

ECOGRAFIA DIAGNÒSTICA

Miguel Alcaraz Baños

El rango normal de audición humana esa aproximadamente entre los **20 y los 20.000 Hz**. El **Hertzio (Hz)** es una unidad de frecuencia: 1 Hertzio = 1 oscilación por segundo o ciclo por segundo (cps). En ese rango de frecuencias, las variaciones de presión en el aire detectadas por el oído humano se conocen como **sonido audible**.

El ultrasonido (US) es cualquier sonido con la frecuencia más alta (**> 20.000 Hz**) , y que por lo tanto no puede oírse. Los sonidos más bajos de 20 Hz, se denominan infrasonidos, y tampoco pueden oírse con el oído humano.

Los hermanos Curie fueron los primeros en describir el efecto piezoeléctrico, y que resulta fundamental para la utilización diagnóstica de los ultrasonidos. *Piezo* es una palabra griega que significa presionar; el concepto piezoeléctrico describe el fenómeno de polarización de algunas sustancias bajo el efecto de la presión. Este efecto piezoeléctrico constituye el principio físico fundamental de todos los ultrasonidos médicos.

NATURALEZA DE LOS ULTRASONIDOS

El ultrasonido es una **onda longitudinal**.

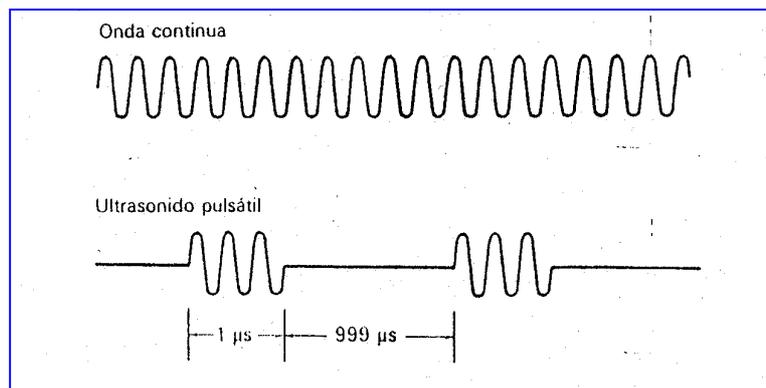
La radiación electromagnética es similar a una ola de agua, y en ese sentido se dice que tiene una naturaleza transversal. Cuando una ola corre sobre la superficie de un estanque, las moléculas individuales de agua permanecen esencialmente en la misma posición. Conforme pasa la ola, esas moléculas se desplazan, pero sólo hacia arriba y hacia abajo. Así pues, las moléculas se desplazan un una dirección perpendicular o transversal a la dirección de la onda.

Por el contrario, el US es una onda longitudinal. Cuando se genera un sonido, por ejemplo en el altavoz de alta fidelidad (Fig.1), las moléculas de aire son comprimidas y descomprimidas (rarificadas) alternativamente por la acción mecánica del cono y de la membrana del altavoz. El sonido es transmitido desde al altavoz hasta el oyente por las moléculas de aire, pero las moléculas de aire no recorren esa distancia. Este movimiento de avance y retroceso de las moléculas de aire se hace en la dirección de las ondas sonoras, por lo que esas ondas se denominan longitudinales.

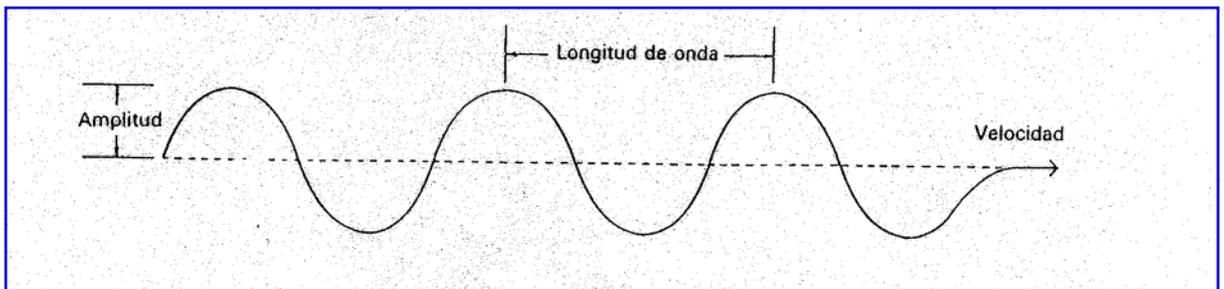
A diferencia de los rayos X que pueden viajar en el vacío, las ondas sonoras necesitan un medio para transmitirse. La transmisión del sonido exige la presencia de materia.

