

## Artefactos en ecografía: todo lo que el residente debe saber.

**Título: Artefactos en ecografía: todo lo que el residente debe saber.**

**Autor/es:** Irene Sánchez-Serrano, Manuel Santa-Olalla González, Andrés Francisco Jiménez Sánchez, Juan Francisco Martínez Martínez, Antonio Navarro Baño, Santiago Ibáñez Caturla.

Resumen:

**Objetivos docentes:**

Entender como y por qué se producen los principales artefactos ecográficos.

Distinguir y saber interpretar entre los distintos tipos de artefactos en modo B.

**Revisión del tema:**

Los artefactos forman parte de la práctica ecográfica diaria, y aunque algunos pueden limitar la exploración, otros revelan información valiosa sobre la estructura y composición del tejido explorado. Conocer los artefactos en la ecografía puede ayudarnos a no cometer errores en la interpretación de las imágenes y realizar mejores diagnósticos. Es importante saber que algunos, como intrínsecos a la técnica, no pueden ser modificados, mientras que otros pueden ser evitados mediante un manejo adecuado de la misma. Los artefactos en modo B se pueden clasificar en: asociados a las características del haz de ultrasonidos, asociados a ecos múltiples, a errores de velocidad y a errores de atenuación.

**Conclusiones:**

Reconocer e interpretar adecuadamente los artefactos en ecografía es fundamental para realizar un buen diagnóstico y mejorar la calidad de los estudios.

Los artefactos son imágenes sin correlación con las estructuras anatómicas reales. Aparecen rutinariamente en la práctica clínica diaria y presentan una utilidad diagnóstica ocasional. En ocasiones pueden ser útiles para el diagnóstico, aunque la mayoría no lo son y plantean un reto para el radiólogo novel. Algunos pueden ser evitados, mientras que otros son intrínsecos a la técnica ecográfica.

## En el procesamiento de la imagen de ultrasonidos (US) se resume que:

1. Los ecos detectados se originan en el haz principal de US.
2. La atenuación de los US es uniforme.
3. Un eco regresa al transductor después de una única reflexión.
4. La profundidad de un objeto es directamente proporcional al tiempo que tarda un pulso de US en volver al transductor.
5. La velocidad de propagación de los US en los tejidos es constante.
6. El haz de US y el eco viajan en línea recta.

Sin embargo, estos principios no suelen cumplirse en la práctica ya que **los artefactos son secundarios**:

### Características del haz

Atenuación de los diferentes tejidos corporales

Ecos multidireccionales

Velocidad de propagación dependiente del tejido

## FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA IMAGEN:

- **RESOLUCIÓN ESPACIAL:** capacidad de distinguir entre dos puntos próximos en los tres ejes del espacio. Se distinguen tres tipos de resolución espacial:
  - **Resolución axial:** es la capacidad de distinguir dos puntos en el plano longitudinal del haz de US. Se ve influido por la longitud de onda ( $\lambda$ ), de modo que a menor longitud de onda, mayor será el muestreo y mayor la resolución.
  - **Resolución lateral:** es la capacidad de distinguir dos puntos en el plano horizontal, perpendicular al haz de US. Se relaciona con la anchura del haz de US. Si dos estructuras presentan una distancia entre ellas menor que la anchura del haz, pueden aparecer representadas como una sola. Es por ello que la mejor resolución lateral se obtiene en la zona focal (foco), que es el punto en el que la amplitud de la haz de US es más estrecho. Este parámetro, por tanto, se puede controlar ajustando el foco.
  - **Resolución en elevación o azimut:** depende del grosor del haz en el plano perpendicular al haz de US. Depende del diseño del transductor.
- **Ruido acústico:** Son ecos de bajo nivel secundarios a la dispersión de los US. Afectan a la resolución de la imagen.
- **Ganancia:** es un parámetro que permite regular la amplitud del haz de US. Permite compensar la atenuación del sonido en profundidad. Globalmente afecta al brillo de la imagen.
- **Rango dinámico (RD):** Es el intervalo de intensidad de señal en la escala de grises. Un rango dinámico alto equivale a una imagen con muchos grises, mientras que un RD bajo equivale a una imagen muy contrastada (blanco-negro).

## TIPOS DE ARTEFACTOS

Asociados a las características del haz de US	Asociados a ecos múltiples	Asociados a errores de velocidad	Asociados con errores de atenuación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANCHO DE HAZ</li> <li>- HAZ LATERAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- REVERBERACIÓN</li> <li>- COLA DE COMETA</li> <li>- EN ANILLO</li> <li>- EN ESPEJO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ARTEFACTO DE VELOCIDAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SOMBRA ACÚSTICA</li> <li>- REFUERZO ACÚSTICO</li> </ul>

El haz principal de US (main beam) sale del transductor como un haz tridimensional complejo con forma de pajarita. Además, cuenta con dos haces extraaxiales de baja energía conocidos como lóbulo lateral (side lobe) y lóbulo reticulado (grating lobe) (Figura 1).

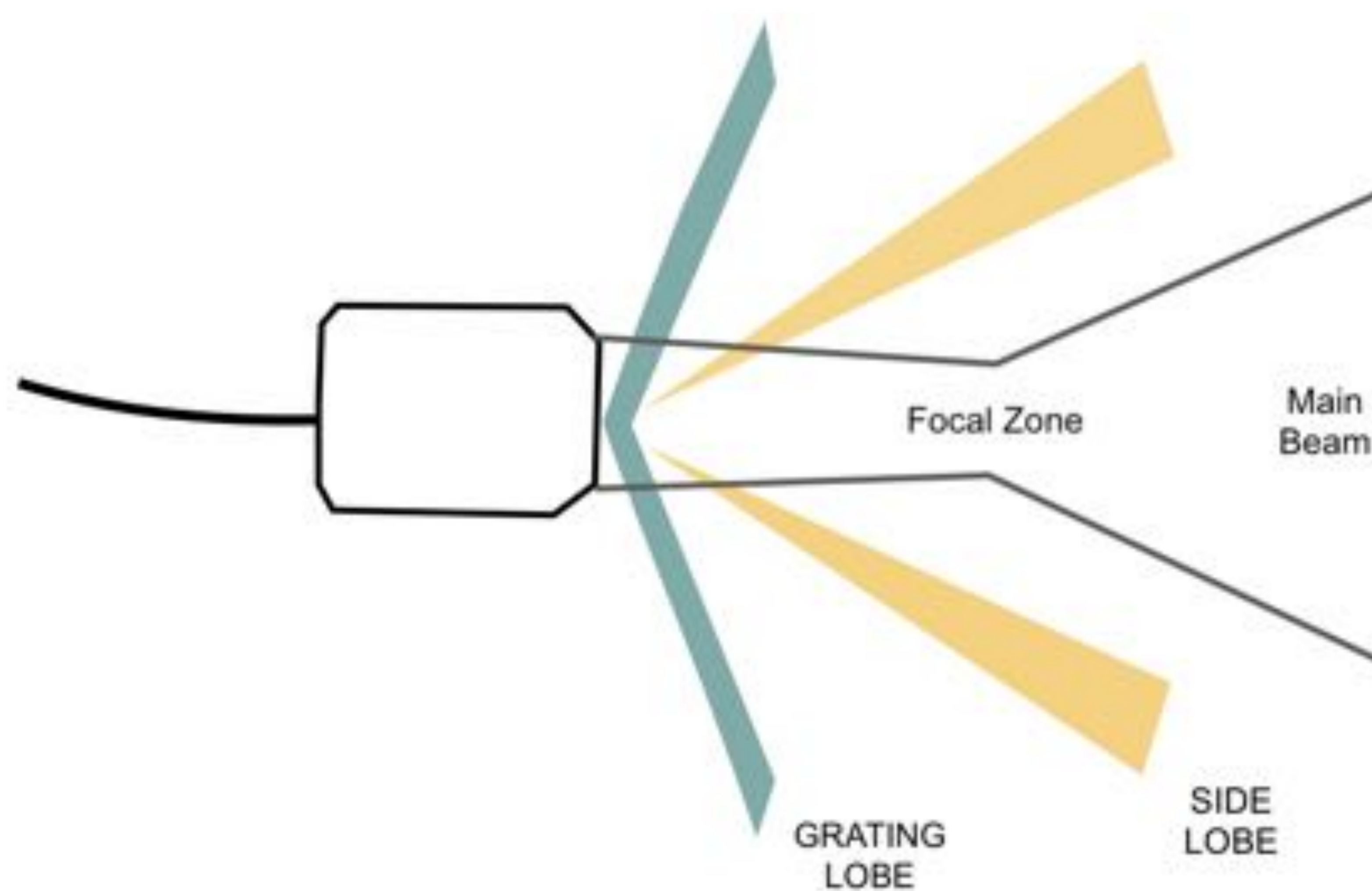
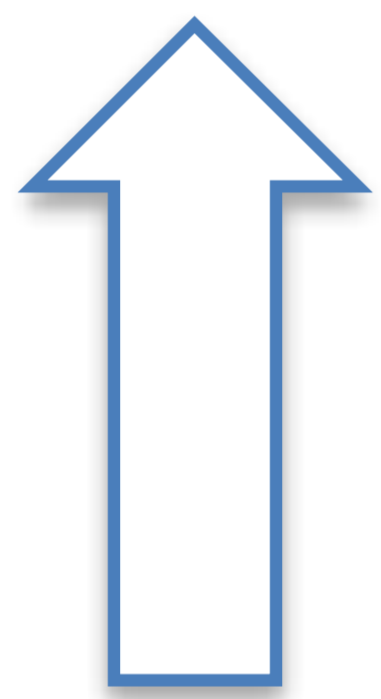


Figura 1.

