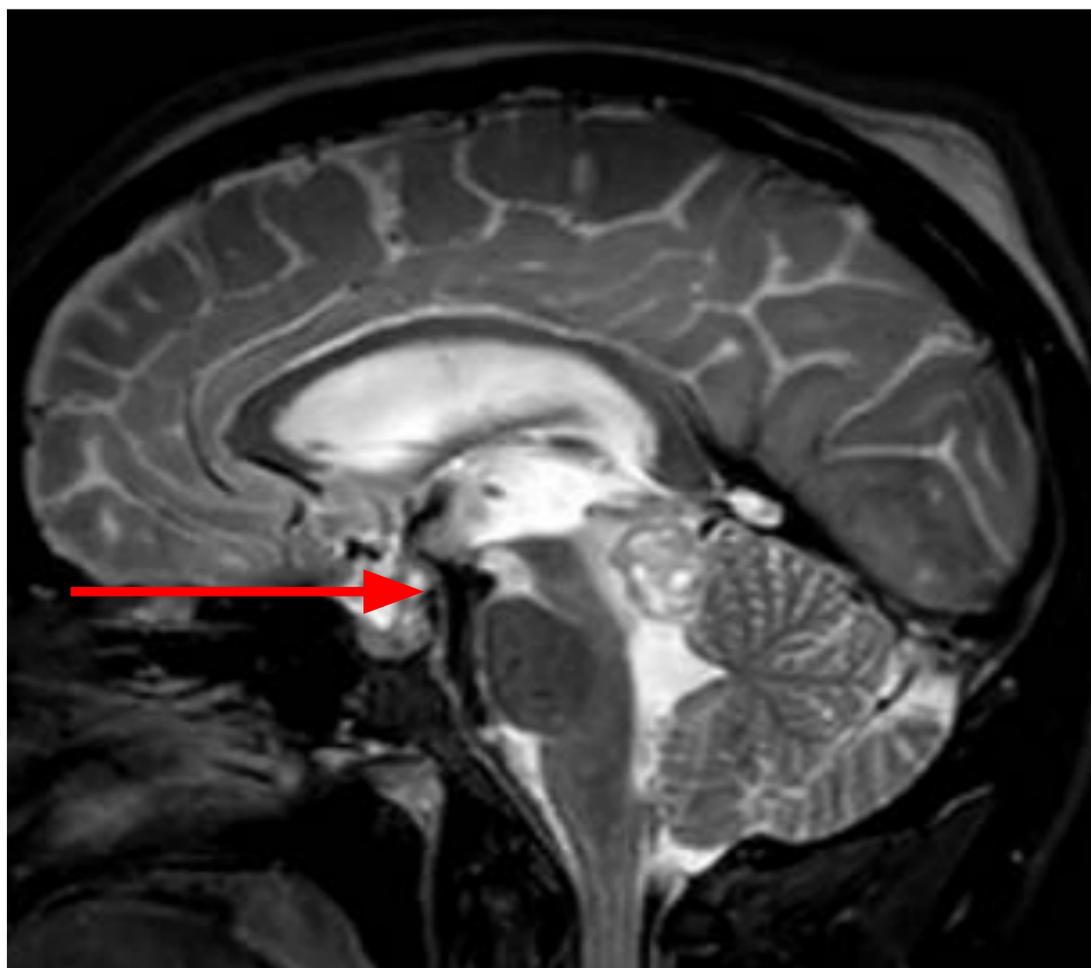
**Etiología:** las diferencias entre la frecuencia de precesión de protones de agua y grasa causan un registro erróneo en la dirección de codificación de frecuencia.

Se manifiesta como una banda de hiperseñal en el lado de baja frecuencia y una banda de hiposeñal en el lado de alta frecuencia.

### **Solución:**

- uso de resonancia magnética de bajo campo (el artefacto depende de la fuerza del campo electromagnético).
- uso de saturación de grasa.
- reducción del tamaño del vóxel.

**Los artefactos relacionados con el movimiento del líquido cefalorraquídeo:** una estructura hipointensa (flecha) que se extiende entre el tercer ventrículo y la cisterna prepontina en un paciente con ventriculostomía del tercer ventrículo.



**Etiología:** artefacto relacionado con el movimiento LCR y causado por la falta de estimulación de los protones de LCR por las ondas de radiofrecuencia, lo que produce la disminución de la señal recibida por la antena.

**Utilidad:** evaluación de la circulación del LCR y del funcionamiento de la ventriculostomía.

## **Conclusiones:**

Un adecuado conocimiento de los artefactos y sus principios físicos resulta esencial en nuestro trabajo.

Permitiéndonos mejorar la calidad de la imagen y ayudarnos en la correcta interpretación de los hallazgos radiológicos.

## Bibliografía:

- Body MR Imaging: Artifacts, k-Space, and Solutions Susie Y. Huang, Ravi T. Seethamraju, Pritesh Patel, Peter F. Hahn, John E. Kirsch, and Alexander R. Guimaraes RadioGraphics 2015 35:5, 1439-1460.
- Widać czy nie widać? Oto jest pytanie Artefakty w badaniu ultrasonograficznym w skali szarości, Andrzej Lewicki Wiesław Jakubowski, Przegląd Urologiczny 2014/6 (88)
- Ultrasonografia dopplerowska, czyli co wspólnego mają kolorowe gwiazdy ze współczesną ultrasonografią, dr n. med. Janusz Tyloch, Przegląd Urologiczny 2006/2 (36)
- Ring-down Vs Cola de cometa: dos artefactos al descubierto, S. Méndez Garrido, J. Arce Duran, A. Talegón Meléndez, SERAM 2012
- Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética, P. Sartori, M. Rozowykniat, L. Siviero, G. Barba, A. Peña, N. Mayol, D. Acosta, J. Castro, A. Ortiz Revista Argentina de Radiología, Vol. 79. Núm. 4. páginas 181-236 (Octubre - Diciembre 2015).
- Artifacts in CT: Recognition and Avoidance, Julia F. Barrett and Nicholas Keat, RadioGraphics 2004 24:6, 1679-1691.
- Respiratory effects in two-dimensional Fourier transform MR imaging, Axel L, Summers RM, Kressel HY et-al.. Radiology. 1986;160 (3): 795-801.
- An image-based approach to understanding the physics of MR artifacts, Morelli JN, Runge VM, Ai F et-al. Radiographics. 2011;31 (3): 849-66.