En medicina diagnóstica se usan dos tipos de ultrasonidos: de onda **continua** y de onda **pulsátil**: en el primero, durante la emisión de la onda continua el dispositivo generador de US, el transductor, vibra de forma continua, es el método

utilizado en exámenes del corazón fetal y del flujo sanguíneo por el método Doppler; en el segundo, se utiliza la técnica del pulso-eco: se emite un pulso de ultrasonidos y la onda reflejada, el eco, la recibe el mismo transductor después de un corto periodo de tiempo. En esta última modalidad el frontal del transductor vibra rápidamente sólo unos ciclos, por lo general de 3 a 5, y permanece después en reposo durante un periodo más largo antes de emitir el impulso siguiente. El US pulsátil es el más utilizado en Medicina.



La representación en forma de onda del US es similar a la de los rayos X, con las excepciones de que la **velocidad es variable** y depende del medio en el que se transmita; y, la **amplitud es proporcional** a la intensidad con la que se genere el US.



Por lo general, cuanto mayor sea la densidad del tejido, mayor será la velocidad del sonido. En la tabla adjunta se muestran diversas sustancias con interés médico. Puede verse que la velocidad en el hueso es dos veces mayor que en los tejidos blandos. Por el contrario, la velocidad en el aire es cinco veces menor que la velocidad del sonido en los tejidos blandos. Ello va a determinar los dos grandes problemas para la utilización médica de los US: no podrán estudiarse con US las zonas anatómicas que presenten gran cantidad de aire, o tengan gran cantidad de hueso. Por ello, los estudios del tórax están muy limitados para la utilización de US, al igual que ocurre con el estudio del cerebro adulto por su

continente rico en hueso del cráneo. La velocidad del US no depende de la frecuencia, sino que esta determinada por el medio en el que se transmite.

Velocidad del US en materiales de interés en Medicina.

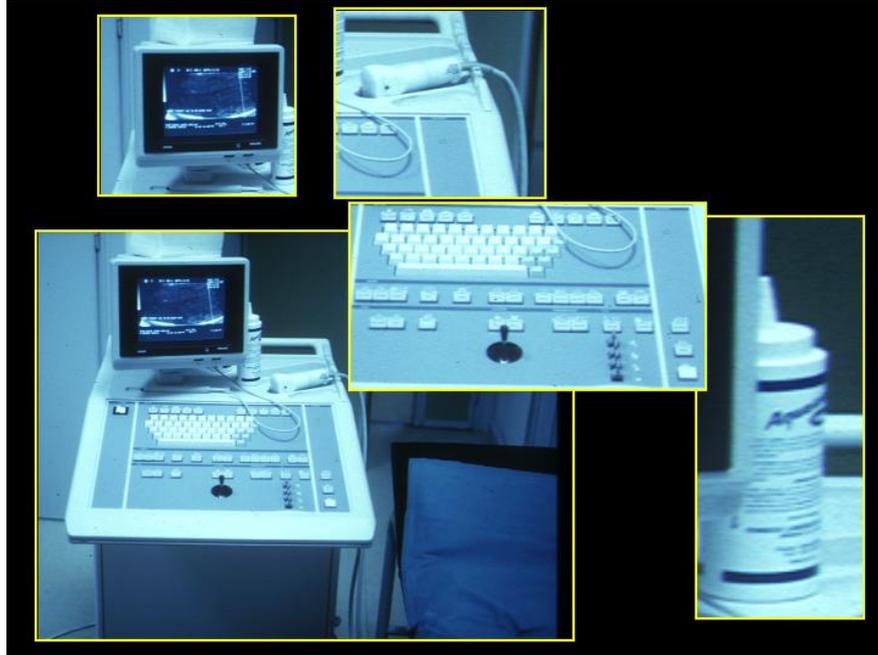
Material	Velocidad (m/s)
Aire	348
Aluminio	2.700
Berilio	12.890
Sangre	1.570
Hueso	3.360
Grasa	1.500
Hígado	1.550
Músculo	1.580
Aceite	1.500
Polietileno	920
Tejido blando	1.540
Agua	1.480