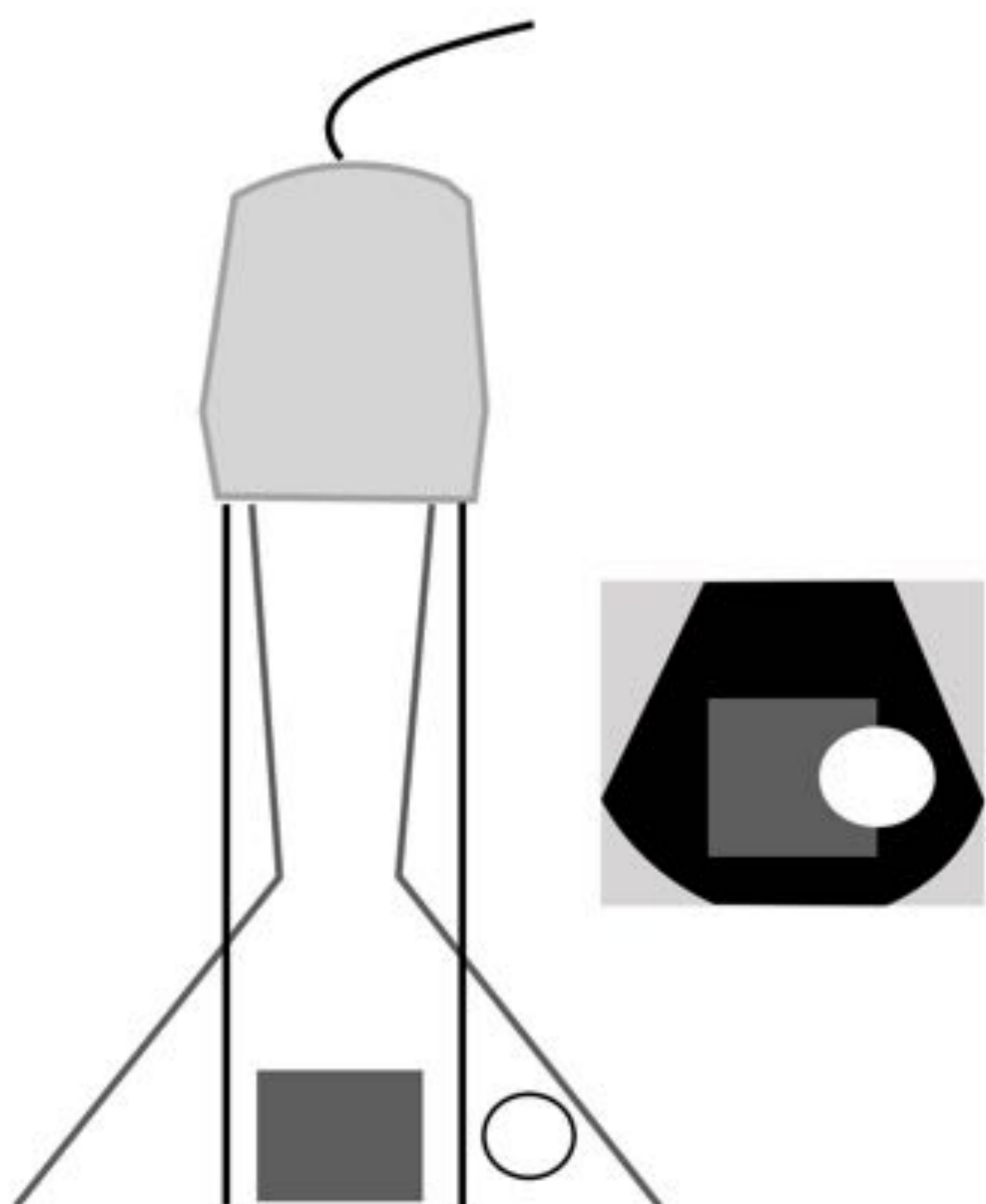
## TIPOS DE ARTEFACTOS

Asociados a las características del haz de US	Asociados a ecos múltiples	Asociados a errores de velocidad	Asociados con errores de atenuación
-ANCHO DE HAZ -HAZ LATERAL	-REVERBERACIÓN -COLA DE COMETA -EN ANILLO -EN ESPEJO	-ARTEFACTO DE VELOCIDAD	-SOMBRA ACÚSTICA -REFUERZO ACÚSTICO



### ARTEFACTOS ASOCIADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL HAZ DE US

#### Artefacto del ancho de haz o grosor de corte



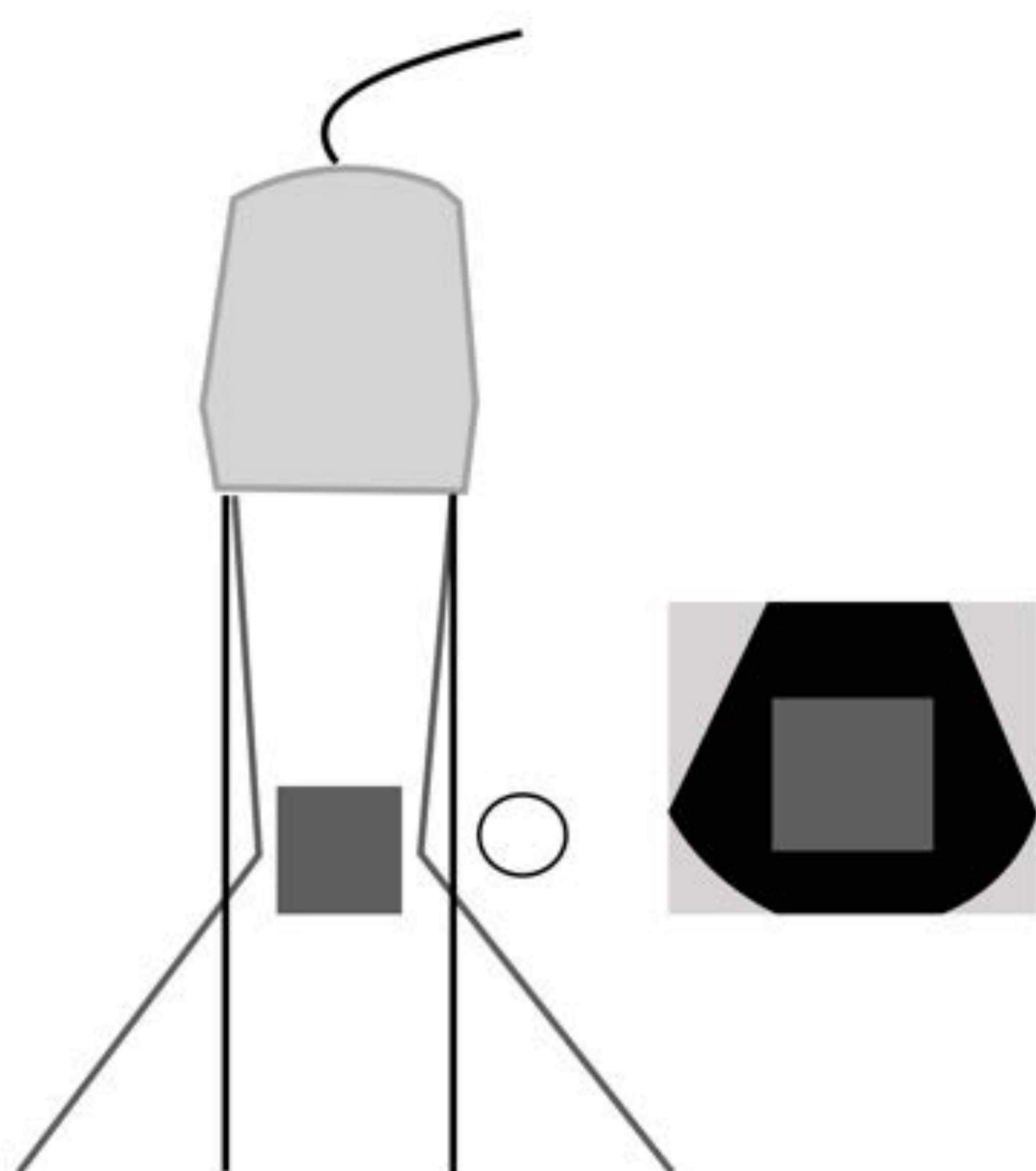
- Estructura reflectante en la periferia del haz principal.
- Aparece superpuesta a la estructura de interés (centro del haz).
- Estructuras anecoicas rodeadas de tejidos altamente reflectantes.
- **Importancia** → se confunde con:
  - Restos hemáticos
  - Barro biliar
  - engrosamiento parietal.

El artefacto de engrosamiento de haz o Una estructura reflectante que se encuentra en la periferia del haz principal, puede aparecer superpuesta a la estructura de interés, que se encuentra en el centro del haz.

Es más común en estructuras anecoicas rodeadas de tejidos altamente reflectantes, como la vesícula biliar o la vejiga.

Su importancia radica en que este artefacto puede simular patología y confundirse con barro, sangre coagulada, engrosamientos parietales, etc..

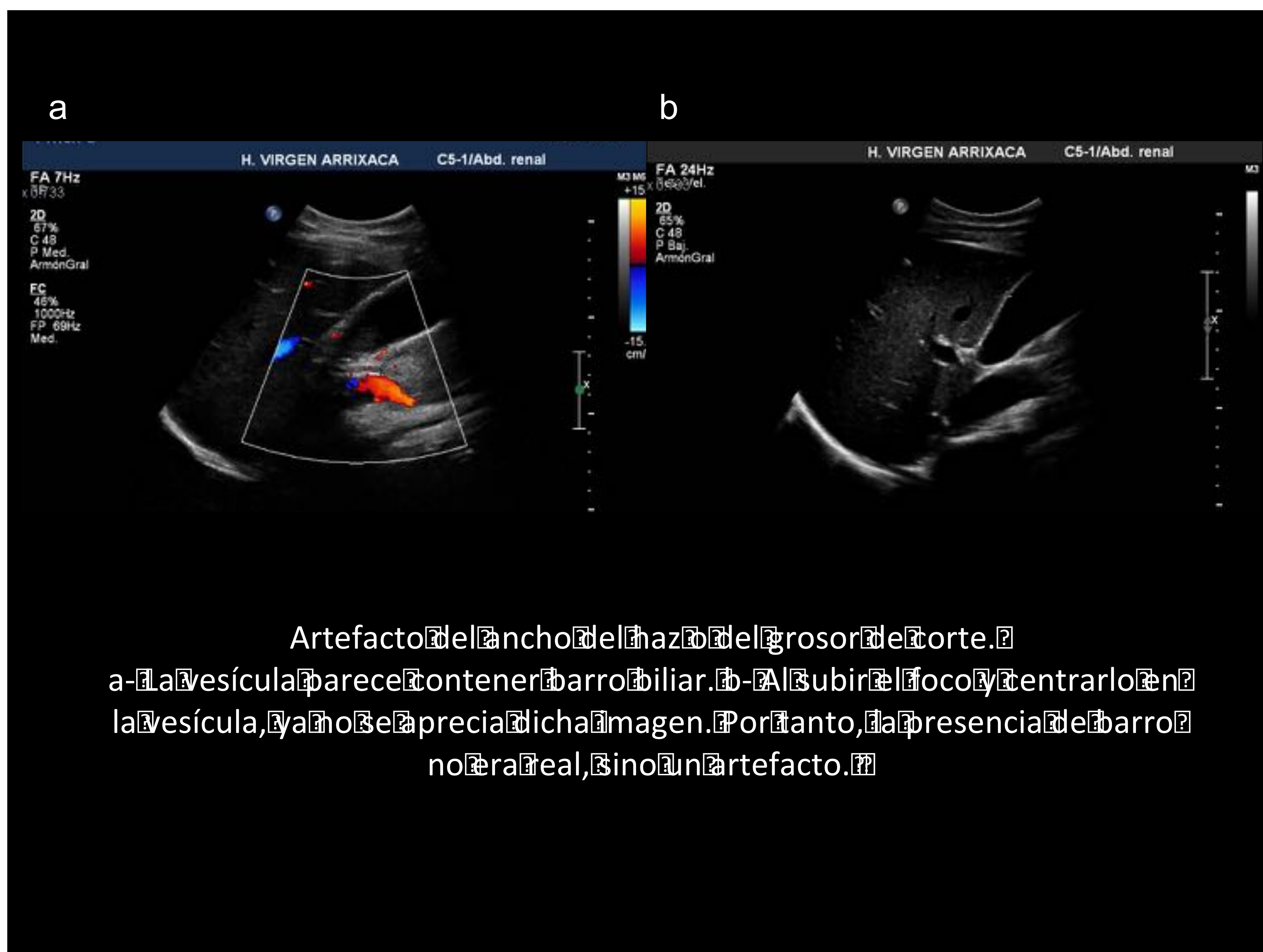
## ¿cómo corregir el artefacto del ancho del haz o grosor de corte?



