

CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



Seminario N° 1

Principios Físicos del Ultrasonido

Dr. Sergio López Leiva,

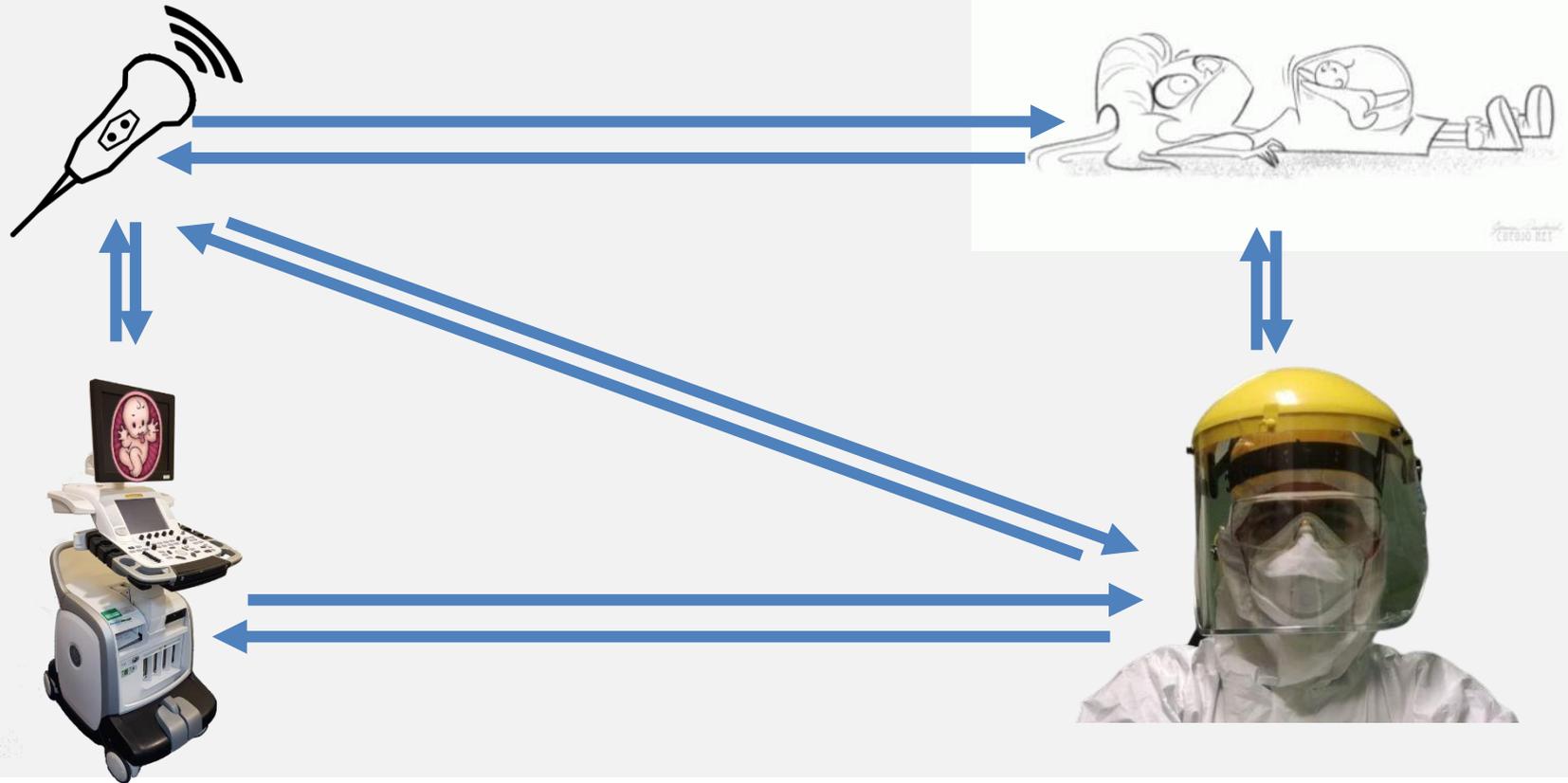
Dr. Daniel Martín Navarrete,

Dr. Rodrigo Terra Valdés, Dra. Susana Aguilera

Peña, Dr. Juan Guillermo Rodríguez Aris

6 de julio de 2020

Principio 0 interacción



Modificación libre.

Idea original de : <https://radiologykey.com/basic-principles-of-ultrasound/>

principio 1

no toda onda de sonido es audible



sonido

Del lat. *sonitus*, infl. en su acentuación por *ruido*, *chirrido*, *rugido*, etc.

1. m. Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire.
2. m. Significación y valor literal que tienen en sí las palabras. *Estar al sonido de las palabras.*
3. m. Noticia, fama.
4. m. *Fís.* Vibración mecánica transmitida por un medio elástico.
5. m. *Fon.* **alófono** (|| variante de un fonema).

banda de sonido

barrera del sonido

cadena de sonido

intensidad del sonido

ultrasonido

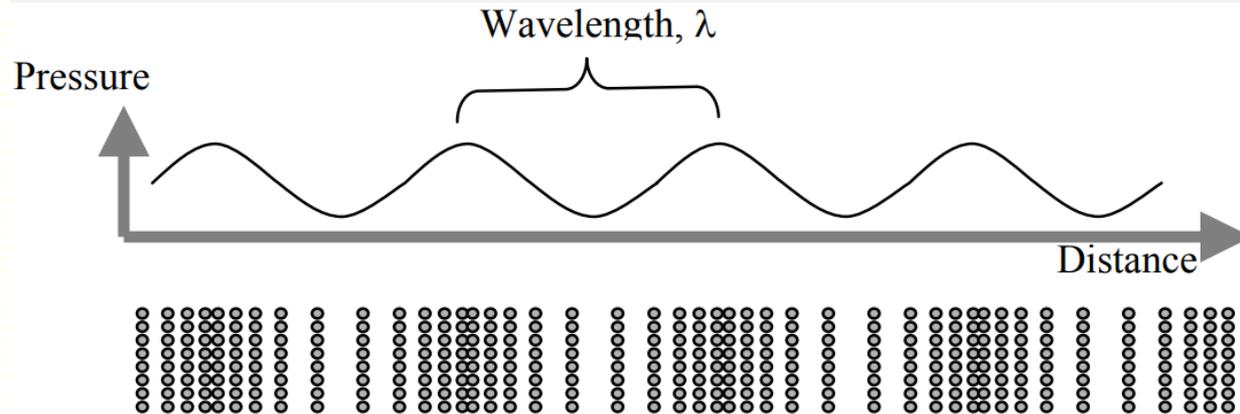
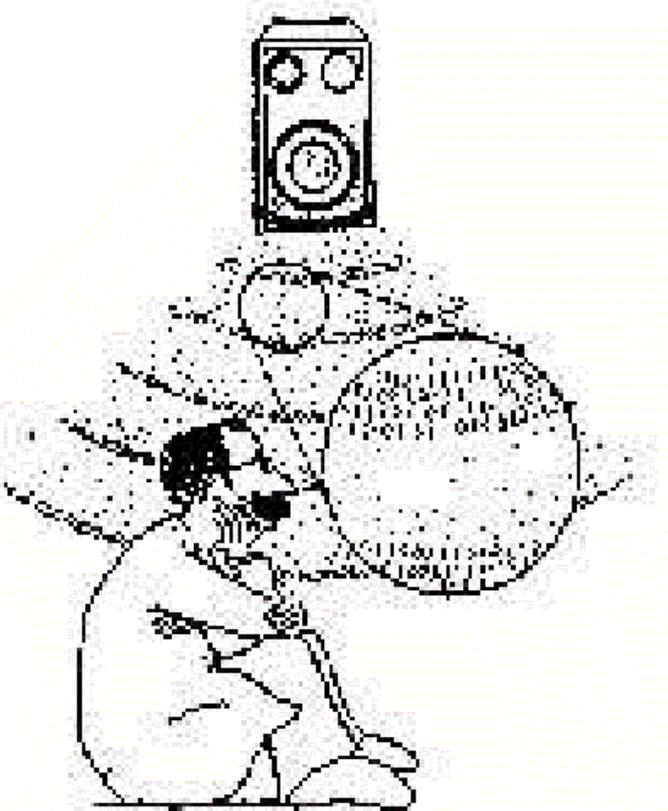
1. m. Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales y se emplea en medicina.