Al igual que ocurría con las radiaciones electromagnéticas, la **frecuencia** y la **longitud de onda** son **inversamente proporcionales**: al aumentar la frecuencia del US, disminuye la longitud de onda. El US de alta frecuencia (baja longitud de onda, o de onda corta) proporciona mejor resolución espacial, pero tiene menos capacidad de penetración. Así, los transductores de alta frecuencia, hasta **15 MHz**, se emplean para exámenes ecográficos de estructuras superficiales y pequeñas, como por ejemplo el ojo. Los transductores de frecuencia más baja, alrededor de **2'5 MHz**, se emplean en exámenes ecográficos abdominales.

Otra característica del US en medicina es que esta diseñado para ser altamente colimado y direccional, por lo que puede dar mejores imágenes. En general se considera que conforme aumenta la frecuencia del US, se reduce su dispersión desde la fuente productora y da mejores imágenes. Ocurre algo similar a los altavoces de alta fidelidad.

Se considera que al aumentar la frecuencia del US ocurre:

1. mejora la capacidad para distinguir objetos pequeños en la imagen
2. disminuye la penetración del haz ultrasónico en el órgano explorado
3. el haz se hace más colimado y direccional



TRANSDUCTORES ULTRASONICOS

Un transductor es un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. El transductor ultrasónico convierte energía eléctrica en energía ultrasónica y energía ultrasónica en energía eléctrica.

Los transductores utilizados para los sonidos audibles son sencillamente los altavoces y los micrófonos.

Los transductores para sonidos ultrasónicos no tienen un nombre propio especial. El funcionamiento del transductor ultrasónico se basa en el efecto piezoeléctrico (Fig.2):

Cuando un material cristalino apropiado (cuarzo) es sometido a estimulación eléctrica, el cristal se expande a lo largo de su eje corto. Si la polaridad eléctrica se invierte, el cristal se contrae. Si la señal oscila a una frecuencia muy alta, el cristal se expandirá y se contraerá alternativamente a la misma frecuencia. En esa situación la cara del cristal se comporta como el cono de un altavoz de alta fidelidad, y ese movimiento mecánico produce un US con la misma frecuencia que la señal eléctrica aplicada.

En definitiva, un transductor ultrasónico convierte la señal eléctrica en movimiento mecánico y el movimiento mecánico en ultrasonido. Pero además también es posible el camino inverso que sirve para la detección de las ondas ultrasónicas: cuando un US reflejado choca contra el material cristalino (cuarzo) le

transfiere la energía de compresión y expansión del cristal, y esto causa una señal eléctrica oscilante que detecta el aparato y ayuda a formar la imagen.