MEJOR resolución lateral → anchura del haz.

- Ajustar el foco
- Centrar el transductor en el objeto de interés.

Feldman *et al.*, 2009; Taljanovic *et al.*, 2014; Gimber *et al.*, 2016.



## ARTEFACTOS ASOCIADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL HAZ DE US

### Artefacto del haz lateral

- Reflectantes fuertes en la trayectoria del lóbulo lateral.

*Error: eco procede del haz principal*

- Estructura anecoica → ecos erróneos
- Lineales o curvos:
  - Tabiques
  - Sedimento
  - *Gas intestinal proyectado dentro de la vesícula biliar*

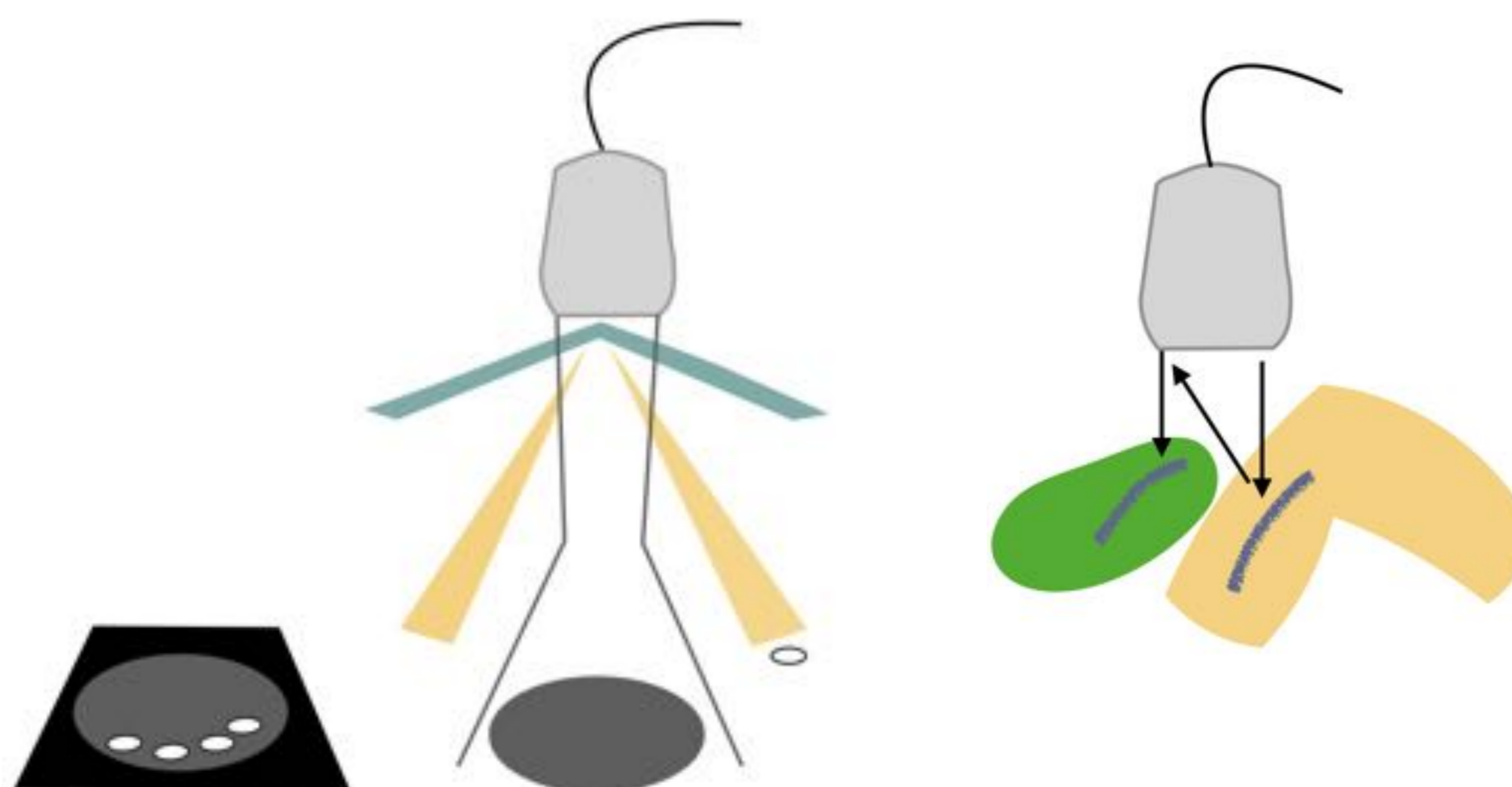
*Corrección:*

Angular el transductor (cambiar la dirección del haz)

- La presencia de reflectantes fuertes en la trayectoria de los haces extraaxiales de baja energía, como el lóbulo lateral, pueden crear ecos detectables por el transductor.
- Estos ecos son interpretados por el transductor como si se originaran dentro del haz de US principal.
- De ese modo, dentro de una estructura anecoica aparecen ecos que no deberían estar ahí.
- Normalmente son lineales o curvos. Ej. Gas intestinal proyectado dentro de la vesícula biliar
- Se puede evitar mediante la angulación del transductor.

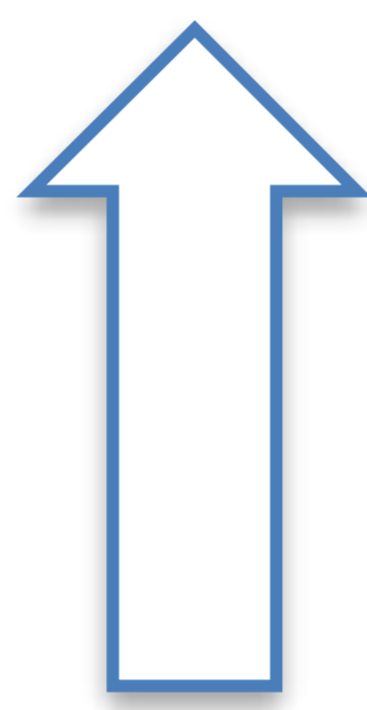
### Artefacto del haz lateral

- Reflectantes fuertes en la trayectoria del lóbulo lateral.



## TIPOS DE ARTEFACTOS

Asociados a las características del haz de US	Asociados a ecos múltiples	Asociados a errores de velocidad	Asociados con errores de atenuación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANCHO DE HAZ</li> <li>- HAZ LATERAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- REVERBERACIÓN</li> <li>- COLA DE COMETA</li> <li>- EN ANILLO</li> <li>- EN ESPEJO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ARTEFACTO DE VELOCIDAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SOMBRA ACÚSTICA</li> <li>- REFUERZO ACÚSTICO</li> </ul>



El ecógrafo asume que los ecos vuelven al transductor después de una sola reflexión y que la profundidad del objeto es directamente proporcional al tiempo que tarda en regresar el haz al transductor.

En presencia de dos estructuras paralelas altamente reflectantes los ecos generados por el haz de US pueden reflejarse repetidamente en ambas superficies antes de volver al transductor.

Este tipo de ecos tardan mucho en regresar a transductor y el procesador los sitúa erróneamente a una mayor distancia del transductor.