<https://dle.rae.es/sonido>
<https://dle.rae.es/ultrasonido>

principio 1

no toda onda de sonido es audible



compresión
alternante
(alta presión)

Rarefacción
(baja Presión)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

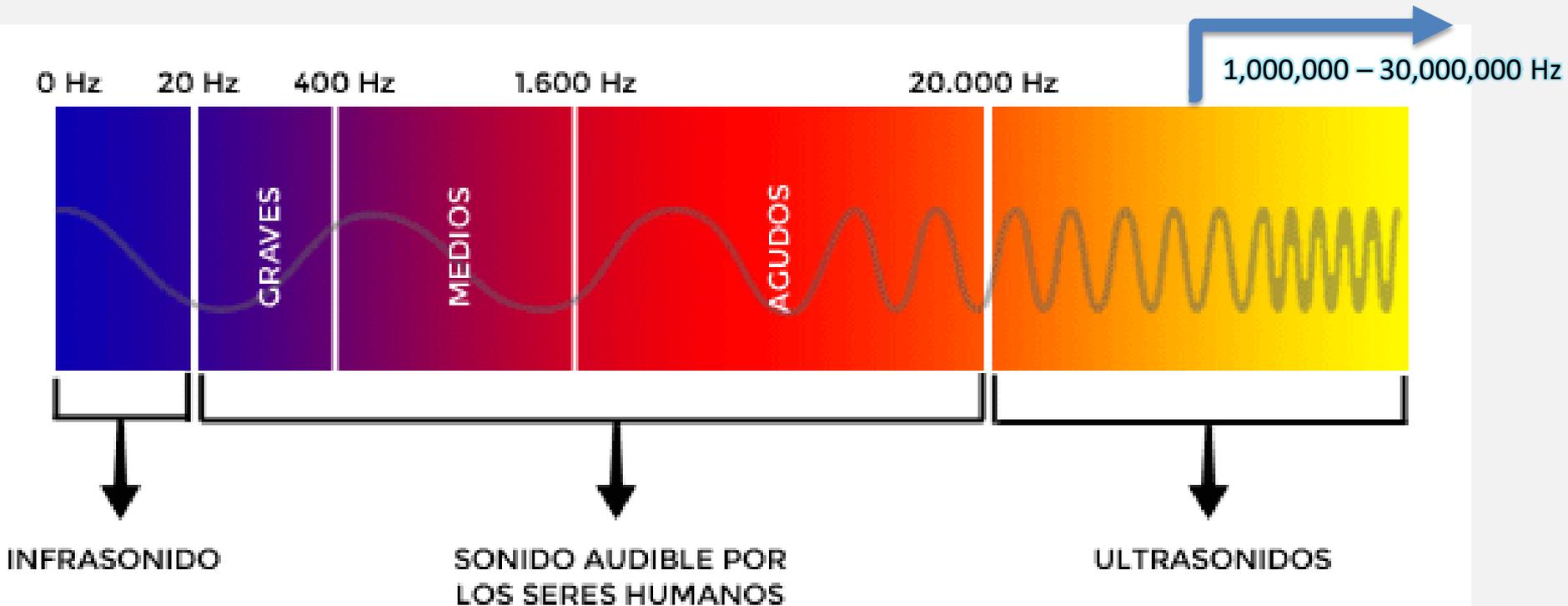
Velocidad

Frecuencia

ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 1

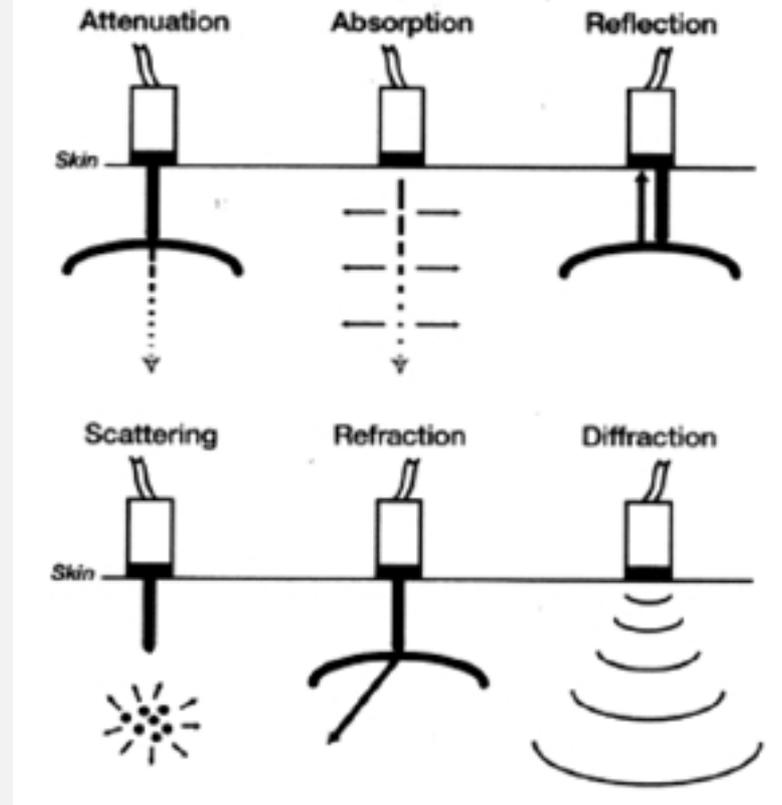
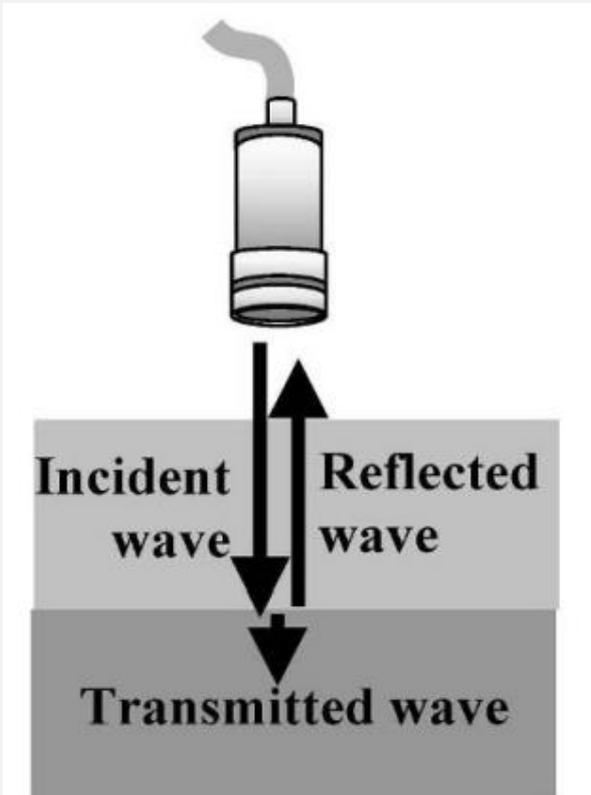
no toda onda de sonido es audible



<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-ultrasonico-arduino-medir-distancia/>
ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND. In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 2

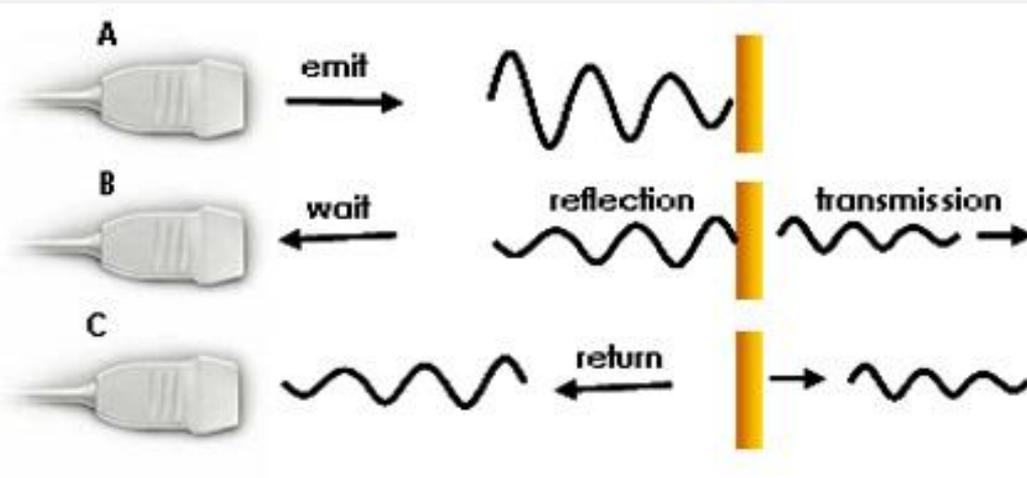
el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra



ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 2

el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra

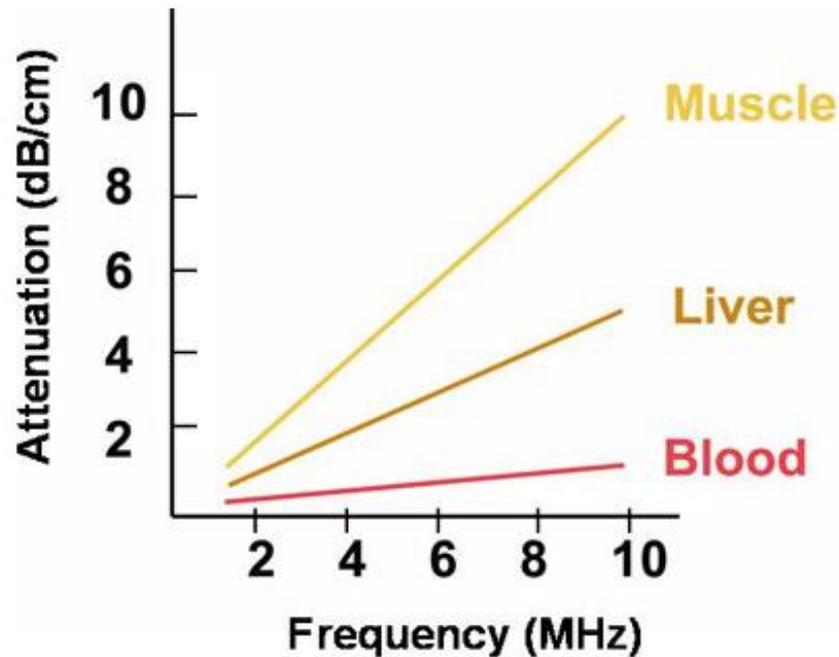


La absorción produce pérdida de intensidad en los tejidos blandos => US de frecuencia alta - menor poder de penetración.

ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 2

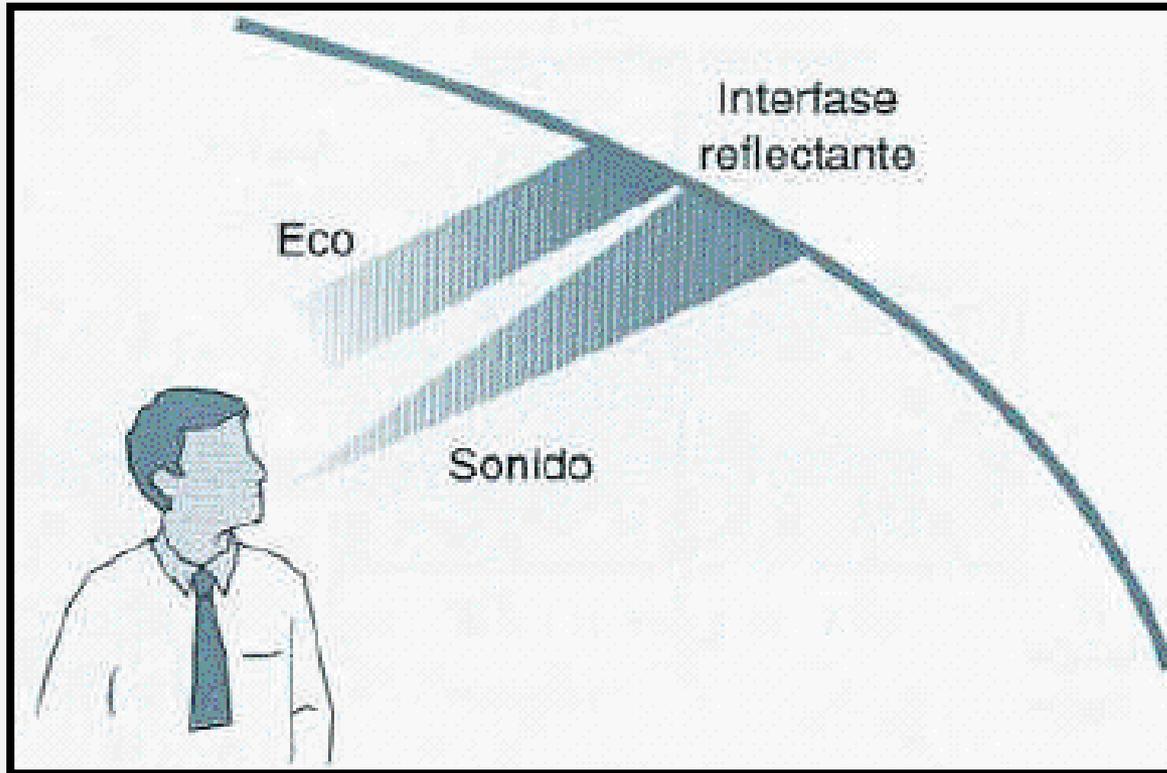
el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra



Tejido	Absorción
	(dB/cm a 1 MHz)
Grasa	0,6
Músculo	2
Hígado	0,7
Cerebro	1
Huesos	4-10
Agua (20°C)	0,002

principio 2

el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra



Las *interfases* son los límites entre medios de diferentes impedancias.

Impedancia (Z) es igual al producto de la densidad de un medio por la velocidad del sonido en dicho medio:

$$Z = VD$$

ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 2

el sonido interactúa con los materiales (tejidos) con los que se encuentra



Material	Velocidad (m/s)
Aire	330
Agua	1497
Metal	3000 - 6000
Grasa	1440
Sangre	1570
Tejidos blandos	1540