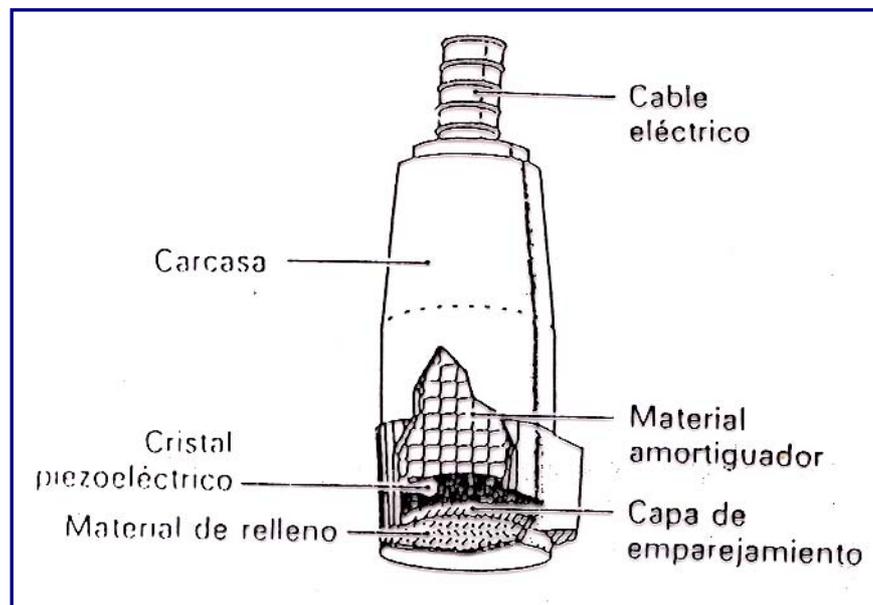
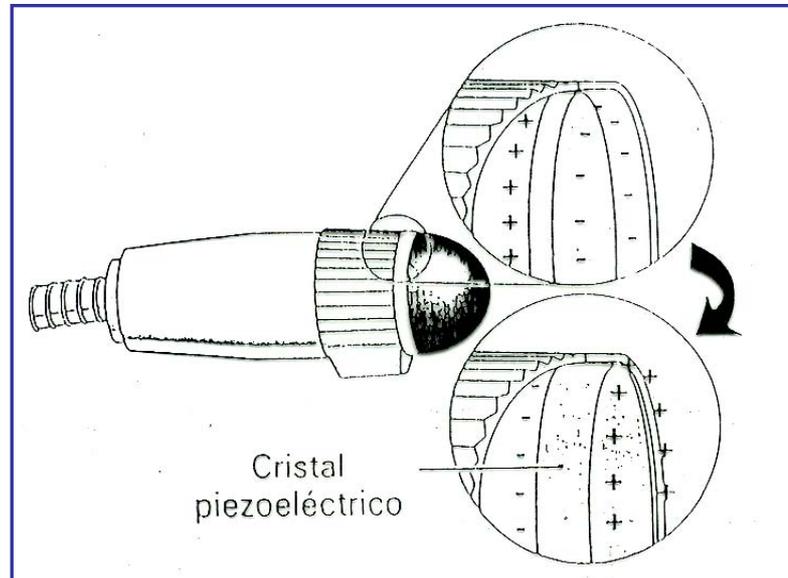


Fig.2

Efecto piezoeléctrico: Componentes de un transductor

El elemento activo del transductor es el **CRISTAL PIEZOELECTRICO**, que generalmente es de titanato circonato de plomo (PZT). También se han utilizado el cuarzo, circonato de plomo y bario, titanato de plomo y bario y sulfato de litio.

La forma del cristal controla el foco del haz ultrasónico, cuando tiene una cara plana se produce un haz ancho, con una cara del transductor cóncava, el haz se localiza más.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

En la actualidad se dispone de diferentes modos de utilización de la ecografía diagnóstica, y cada uno tiene una aplicación especial o diferente. Con todo, en estos momentos, el modo B es el más utilizado sobre todo en ecografía abdominal. Todos los US, menos el Doppler, emplean técnicas de pulso - eco (envío y recogida).

VISUALIZACION EN MODO A (AMPLITUD)

La ecografía en modo A emplea uno o dos transductores. Si utiliza dos transductores, uno se utiliza para transmitir y el otro para recibir los ecos. En el modo de un transductor, éste se encarga de transmitir y recibir. Fue la primera que se utilizó, pero en estos momentos muy rara vez se utiliza

VISUALIZACION EN MODO B (BRILLO)

El transductor puede moverse linealmente sobre el paciente para proporcionar un campo de visión rectangular, se puede angular para proporcionar un campo de visión sectorial y también puede utilizarse una combinación de ambos métodos.

VISUALIZACION EN MODO M (TM)

Son las siglas de tiempo-movimiento. Cualquier movimiento de una estructura producirá una imagen que ondulada que se acerca o se aleja del origen emisor de US

ECOGRAFIA DOPPLER

Si la fuente de luz se acerca, la luz recibida tendrá una longitud de onda más corta (mayor frecuencia) que la emitida. Por otra parte, si la fuente de luz se aleja o se separa, la luz recibida tendrá una frecuencia más baja que la emitida

Un ejemplo próximo al sonido del efecto Doppler es el paso de un tren. El sonido del silbato del tren parece más alto, más agudo (frecuencia alta, o longitud de onda corta) cuando el tren se aproxima al observador. Una vez que el tren ha pasado, el tono experimenta un cambio hacia una nota más baja, más grave o de menor frecuencia. Con esta variación se puede establecer el flujo sanguíneo y una imagen de él.