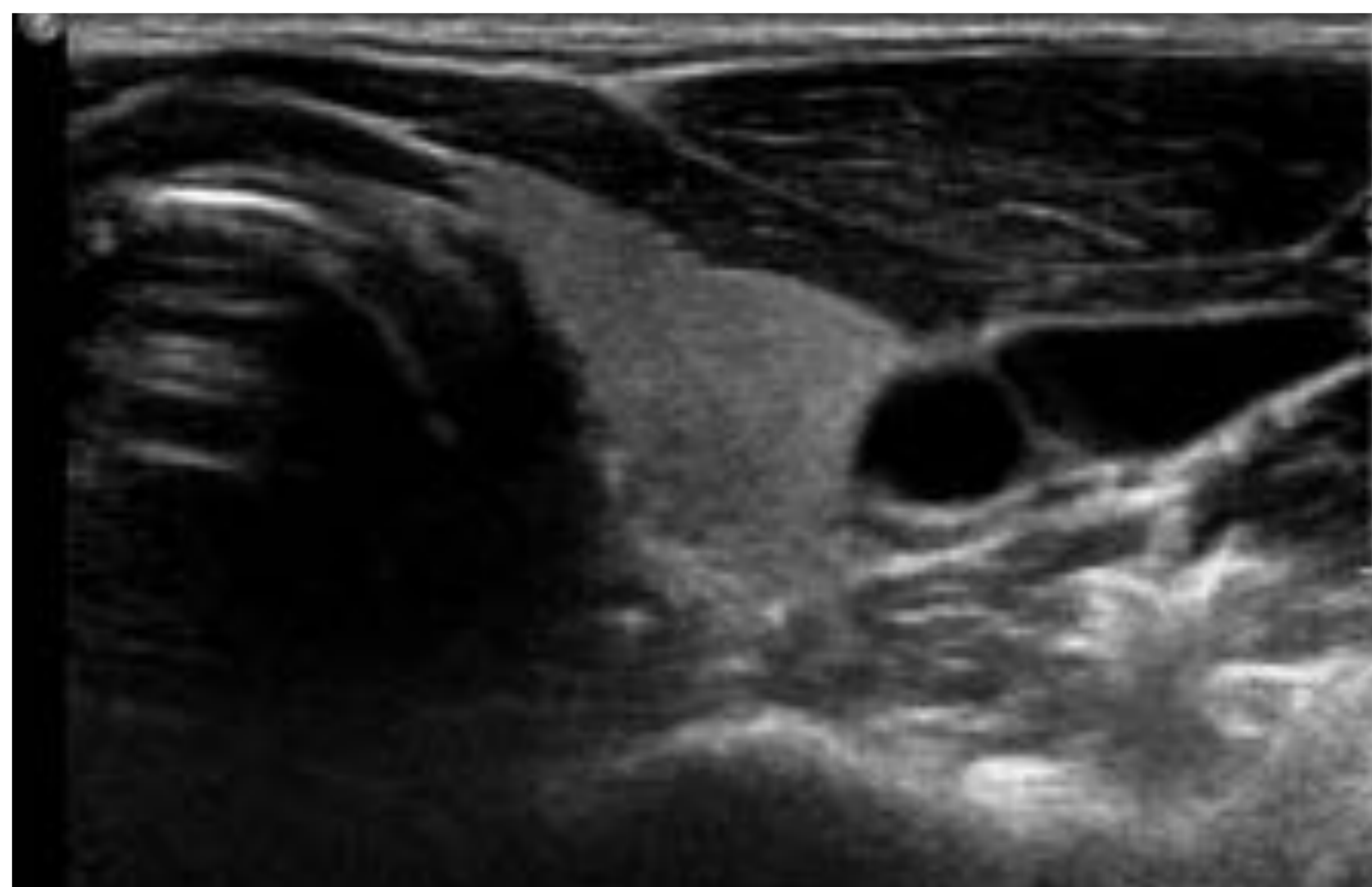
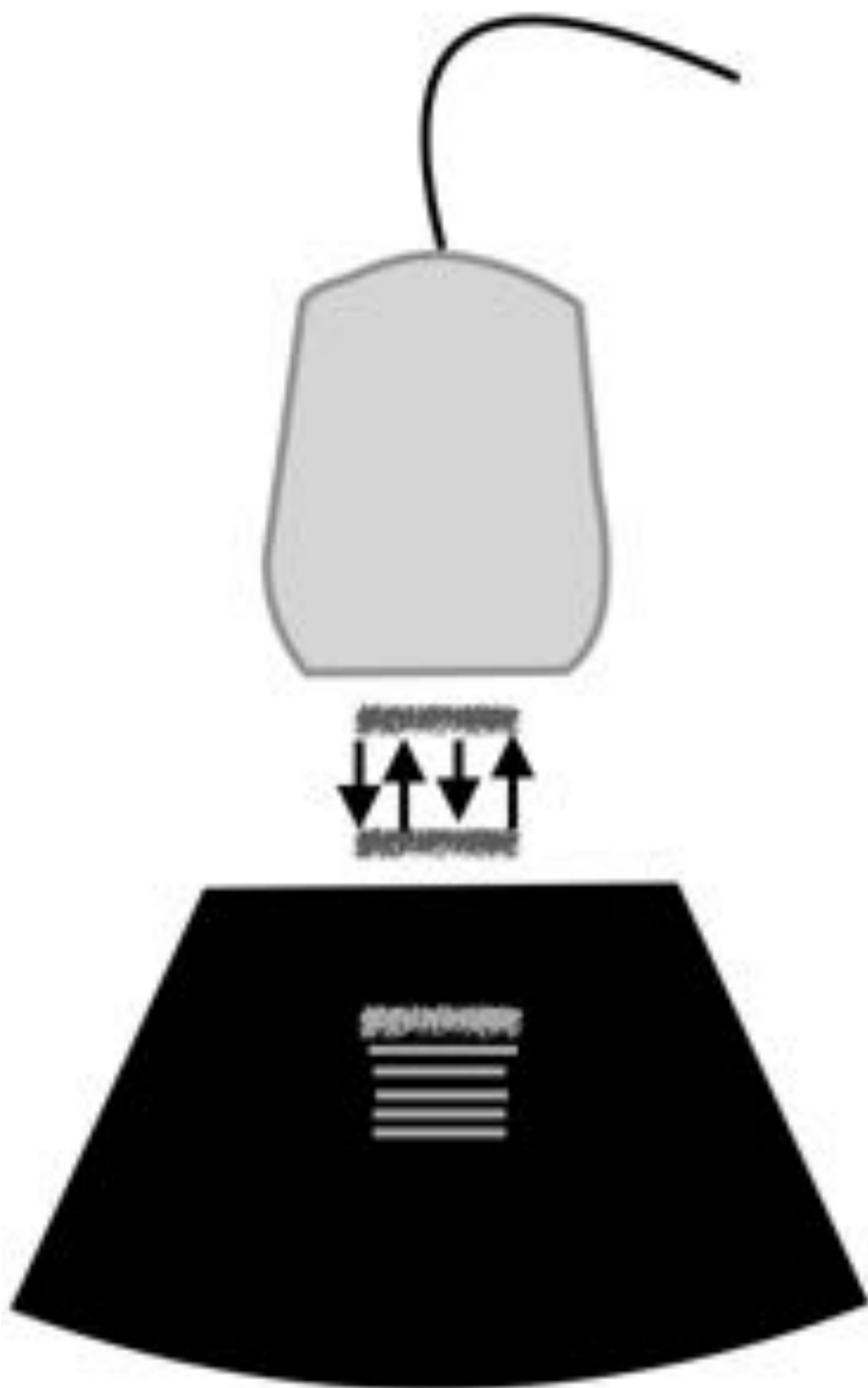
Cuando esto ocurre se representan múltiples imágenes lineales a una distancia constante unos de otros. Esto se denomina **artefacto de reverberación**.

El **artefacto en cola de cometa** es un tipo de artefacto de reverberación, que se produce ante un objeto con dos superficies tan próximas entre sí, que las imágenes lineales se solapan. Además los últimos ecos presentan una amplitud menor debido a la atenuación y por este motivo se muestran de menor anchura, dando la imagen de triángulo invertido o de cola de cometa.

## ARTEFACTO ASOCIADO A MÚLTIPLES ECOS

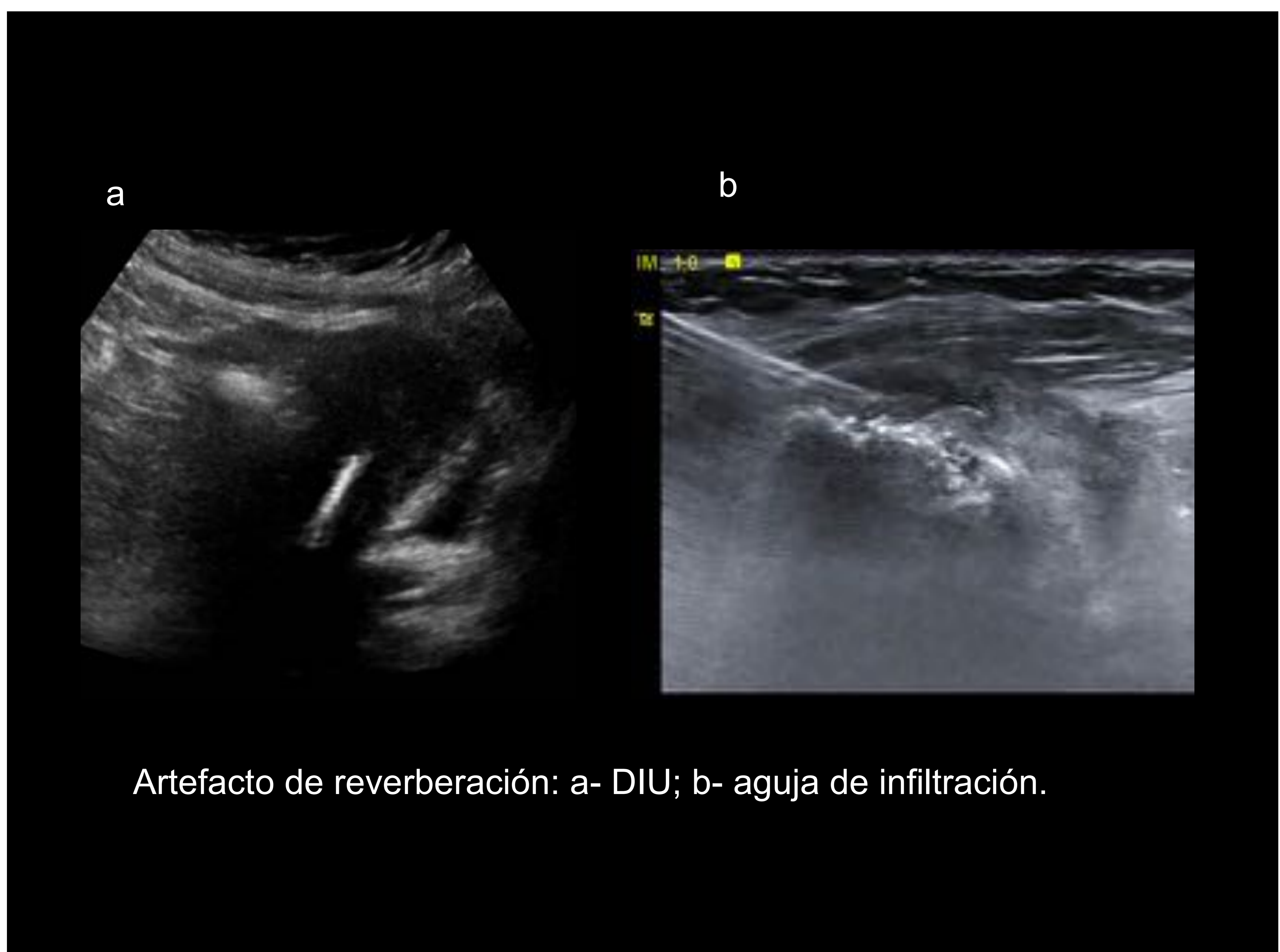
### Artefacto de reverberación

- Dos estructuras paralelas altamente reflectantes
- Ecos se reflejan repetidas veces en ambas superficies antes de retornar al transductor.
- Mejora cambiando el ángulo del transductor (dirección del haz)



Artefacto de reverberación en la tráquea.

Feldman *et al.*, 2009; Taljanovic *et al.*, 2014; Gimber *et al.*, 2016.



Artefacto de reverberación: a- DIU; b- aguja de infiltración.



## Artefacto en cola de cometa:

?

- Superficies paralelas muy próximas??
- Forma triangular, cónica o afilada.??

?

•Ejemplos:?