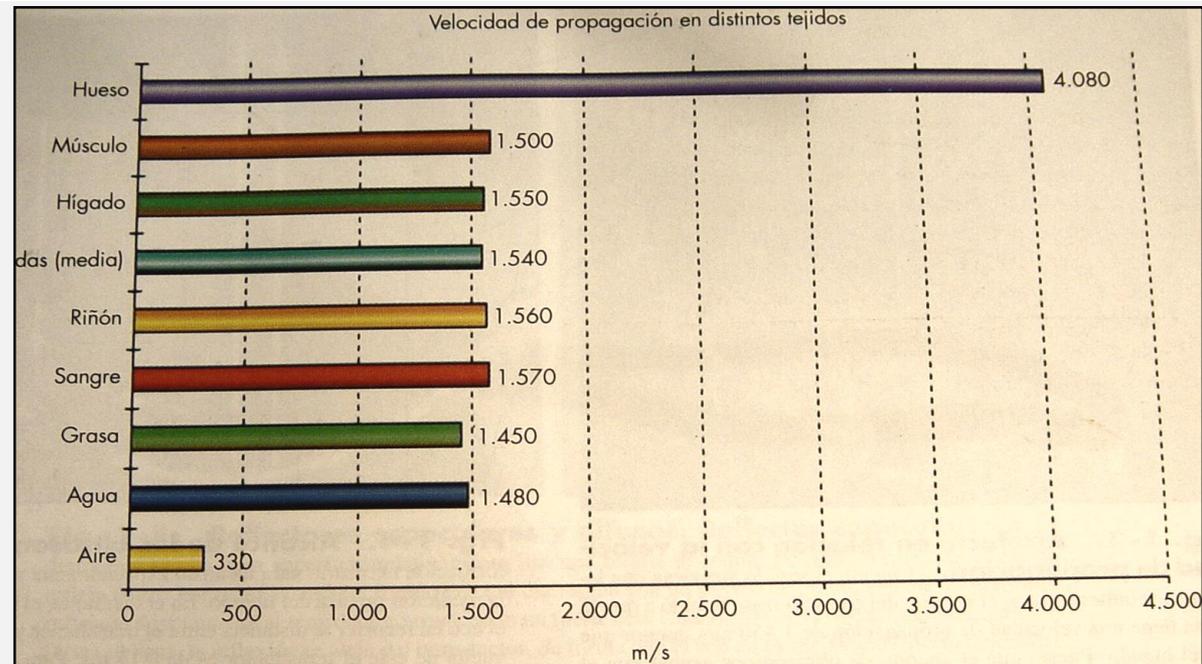
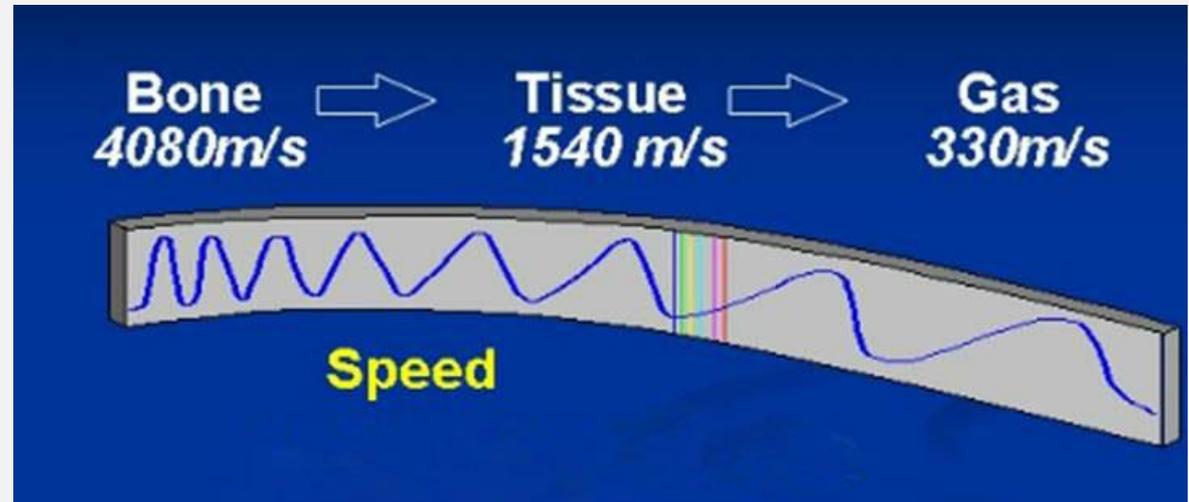


Fig. 1-2. Velocidad de propagación. La velocidad de propagación del sonido en el organismo depende de las propiedades físicas del tejido y varía considerablemente. Los aparatos de ultrasonidos con aplicaciones médicas basan sus mediciones en un valor medio de velocidad de propagación que se estima en 1.540 m/s.

principio 2

el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra



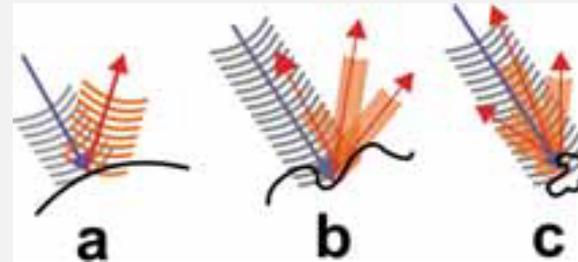
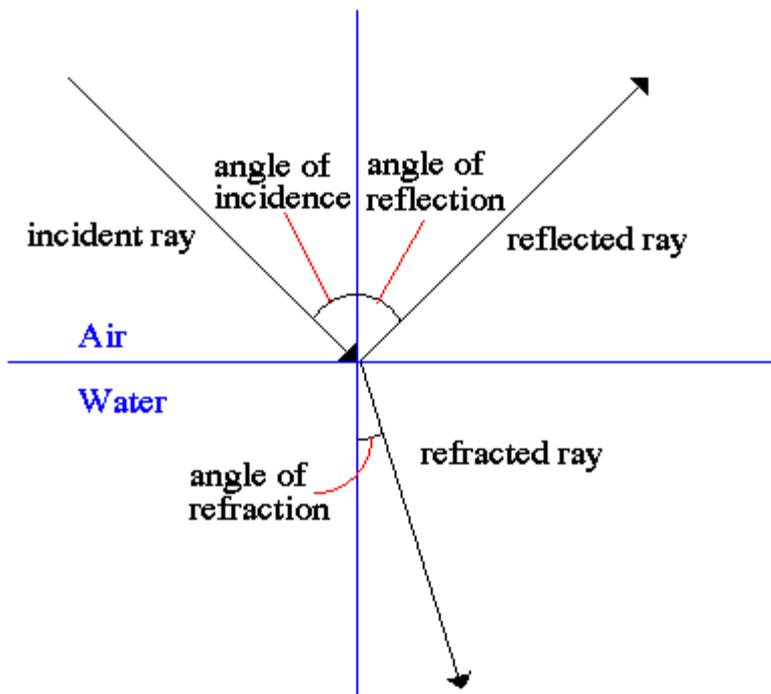
El gel disminuye la diferencia de impedancia

principio 2

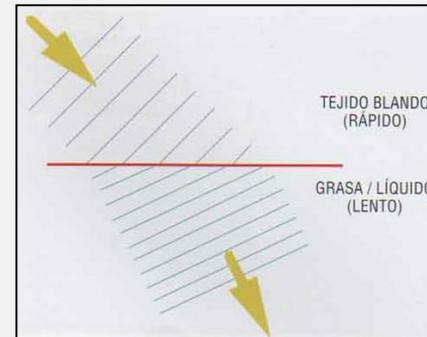
el sonido interactúa con los materiales (tejidos)
con los que se encuentra



Reflection and Refraction



- a. Especular
- b. Difusa
- c. Scattering



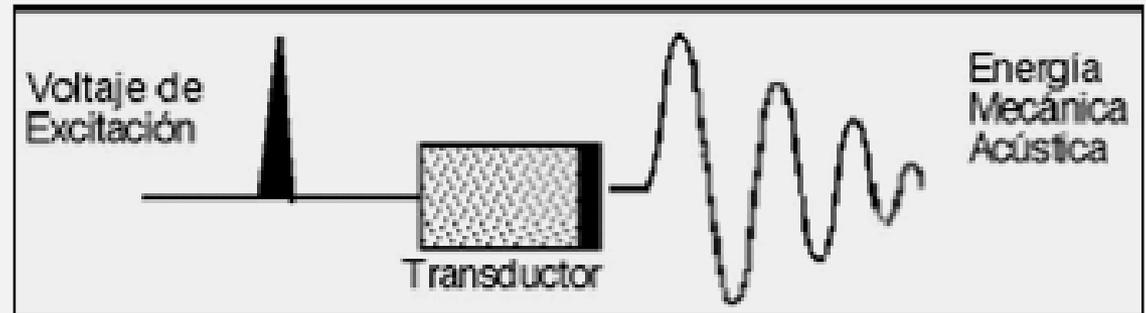
principio 3

si estimulas eléctricamente ciertos materiales se produce sonido (no audible)



Efecto Piezoeléctrico:

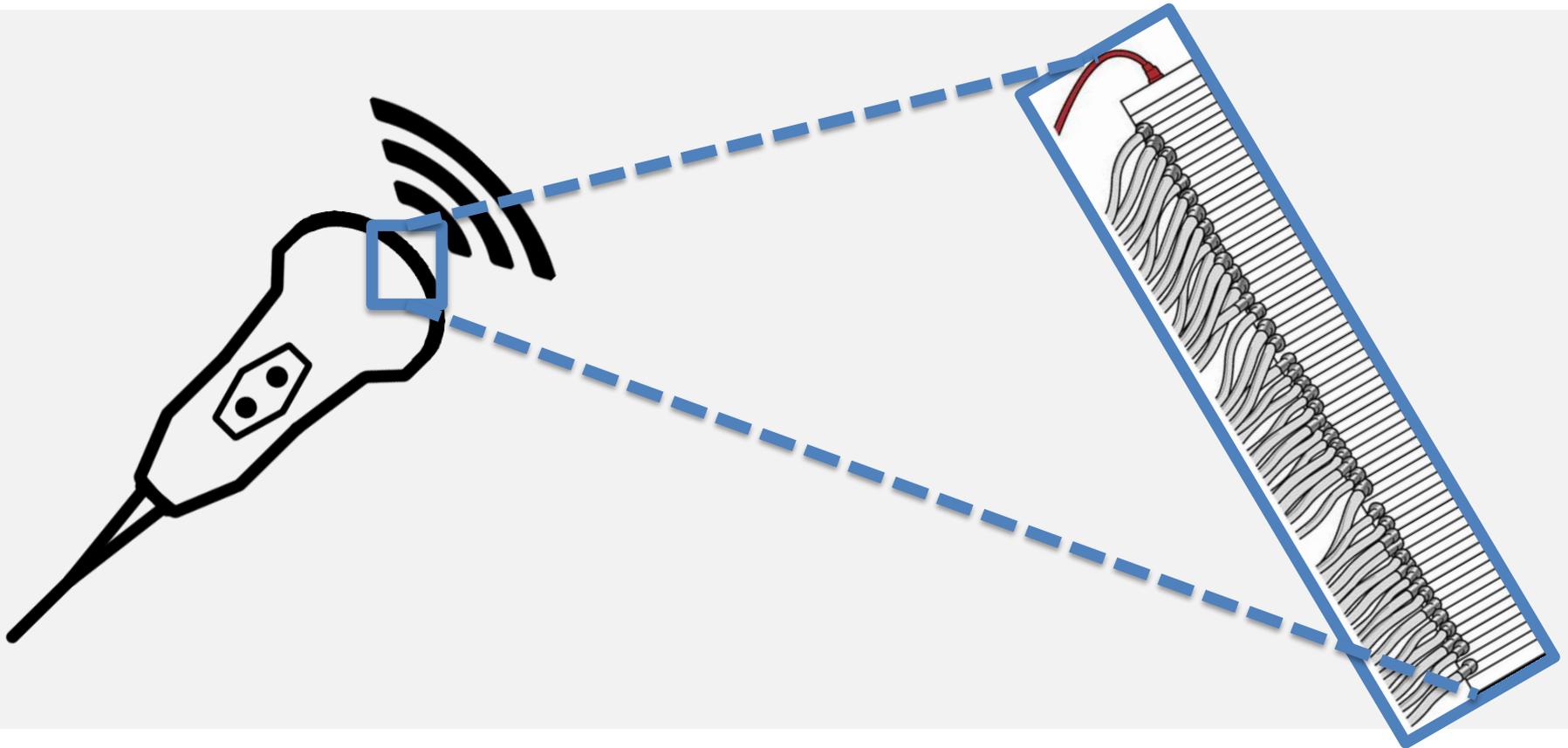
- Estimulación eléctrica de un material cristalino
- El cristal se expande
- Si la polaridad de la señal eléctrica se invierte el cristal se contrae
- El cristal eléctrico se expande y se contrae a la misma frecuencia de la señal eléctrica



ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 3

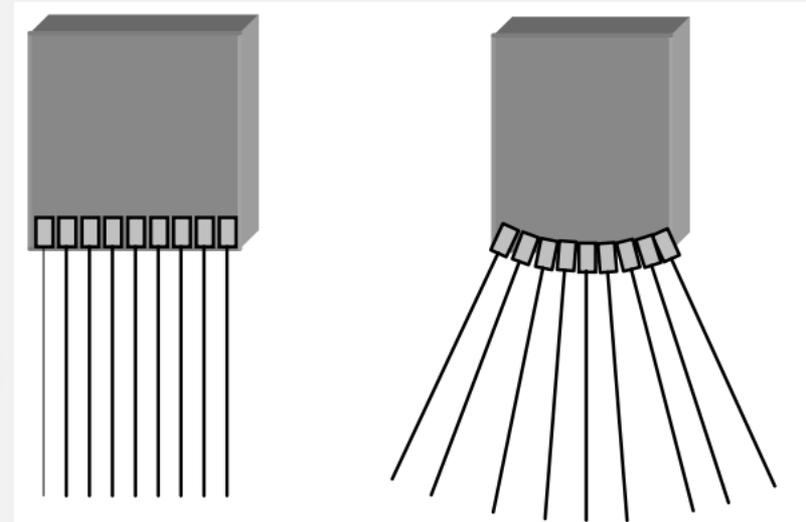
si estimulas eléctricamente ciertos materiales se produce sonido (no audible)



<https://radiologykey.com/basic-principles-of-ultrasound/>

principio 3

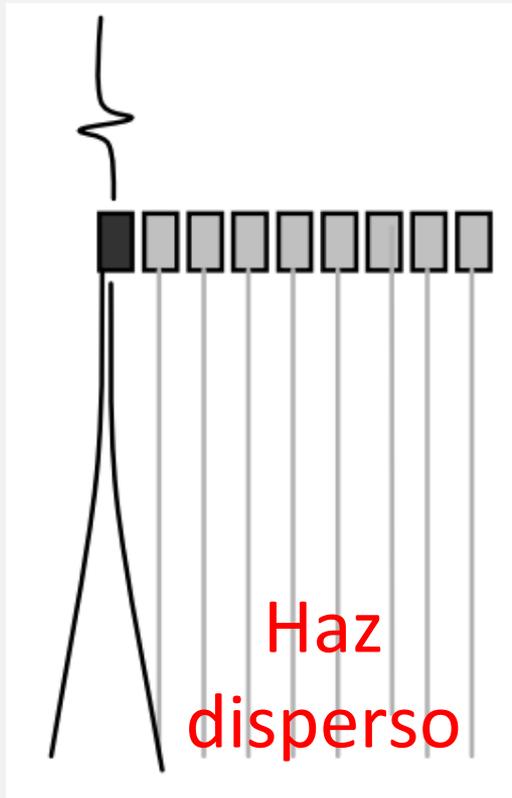
si estimulas eléctricamente ciertos materiales se produce sonido (no audible)



ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 3

si estimulas eléctricamente ciertos materiales se produce sonido (no audible)



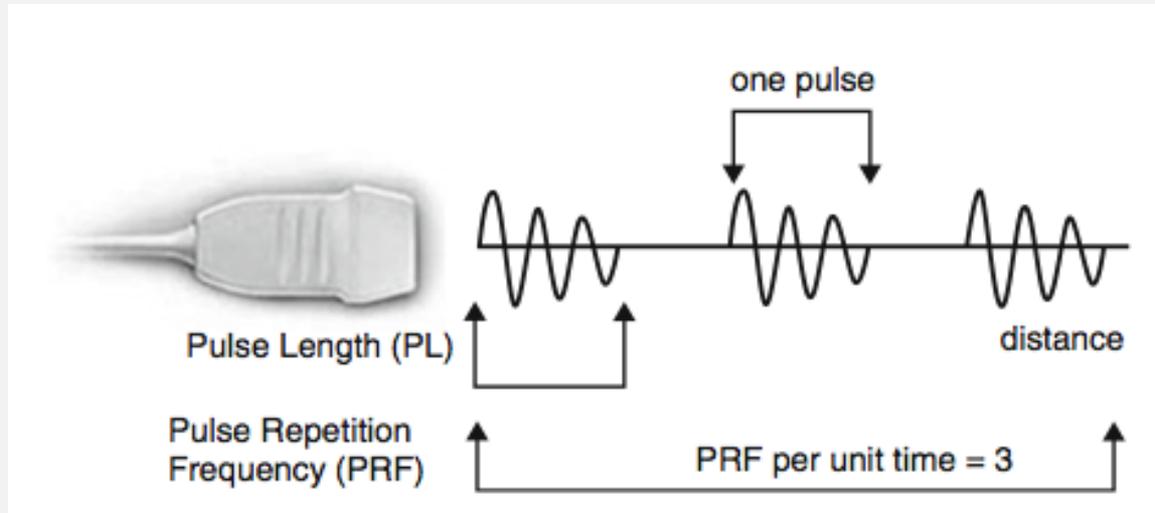
ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 3

si estimulas eléctricamente ciertos materiales se produce sonido (no audible)