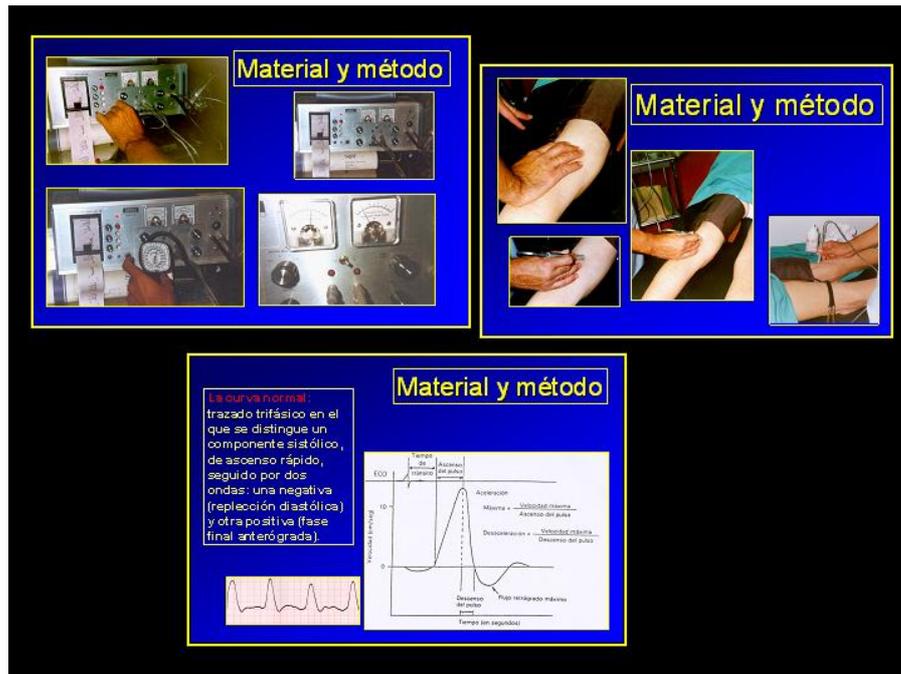


IMAGEN EN TIEMPO REAL

La imagen en tiempo real proporciona una imagen dinámica. Representa con respecto al modo B lo mismo que la fluoroscopia respecto a la radiografía. La imagen dinámica puede almacenarse en video para verse posteriormente, o pueden obtenerse fotos fijas.

Existen tres tipos de ecógrafos en tiempo real:

a). Ecógrafos mecánicos:

utilizan un baño de agua para obtener un mejor acoplamiento acústico.

b). Ecógrafos de matriz lineal:

el transductor se activa en secuencias desde el 1 al 32, lo que proporciona 32 líneas de barrido de imagen que componen un cuadro o imagen. Su matriz da lugar a un formato de imagen rectangular

c). Ecógrafos de matriz en fase

se produce una imagen más compleja, y son los más utilizados en la actualidad. Pueden ser :

- Ecógrafos analógicos: escala de grises
- Ecógrafos digitales: incorporan las técnicas informáticas y se basan en la digitalización de la imagen.

TECNICA DE EXPLORACION

El paciente debe tener desnuda la parte a explorar y esa zona ha de cubrirse con algún gel comercial o aceite, para conseguir un adecuado contacto entre la sonda y la piel del paciente.

Se tienen que evitar los gases y si la exploración afecta a la pelvis, la vejiga urinaria debe estar llena. Debe usarse la sonda de mayor frecuencia que la profundidad de la zona nos permita alcanzarla.

En todo caso deben hacerse múltiples cortes en distintas proyecciones para asegurar una adecuada visualización de la zona.