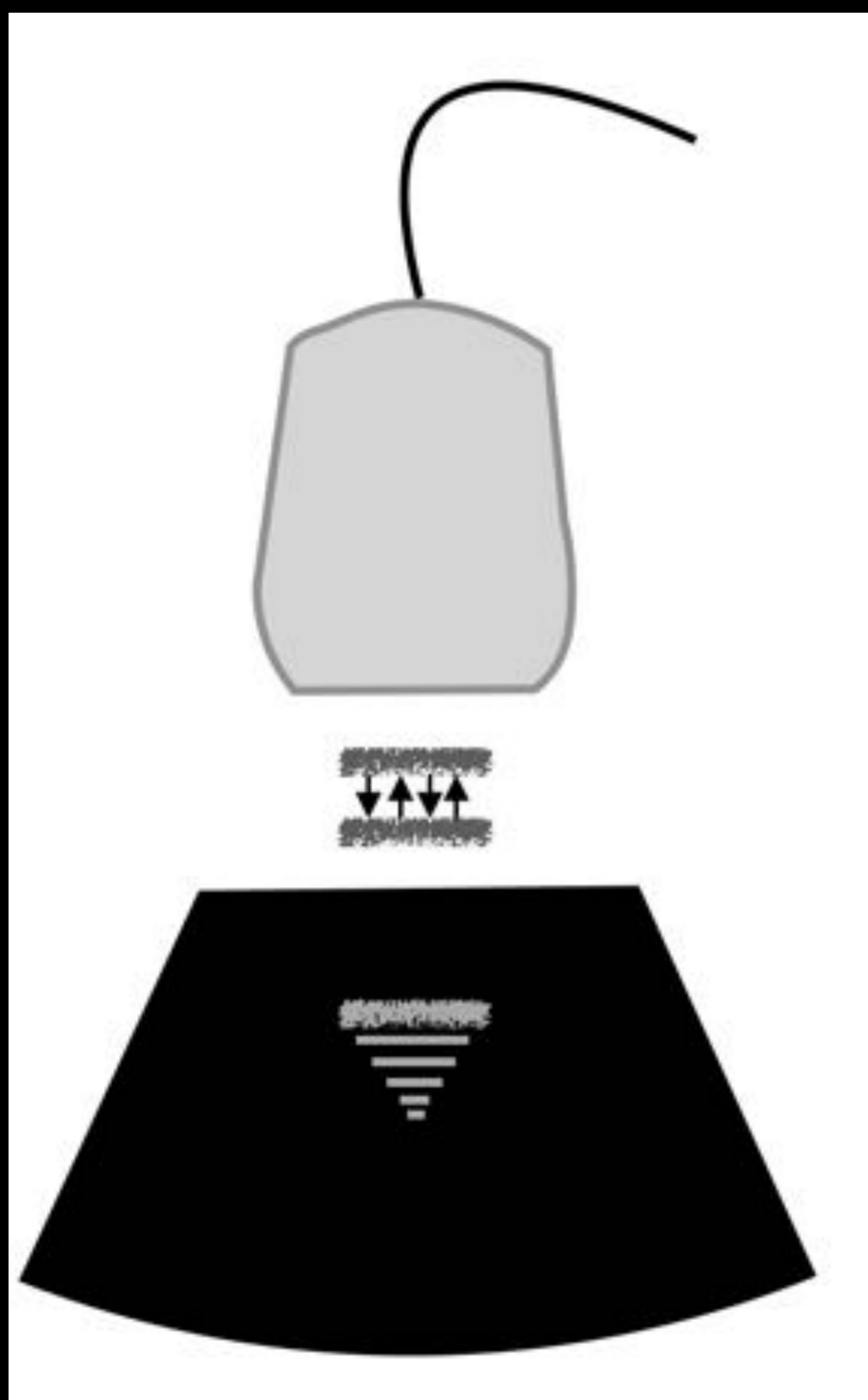
?

- **Adenomiomatosis vesicular?**
- **Cuerpos extraños:** grapas, cristal, metal, detritus...?
- Calcificaciones pancreáticas?
- Microlitiasis testiculares?
- Pequeños cálculos renales o ureterales?
- Nódulos coloides tiroideos?



?

Feldman et al., 2009; Taljanovic et al., 2014; Gimber et al., 2016.



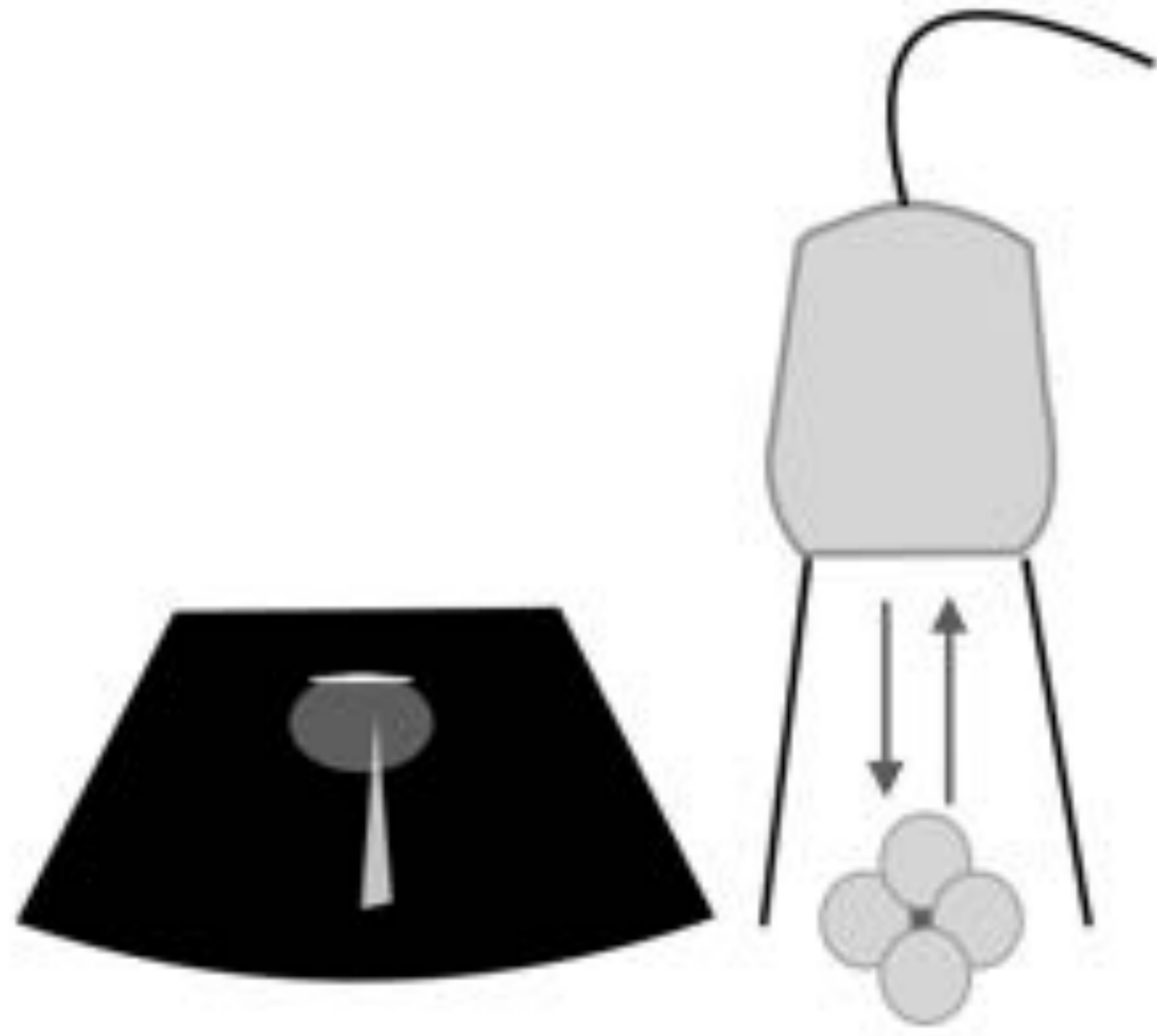
Artefacto en cola de cometa en adenomiomatosis vesicular.

## ARTEFACTO ASOCIADO A MÚLTIPLES ECOS

### Artefacto en anillo de resonancia:

??

- Diferente mecanismo: vibración de resonancia.
- Línea o bandas paralelas surgiendo de una colección de gas.



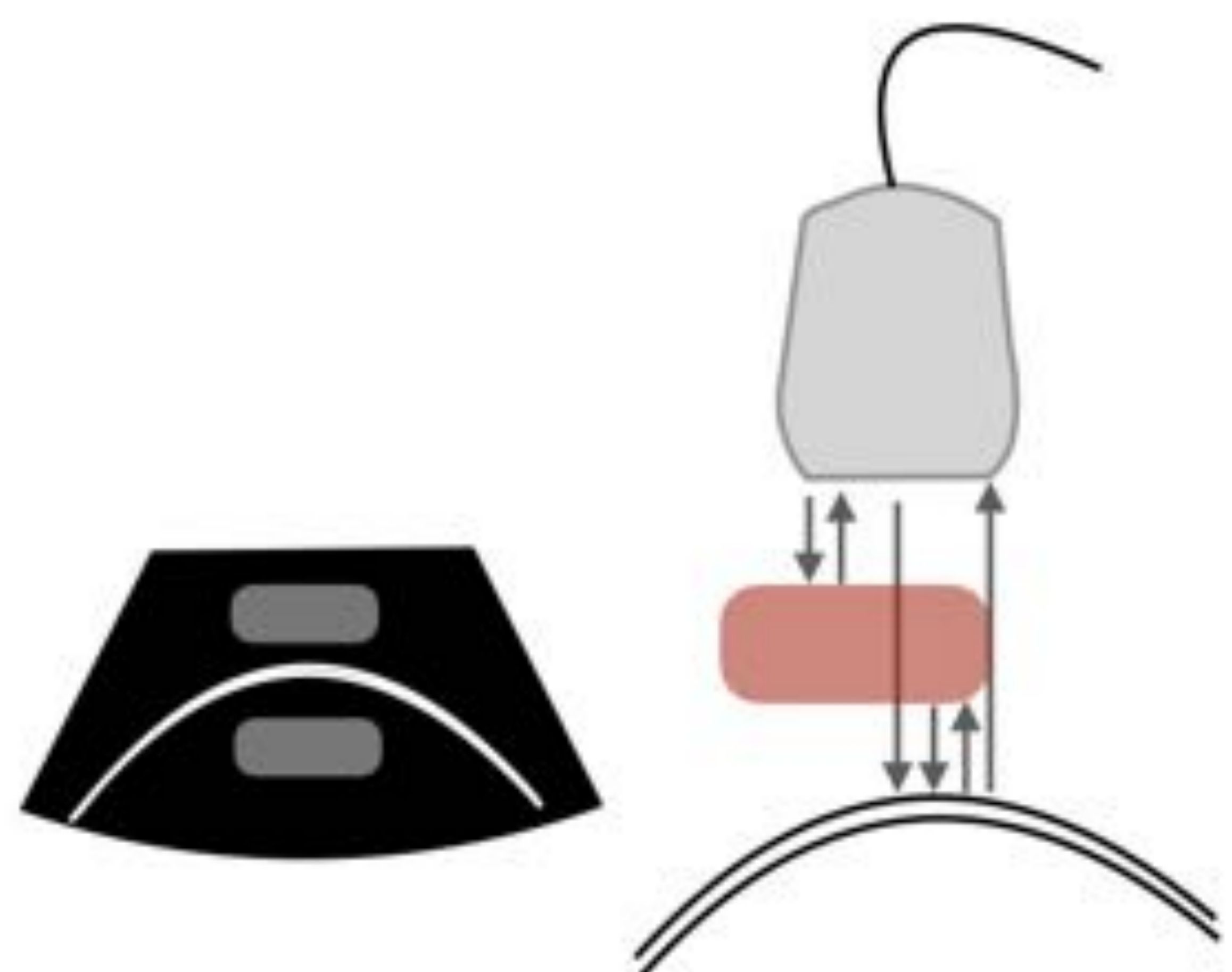
Artefacto en anillo por gas intestinal.