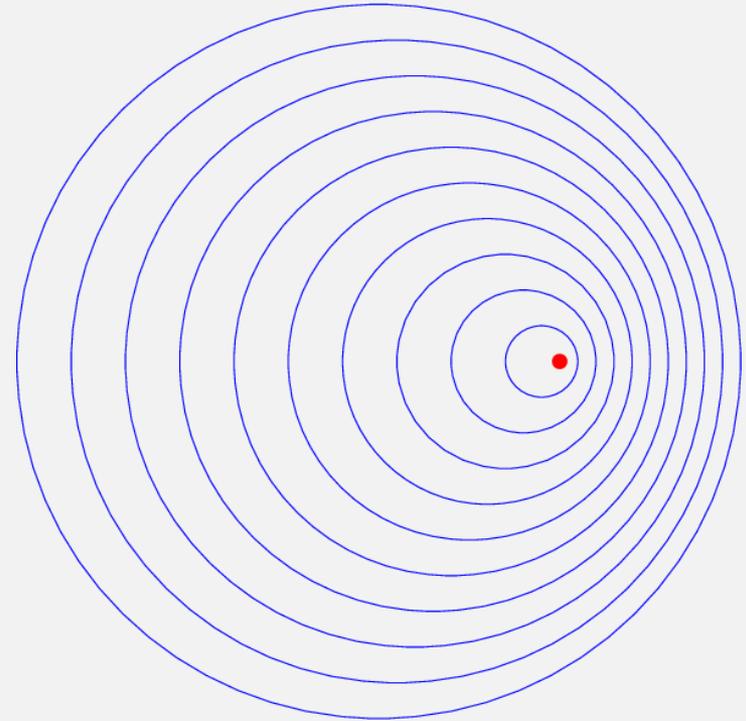
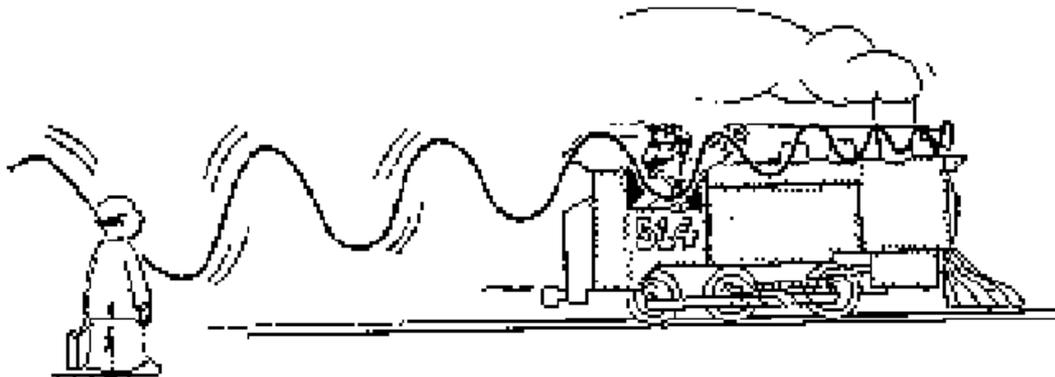
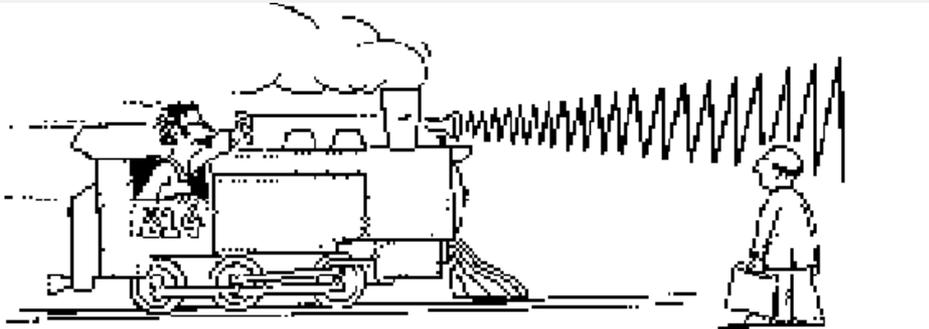
pulse repetition frequency
= PRF



ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

principio 4

el sonido se rebota distinto si tienes un objeto en movimiento



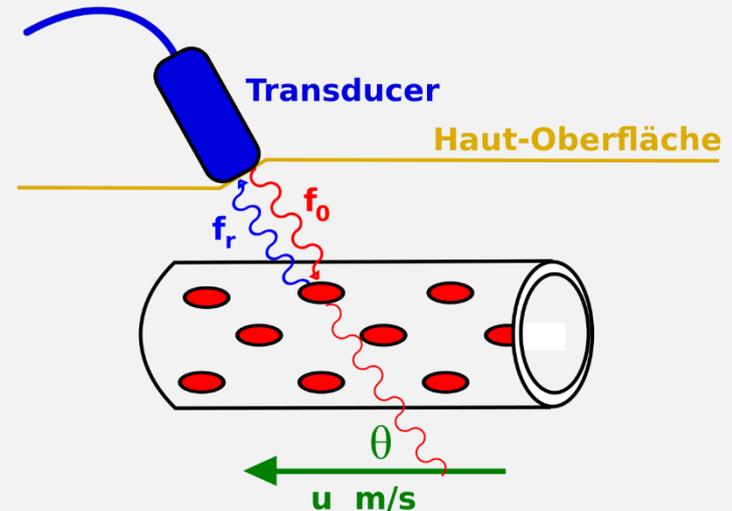
Efecto doppler

principio 4

el sonido se rebota distinto si tienes un objeto en movimiento



- Se emite un haz ultrasónico
- El transductor recibe el haz reflejado
- Se determina electrónicamente el cambio de la frecuencia producido por efecto doppler

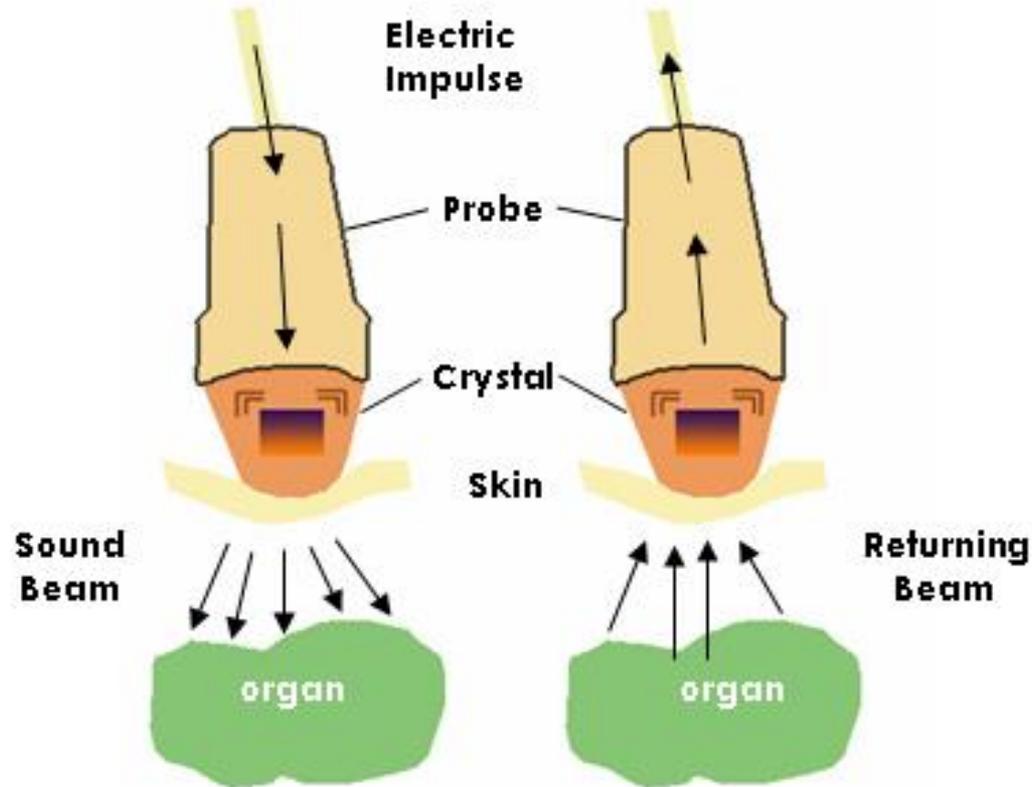


$$\Delta F = \frac{2 \times V \times FT \times \cos \theta}{C}$$

Donde: ΔF Diferencia o viraje de frecuencias (emitida/recibida)
 V velocidad del objeto reflector (sangre habitualmente)
 FT frecuencia transmitida (frecuencia del transductor que utilizamos)
 $\cos \theta$ coseno del ángulo de insonación o ángulo α
 C velocidad de transmisión del sonido en los tejidos (1540 m/s)

principio 5

el sonido que se refleja / rebota
lo puedes “escuchar”