SEMIOLOGIA ECOGRAFICA

Es fundamental para la delimitación del contenido sólido o líquido de cualquier masa, así como para estudiar algunas de sus características y localización de las lesiones.

LIMITACIONES DE LA TECNICA

Si el haz de US encuentra en su camino un medio de impedancia muy diferente se reflejará en su totalidad. Es lo que ocurre con el **aire**, y, en menor medida con el **hueso**.

Una simple burbuja de aire es capaz de detener el haz e impedir el estudio produciendo una fuerte sombra. Es imposible el estudio de un pulmón aireado.

INDICACIONES

Son múltiples, por considerarse una técnica en expansión, inocua, atraumática y sin radiaciones ionizantes. Resultan imprescindibles en Obstetricia y Ginecología, Digestivo, Cardiología, Urología, Cirugía vascular etc...

Ofrece además la posibilidad de practicar punciones con sondas perforadas dirigidas para vaciar quistes o tomar citologías de lesiones sospechosas.

CONTRAINDICACIONES

Son prácticamente nulas

EFFECTOS BIOLÓGICOS:

La ecografía diagnóstica se introdujo en la práctica obstétrica en 1966 y hoy día es una herramienta clínica de uso habitual. Se sabe que nunca se ha producido lesiones ni efectos tardíos en seres humanos expuestos a niveles diagnósticos de ultrasonidos médicos. Dado que la experiencia disponible indica que no se producen efectos a estos niveles, nunca se debe desestimar un examen de ecografía diagnóstica por temor a efectos biológicos adversos.

Mecanismos de acción:

En el caso de la radiación ionizante, el mecanismo de acción es la ionización y la excitación. Para el ultrasonido, el mecanismo de acción es la elevación de la temperatura, la cavitación y diversas formas de estrés relacionadas con la viscosidad.

Efectos térmicos

La irradiación ultrasónica puede elevar la temperatura del tejido. Se precisan niveles de intensidad muy elevados para producir una elevación mensurable de la temperatura en el tejido.

Cavitación

La irradiación ultrasónica puede provocar la formación de diminutas burbujas de gas o cavidades, que puede producirse por la rotura de enlaces moleculares y la producción de radicales libres, generalmente por disociación del agua.

Estrés de viscosidad

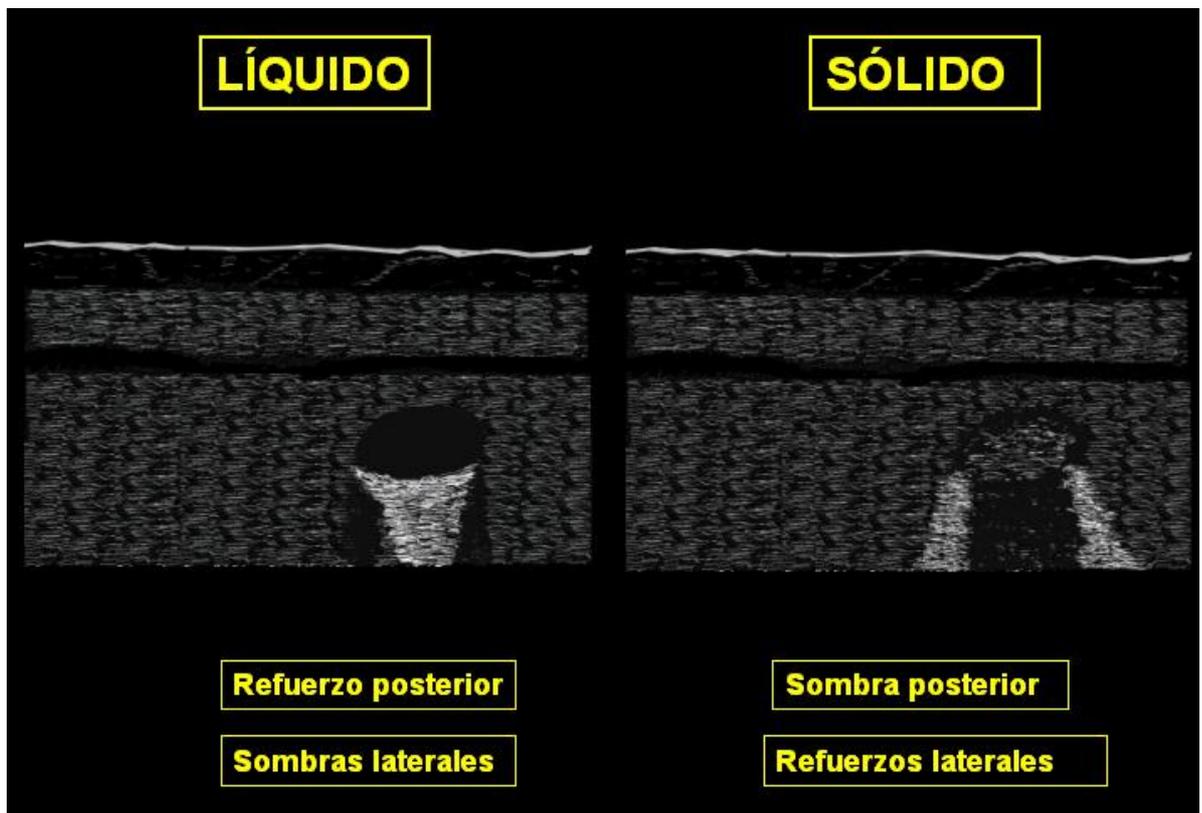
Pueden alterar membranas celulares y a células en interfase.