### **Artefacto en anillo o de resonancia:**

Antes se consideraba una variante de la cola de cometa. Pero el mecanismo es diferente. Es el resultado de las vibraciones o resonancia de un fluido atrapado entre varias burbujas de gas, que forman un tetraedro a su alrededor. Se visualiza como una línea o una serie de bandas paralelas surgiendo de una colección de gas.

### Artefacto de la imagen en espejo

- Superficie altamente reflectora
- Otra estructura en la trayectoria del eco.
- Múltiples reflexiones antes de volver.
- Esto se representa como una imagen duplicada equidistante a la superficie de alta reflexión.



## TIPOS DE ARTEFACTOS

Asociados a las características del haz de US	Asociados a ecos múltiples	Asociados a errores de velocidad	Asociados con errores de atenuación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANCHO DE HAZ</li> <li>- HAZ LATERAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- REVERBERACIÓN</li> <li>- COLA DE COMETA</li> <li>- EN ANILLO</li> <li>- EN ESPEJO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ARTEFACTO DE VELOCIDAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SOMBRA ACÚSTICA</li> <li>- REFUERZO ACÚSTICO</li> </ul>



## ARTEFACTOS ASOCIADOS A ERRORES DE VELOCIDAD

- La velocidad del sonido depende:
  - DENSIDAD tisular
  - Propiedades elásticas
- EL PROCESADOR DE US ASUME QUE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN LOS TEJIDOS ES DE 1540m/s.
- En la clínica, la **velocidad** no es constante, siendo directamente proporcional a la **densidad**.

Densidad y velocidad de los US para distintos tejidos		
Material	Densidad	C (m/s)
Aire	1.2	330
Grasa	924	1450
Tejidos blandos	1050	1540
Hueso	1912	4080

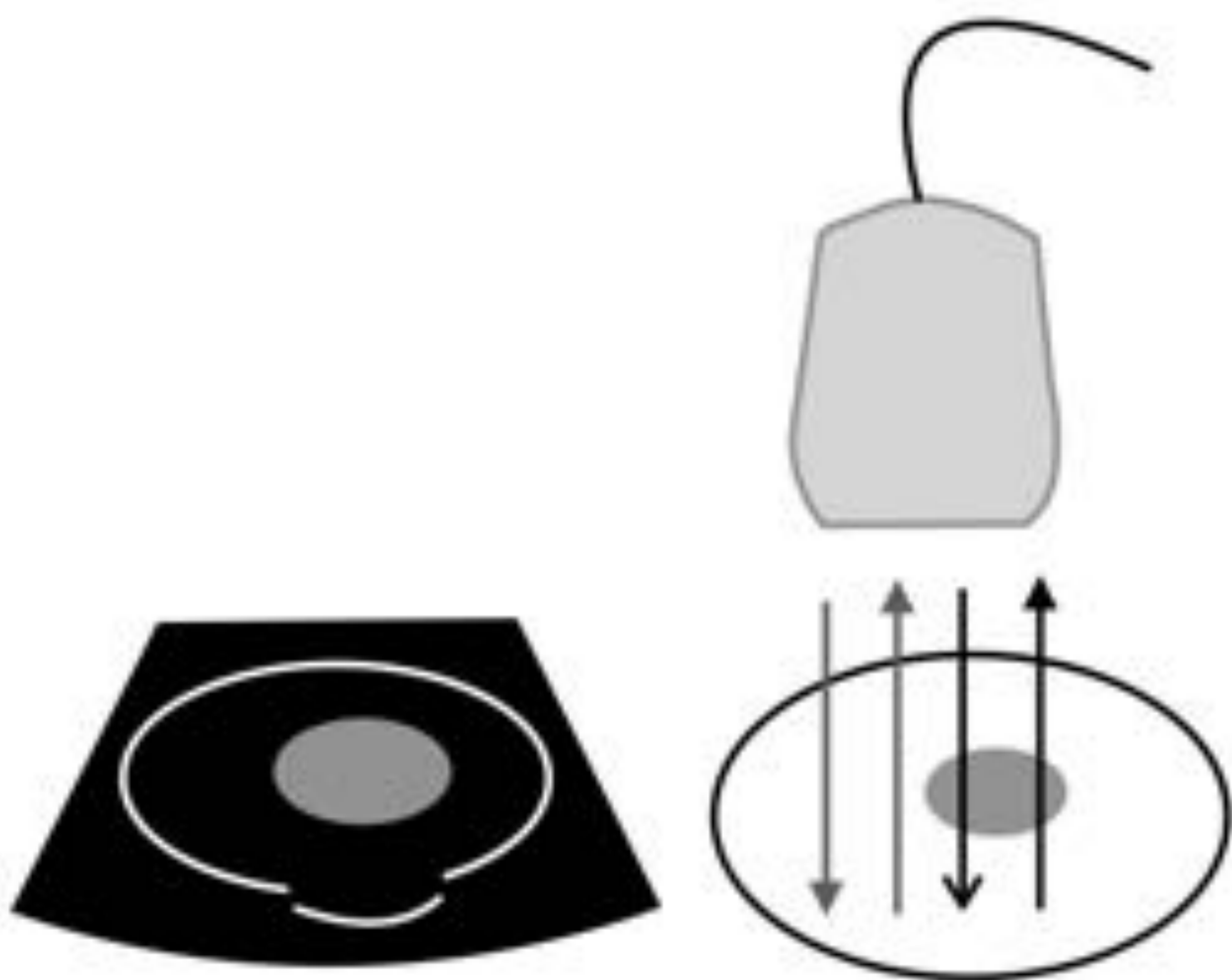
Cuando la velocidad del sonido en un determinado material es inferior a la asumida por el ecógrafo, el eco tardará más tiempo en retornar al transductor. Esa demora es interpretada por el ecógrafo en términos de profundidad, es decir, el ecógrafo interpreta que existe una mayor distancia entre el objeto y el transductor.

Puesto que el ecógrafo asume que la velocidad en todos los tejidos es la misma, aquella onda que tarde más en regresar a consecuencia de su paso por un tejido de menor densidad, será representado más profundamente de lo que realmente está, y viceversa.

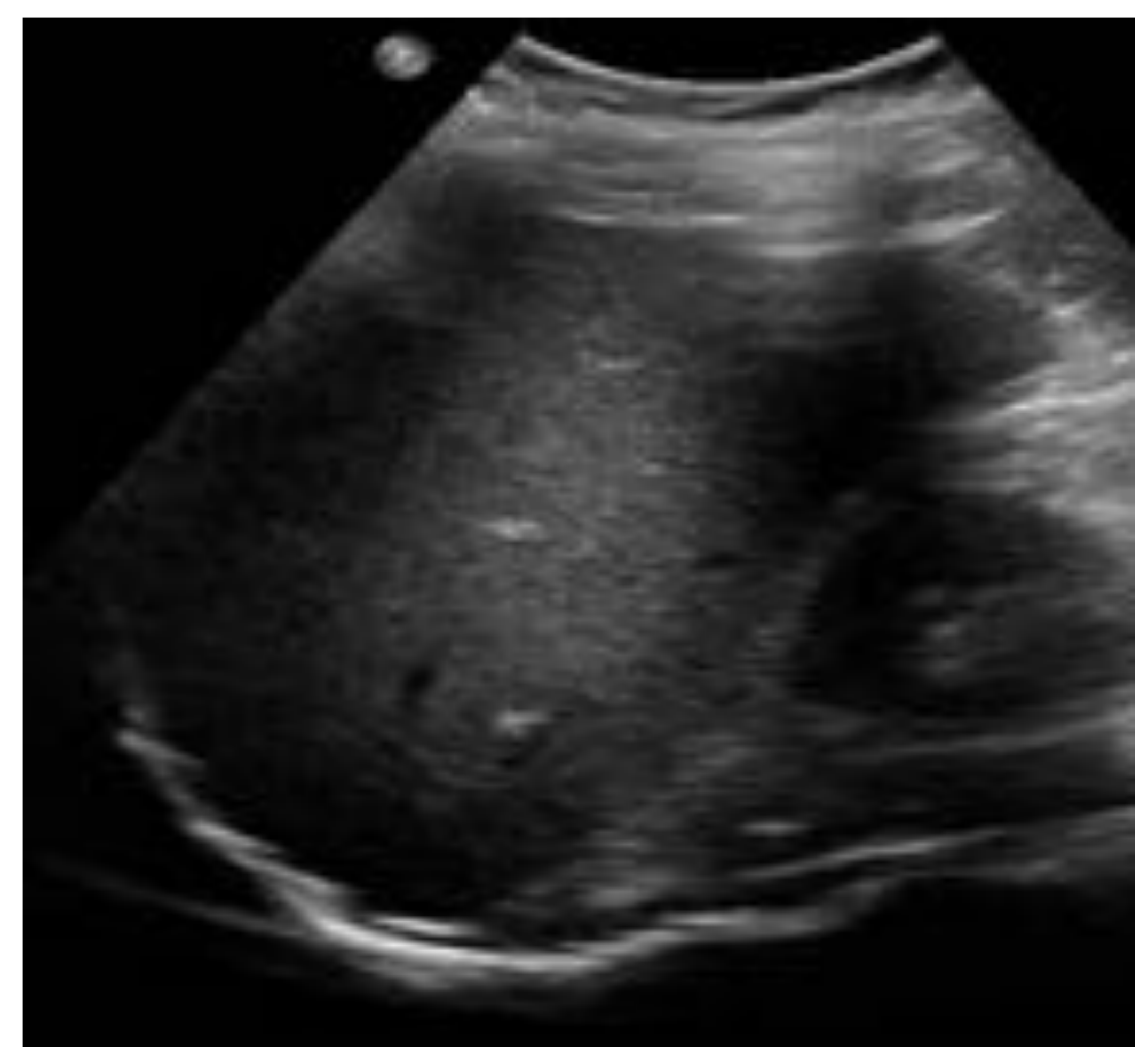
## ARTEFACTOS ASOCIADOS A ERRORES DE VELOCIDAD

### Artefacto de error de velocidad

- Error 1: Velocidad constante.
- Error 2: tiempo empleado DP a la profundidad.



DP: directamente proporcional



La presencia de un foco de grasa en el hígado puede explicar por qué la línea del diafragma aparece de forma discontinua.