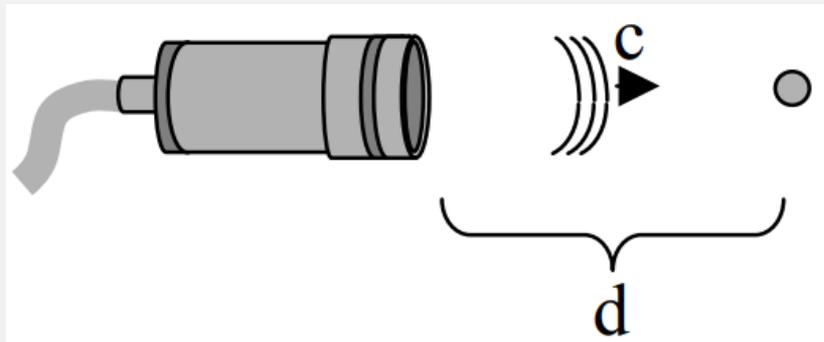
principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Ejemplo:

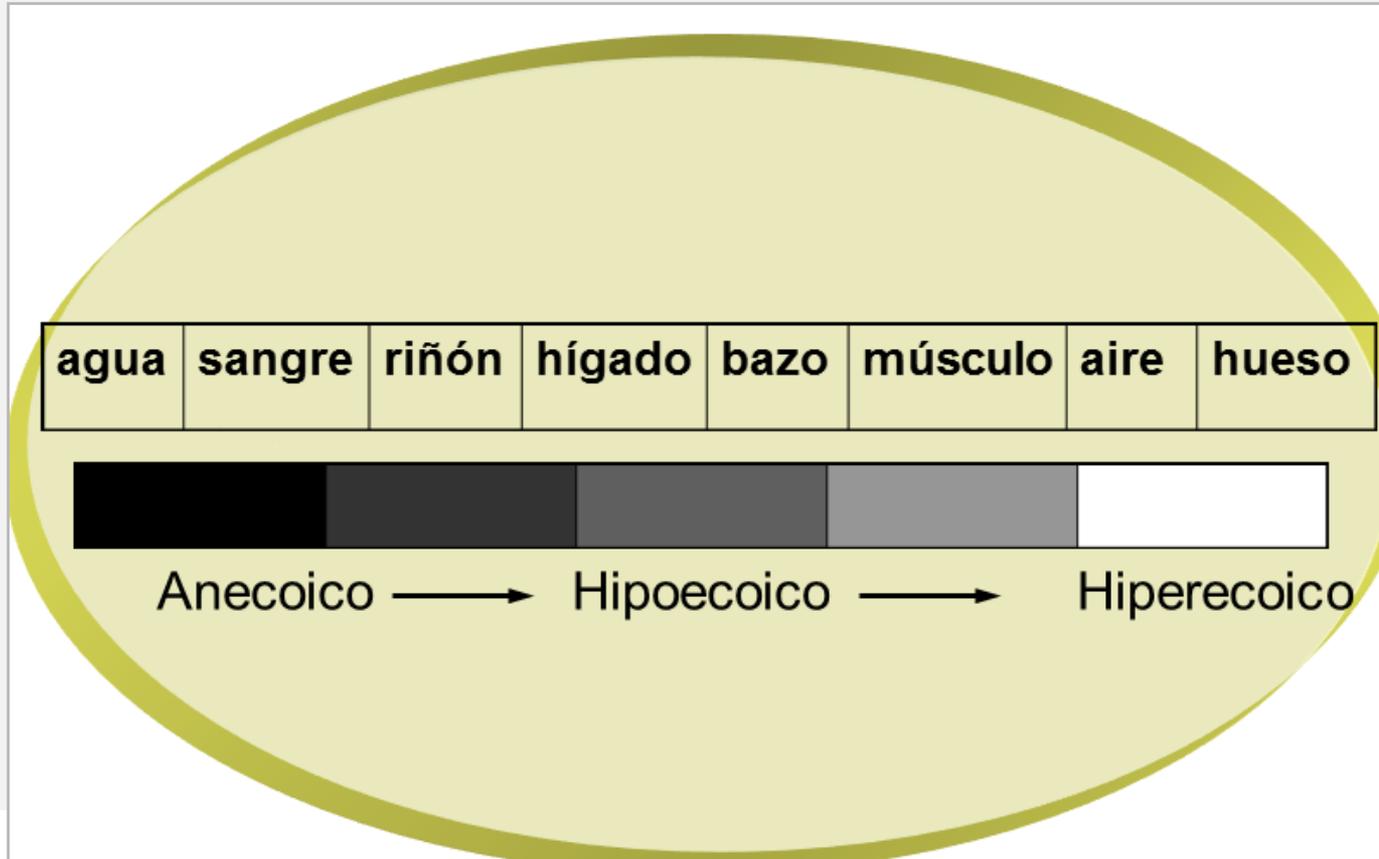
- Tiempo de transmisión de un pulso hasta que vuelve el eco : 0,145ms
- Velocidad del sonido: 1540m/s
- Distancia recorrida por el sonido: 22,33cm
- Tiempo medido= el tiempo que tarda el sonido en llegar a la interfase y volver hasta el transductor.
- Distancia desde el transductor hasta la interfase reflectante
- es $22,33\text{cm}/2 = 11,165\text{cm}$



ROBINSON T.M. (2007) BASIC PRINCIPLES OF ULTRASOUND.
In: Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. (eds) Physics for Medical Imaging
Applications. NATO Science Series, vol 240. Springer, Dordrecht

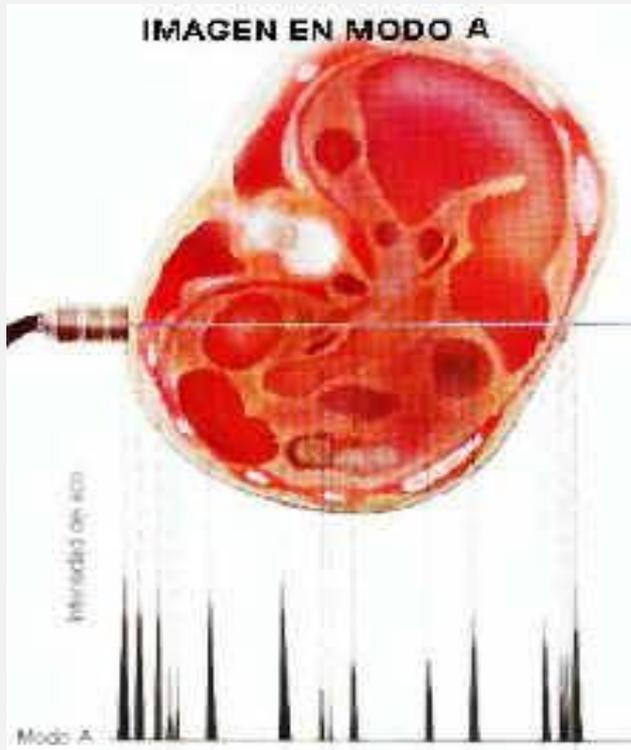
principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Modo A (amplitud)

- Se basa en la técnica de Pulso-eco
- Se visualizan blips en pantalla
- Distancia entre blips.....
- Altura de cada blip.....
- Emplea uno o dos transductores
- Principal finalidad es medir la profundidad de interfases