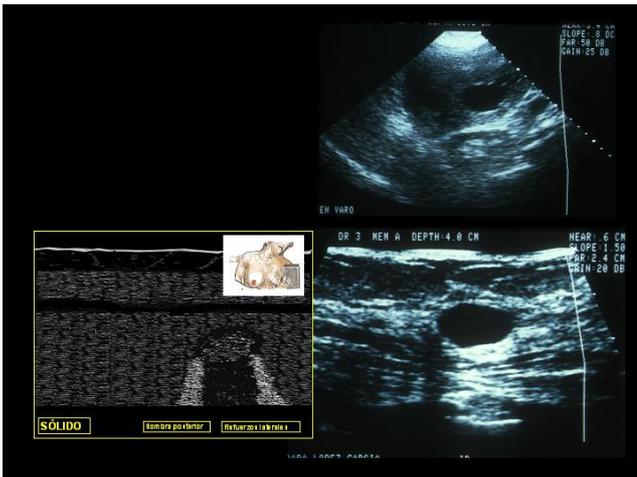
Efectos sobre el tejido vivo

Si la intensidad del US es suficientemente elevada se pueden producir muchos de los efectos descritos previamente para la radiación ionizante. Pueden alterarse enlaces químicos y degradarse las macromoléculas y se produzcan aberraciones cromosómicas e incluso muerte celular, pero con intensidades muchos más elevadas a las utilizadas en ecografía diagnóstica.

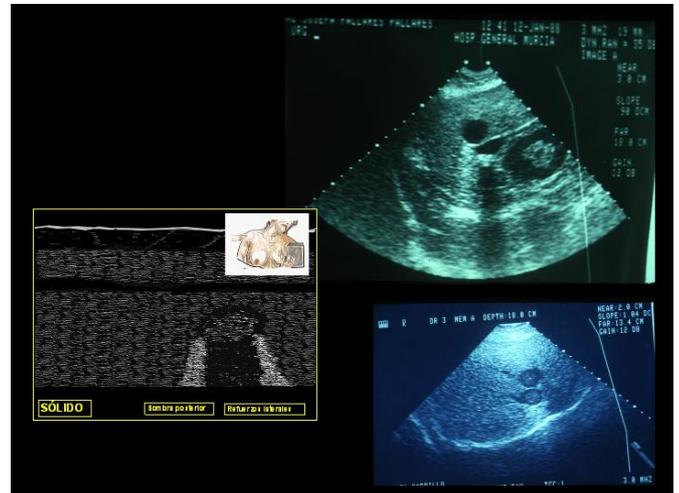
No existen pruebas de enfermedad maligna latente que sea inducida por US.

Se acepta, hoy día, que los efectos biológicos inducidos por los US tienen un umbral.