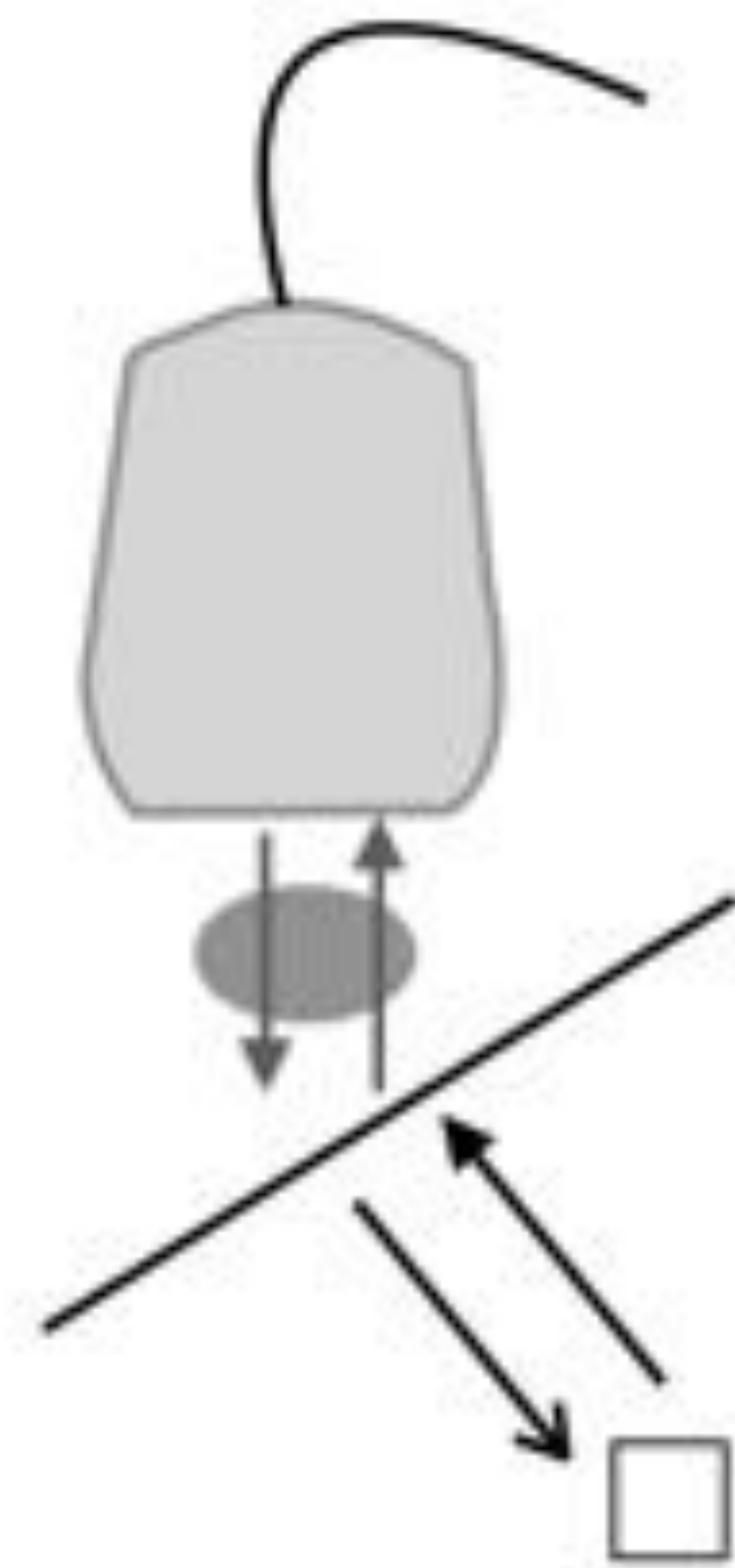
## Artefacto de refracción



- **Velocidad del haz cambia al atravesar dos tejidos adyacentes de diferente densidad y elasticidad.**
- **Interfaz con angulación no perpendicular al haz.**



**Error: US viajan en línea recta a velocidad constante.**



La refracción se produce cuando la velocidad del haz de US cambia al viajar a través de dos tejidos adyacentes de diferente densidad y elasticidad.

Suele ocurrir cuando el haz incide sobre una interfaz con una angulación no perpendicular al haz. El ángulo que adquiere el haz de US refractado depende del ángulo del haz incidente y de la diferencia de velocidad entre los dos medios.

De nuevo el ecógrafo partiría de un concepto erróneo: los haces de US viajan en línea recta. Y representará los ecos refractados como si estuvieran situados en línea recta al transductor.

Se corrige colocando el transductor, de manera que el haz incidente sea perpendicular a la interfaz.



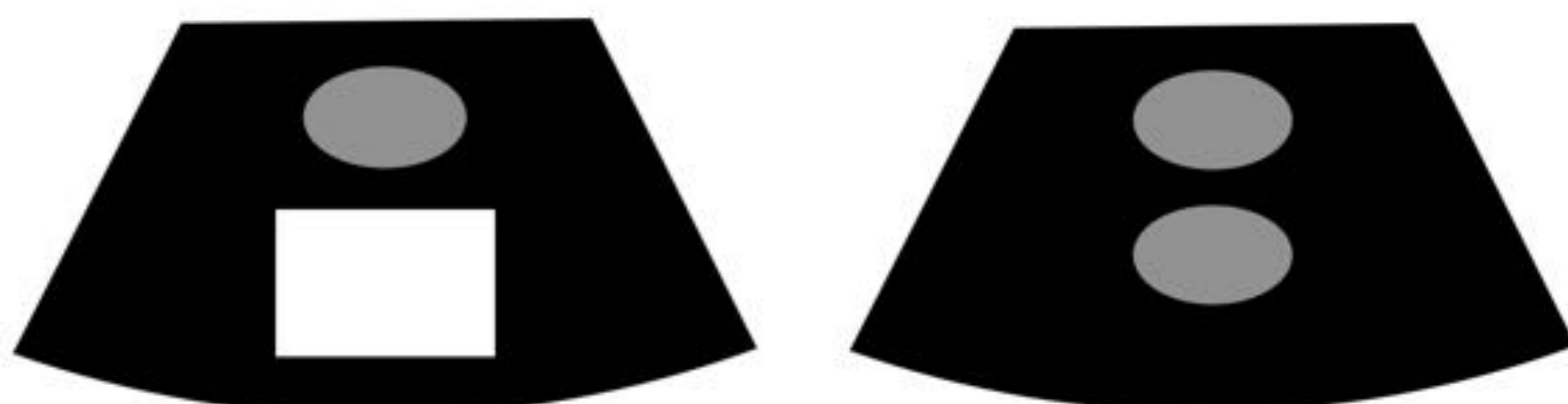
**En la clínica:**

- **Más frecuente en la unión del músculo recto y la línea alba.**
- **Transductor en plano transversal.**

**Imagen:**

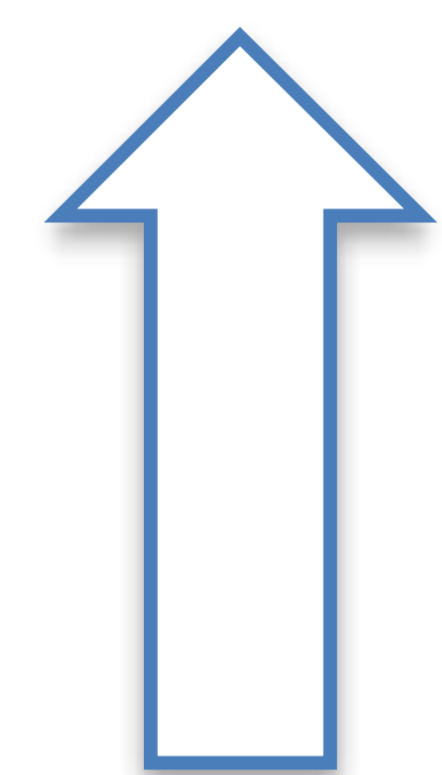
- **Estructuras más anchas de lo que realmente son.**
- **Duplicación de estructuras: Sacos gestacionales...**

**Corrección: haz incidente perpendicular a la interfaz.**



## TIPOS DE ARTEFACTOS

Asociados a las características del haz de US	Asociados a ecos múltiples	Asociados a errores de velocidad	Asociados con errores de atenuación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANCHO DE HAZ</li> <li>- HAZ LATERAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- REVERBERACIÓN</li> <li>- COLA DE COMETA</li> <li>- EN ANILLO</li> <li>- EN ESPEJO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ARTEFACTO DE VELOCIDAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SOMBRA ACÚSTICA</li> <li>- REFUERZO ACÚSTICO</li> </ul>



### ARTEFACTOS ASOCIADOS A ERRORES DE ATENUACIÓN

- **Atenuación:** disminución de la energía a través de los tejidos (absorción, dispersión, reflexión y refracción)
- Depende de **tipo de tejido** y de la **frecuencia** de los US.
- Corregir:
  - Sonda adecuada (Hz)
  - **Compensación de ganancia en el tiempo (CGT)**
  - **Ganancia global** → brillo de toda la imagen.

Mientras un US viaja a través del cuerpo, su energía irá disminuyendo secundariamente a la absorción y la dispersión. Un eco que viaja una gran distancia será atenuado más que un eco de similar energía que viaje una corta distancia.

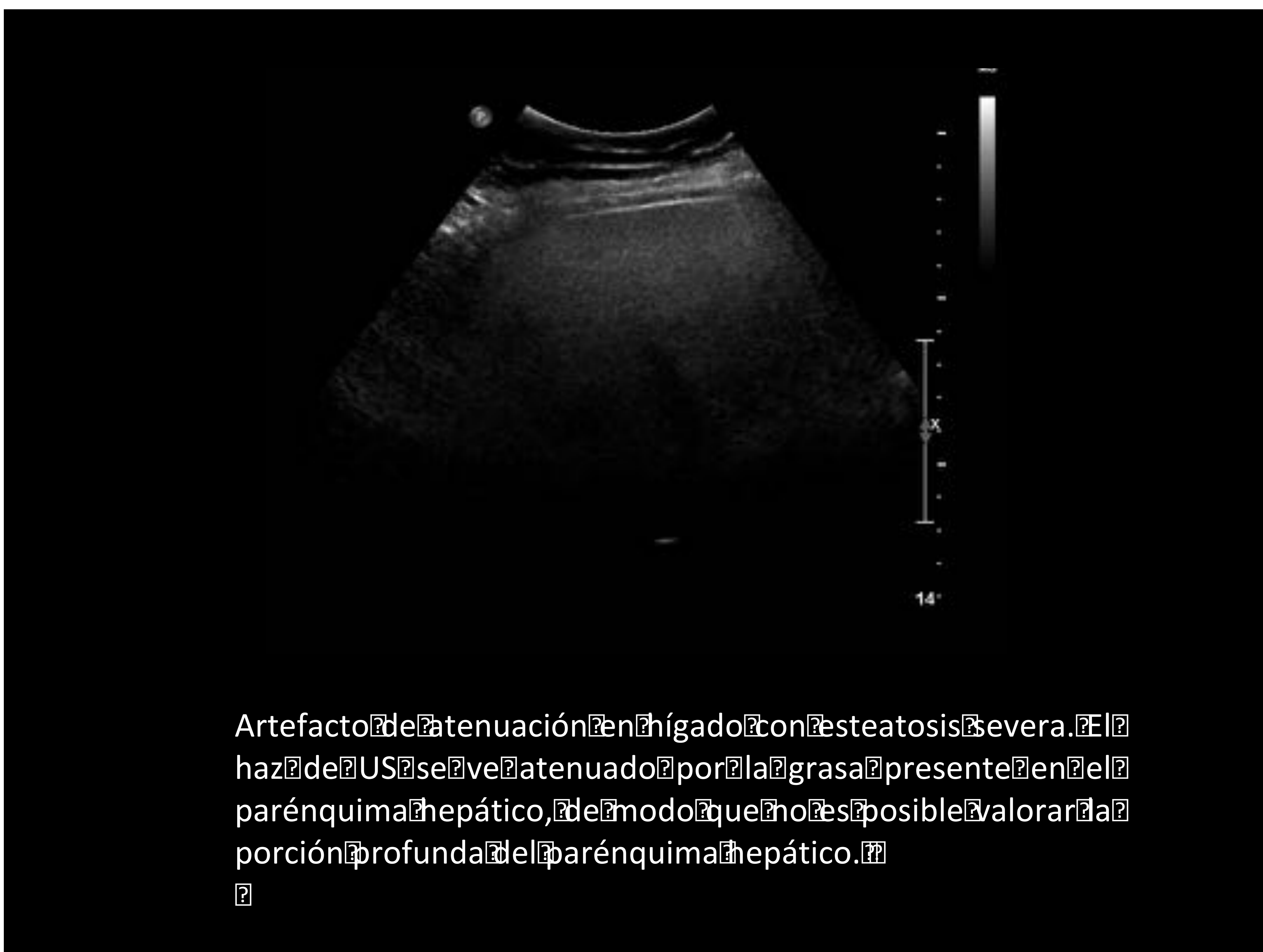
El procesado de los US incluye la amplificación compensatoria de los ecos (ganancia) que tardan más en retornar al transductor. El procesado de los US incluye la amplificación compensatoria de los ecos que tardan más en retornar al transductor. Es lo que se conoce como compensación de ganancia en el tiempo (CGT). Esta magnitud se expresa a la izquierda de la pantalla, como una línea vertical que se curva hacia la derecha, si aumenta la ganancia en las partes profundas de la imagen. Puede ajustarse de forma manual. También existe la ganancia global, que afecta al brillo de toda la imagen.