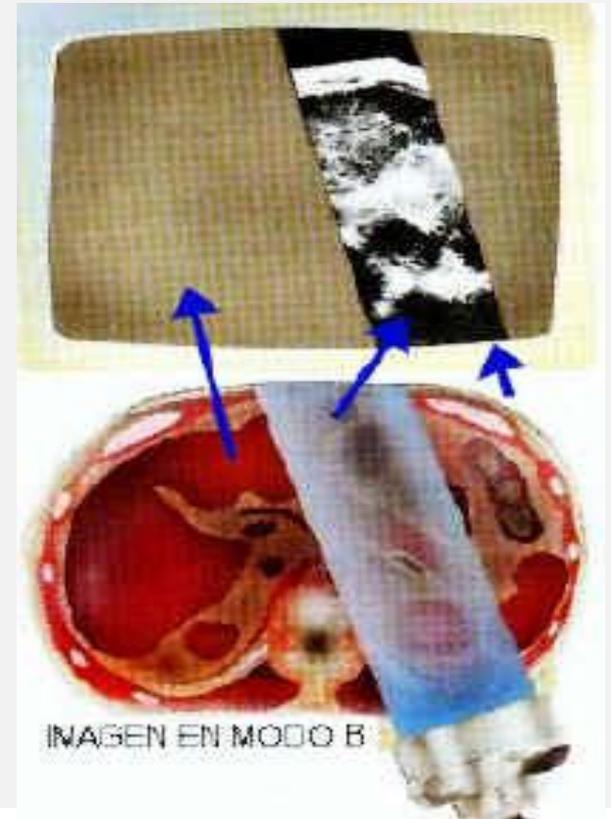
principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Modo B (brillo)

- El eco captado se registra en la pantalla como un punto.
- tamaño y luminosidad dependen de la intensidad del eco.
- Los puntos se reparten por la pantalla.
- Con el movimiento del transductor en un solo plano se obtiene otra serie de puntos, que al sumarse configuran una imagen 2D.



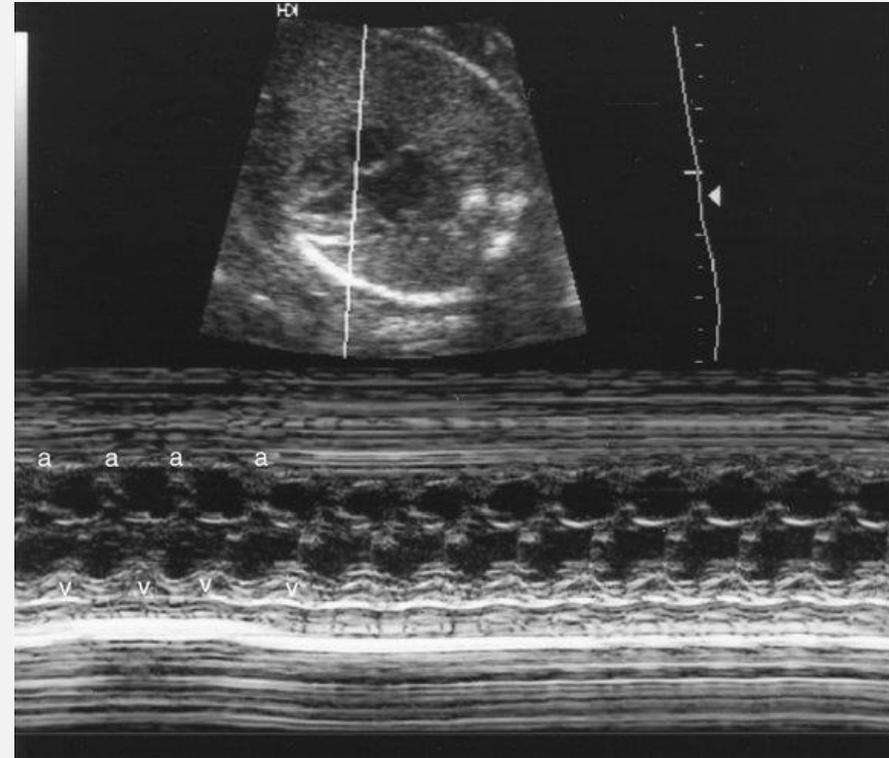
principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Modo M: movimiento

- Se utiliza para registrar *movimientos* de estructuras
- Un registro de tiempo-posición representa cómo varía una línea de eco A en función del tiempo.



principio 6

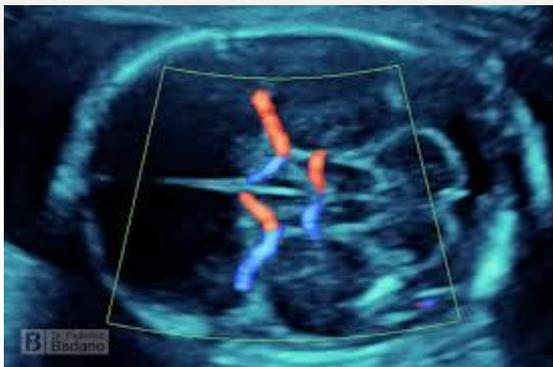
el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Modo Doppler color:

Señal doppler positiva=>
Flujo sanguíneo se acerca
al transductor. Color rojo

Señal doppler negativa=>
Flujo sanguíneo se aleja
del transductor. Color azul

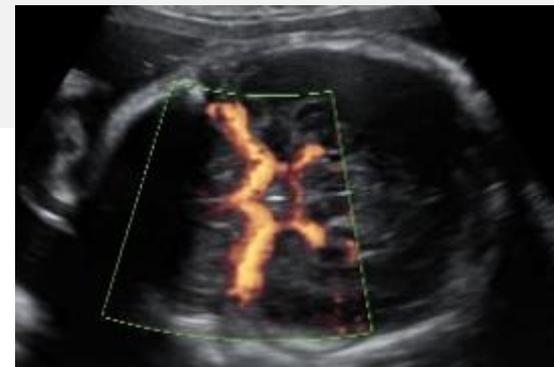


Modo Power Doppler:

Evalúa la amplitud de la señal
Doppler.

Es menos ángulo dependiente y
más sensible al flujo lento.

No indica la dirección del flujo.



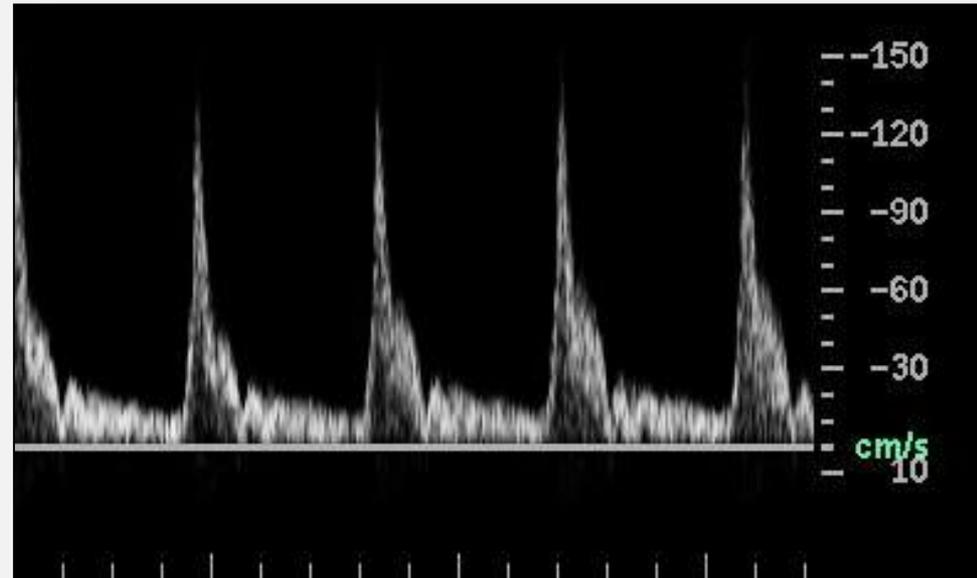
principio 6

el computador interpreta lo anterior
y lo transforma en una imagen



Doppler espectral =

- curva de velocidad vs tiempo
- Los valores positivos se acercan al transductor y los negativos se alejan
- audio- gráfico, que nos da la representación gráfica y audible



CERPO

Centro de Referencia Perinatal Oriente

Facultad de Medicina, Universidad de Chile



Seminario N° 1

Principios Físicos del Ultrasonido

Dr. Sergio López Leiva,

Dr. Daniel Martín Navarrete,

Dr. Rodrigo Terra Valdés, Dra. Susana Aguilera

Peña, Dr. Juan Guillermo Rodríguez Aris

6 de julio de 2020