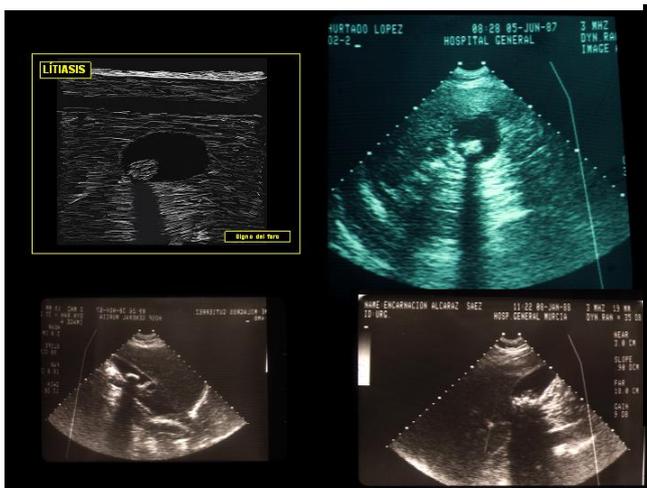




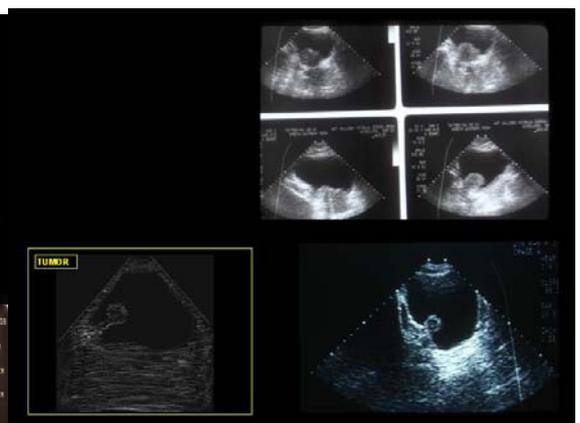
Líquido (quiste)



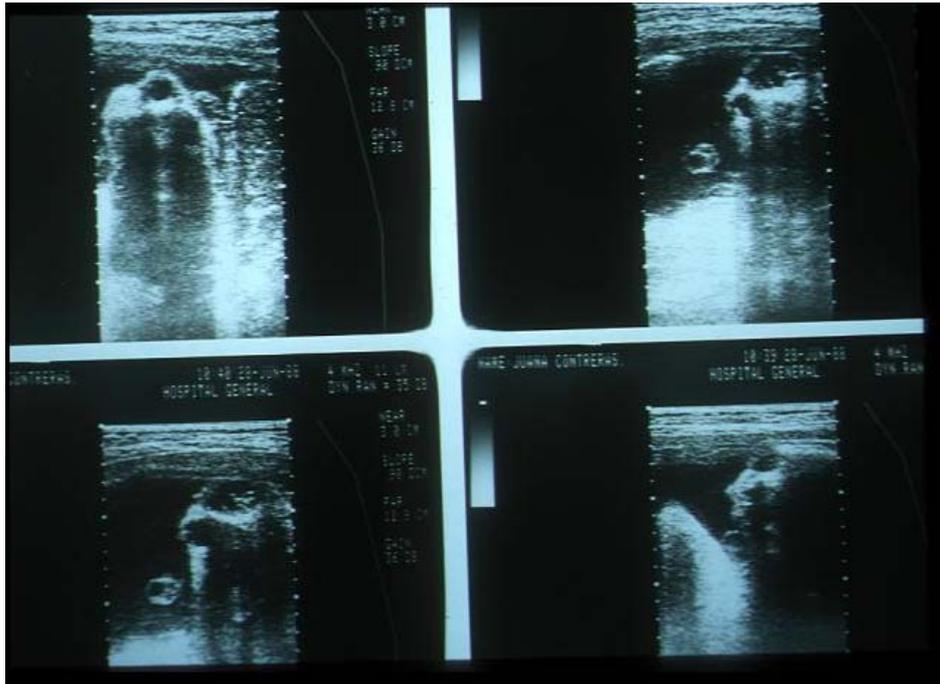
Sólido (tumor)



Signo del faro (Colectitis)



Tumor sólido en vejiga



Control de la gestación