En este proceso, los ecos que vuelven más tarde, son amplificados más que los que tardan menos en regresar. Esto es útil para mostrar una imagen más uniforme en la zona profunda de la imagen.

El coeficiente de atenuación expresa la pérdida de intensidad de los US según la distancia recorrida en cada medio.

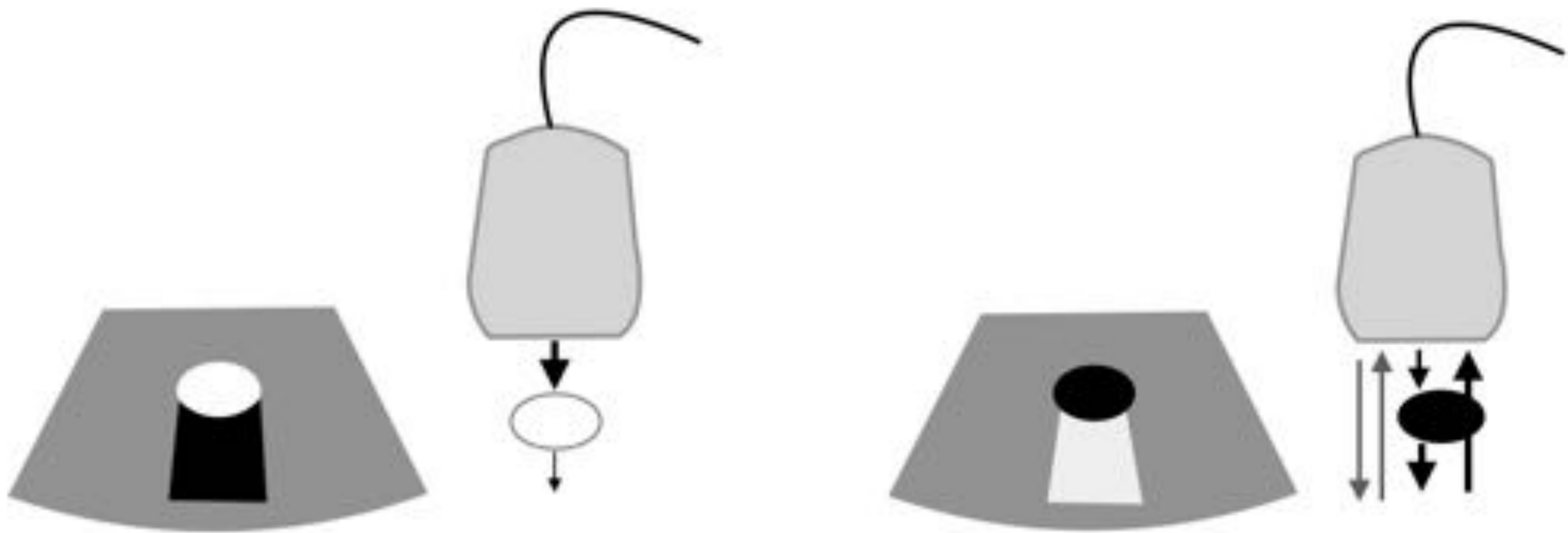
- Atenuación: disminución de la energía de un haz de US mientras viaja a través de los tejidos, a consecuencia de la absorción, la dispersión, la reflexión y la refracción. Depende de tipo de tejido y de la frecuencia de los US.

Feldman *et al.*, 2009; Taljanovic *et al.*, 2014; Gimber *et al.*, 2016.

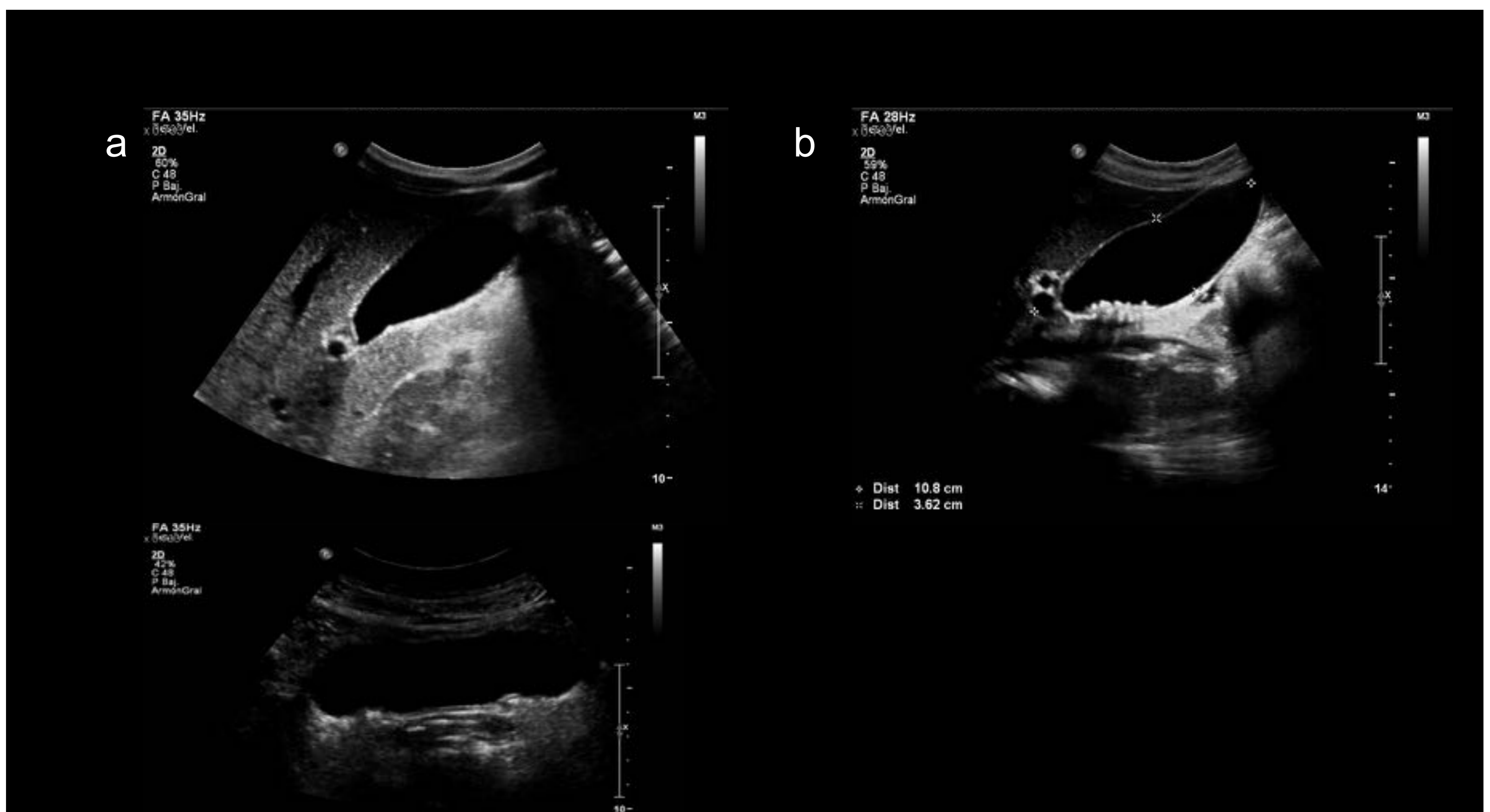


## ARTEFACTOS ASOCIADOS A ERRORES DE ATENUACIÓN

SOMBRA ACÚSTICA	REFUERZO ACÚSTICO
Estructura altamente atenuante	Estructura poco atenuante
Grasa, litiasis, gas, hueso...	Quistes, estructuras líquidas...
Disminución de la intensidad del sonido	Aumento de la intensidad del sonido
Banda negra posterior a dicha estructura	Banda hiperecogénica
	Algunas estructuras sólidas con celularidad homogénea



Feldman *et al.*, 2009; Taljanovic *et al.*, 2014; Gimber *et al.*, 2016.



Artefactos de atenuación.

a- Refuerzo posterior en la vesícula y la vejiga.

b- Sombra acústica por microlitiasis y refuerzo acústico posterior habitual en la vesícula.



## REFERENCIAS

1. Gimber LH, Melville DM, Klauser AS, Witte RS, Arif-Tiwari H, Taljanovic MS. Artifacts at Musculoskeletal US: Resident and Fellow Education Feature. RadioGraphics. 2016;36(2):479-80. doi:10.1148/rg.2016150200
2. Taljanovic MS, Melville DM, Scalcione LR, Gimber LH, Lorenz EJ, Witte RS. Artifacts in musculoskeletal ultrasonography. Semin Musculoskelet Radiol. 2014;18(1):3-11. doi:10.1055/s-0034-1365830
3. Feldman MK, Katyal S, Blackwood MS. US artifacts. RadioGraphics. 2009;29(4):1179-89. doi:10.1148/rg.294085199