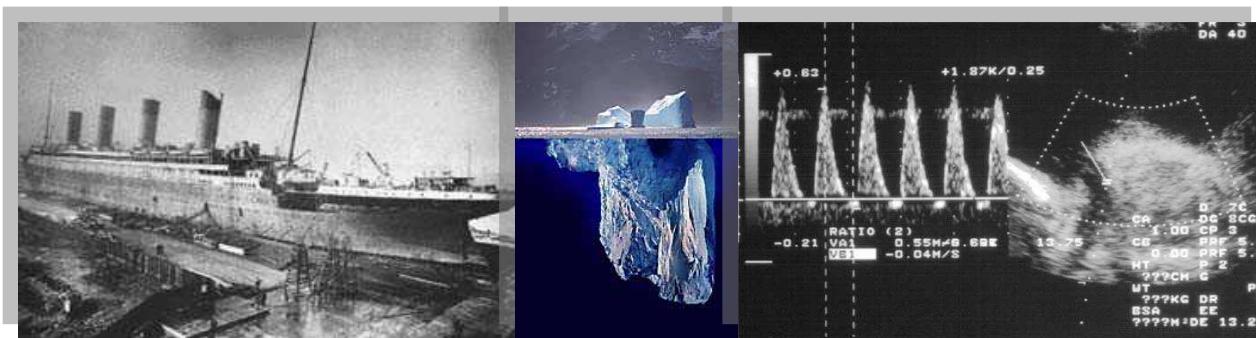
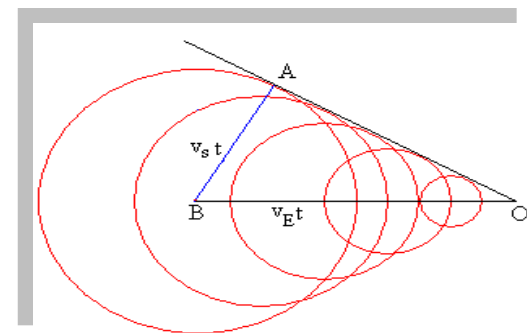
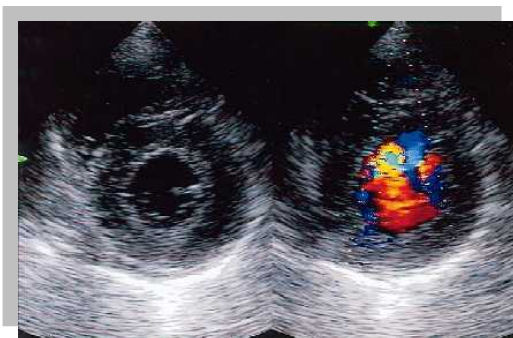


EFECTOS DE LOS ULTRASONIDOS DE ALTA POTENCIA



Del fondo del mar, a las profundidades del cuerpo humano



Ciudad Guayana, Septiembre 2009



SÍNTESIS

OBJETIVO GENERAL:

➔ Analizar en la literatura específica existente los **efectos de los ultrasonidos de alta potencia**

MÉTODO:

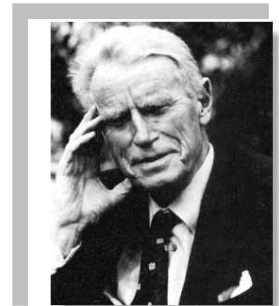
➔ El procedimiento empleado para obtener los objetivos planteados, consistió en efectuar una revisión bibliográfica minuciosa a través de bases de datos: Google, Google académico, revistas de acústica electrónica, libros de ultrasonidos y otros sitios Web de interés académico y científico.

CONCLUSIONES:

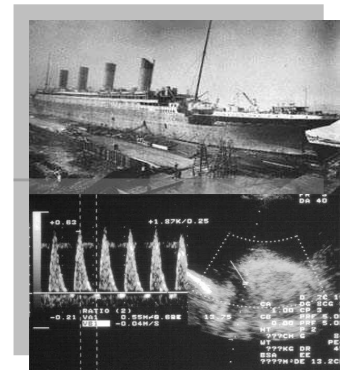
➔ Las aplicaciones de los ultrasonidos de alta potencia constituyen un área potencial que no ha sido suficientemente explotado y explorado. Esto se debe probablemente a los problemas relativos, complejidad de los mecanismos básicos involucrados y a las dificultades existentes en la generación de ultrasonidos de alta intensidad.

BREVE HISTORIA DE LOS ULTRASONIDOS

- ❑ En la edad media
- ❑ Finales del Siglo XVIII, el biólogo italiano Lazzaro Spallanzani → ubicación y guía de animales
- ❑ Joule en 1847 y Pierce en 1928 descubrieron el “Efecto Magnetoestrictivo”
- ❑ 1803-1853, Christian Doppler → “Efecto Doppler”
- ❑ En el año 1880, los hermanos Pierre y Paul Jacques Curie descubren el “Efecto Piezo-eléctrico”
- ❑ 1883, Galton investigó los límites de la audición humana → Silbato con una frecuencia 23.000 hz
- ❑ 1912, hundimiento del Titanic y la Primera Guerra Mundial → Sistema de detección bajo el agua (icebergs)



Ian Donald





DEFINICIONES PREVIAS



☐ SONIDO:

- ➔ Es una Sensación (es lo que se oye). Vibración que puede provocar una sensación sonora
- ➔ Serie de vibraciones mecánicas longitudinales capaz de producir una sensación auditiva → **Según la acústica física**
- ➔ Sensación auditiva producida por una vibración de carácter mecánico → **Según la acústica fisiológica**

☐ INFRASONIDOS:

- ➔ Vibraciones de presión con frecuencias (f) por debajo del umbral de sensibilidad humana (infrasonidos: $f < 20$ Hz)
- ➔ En aparatos electroacústicos (vibración con una $f < 30$ Hz)



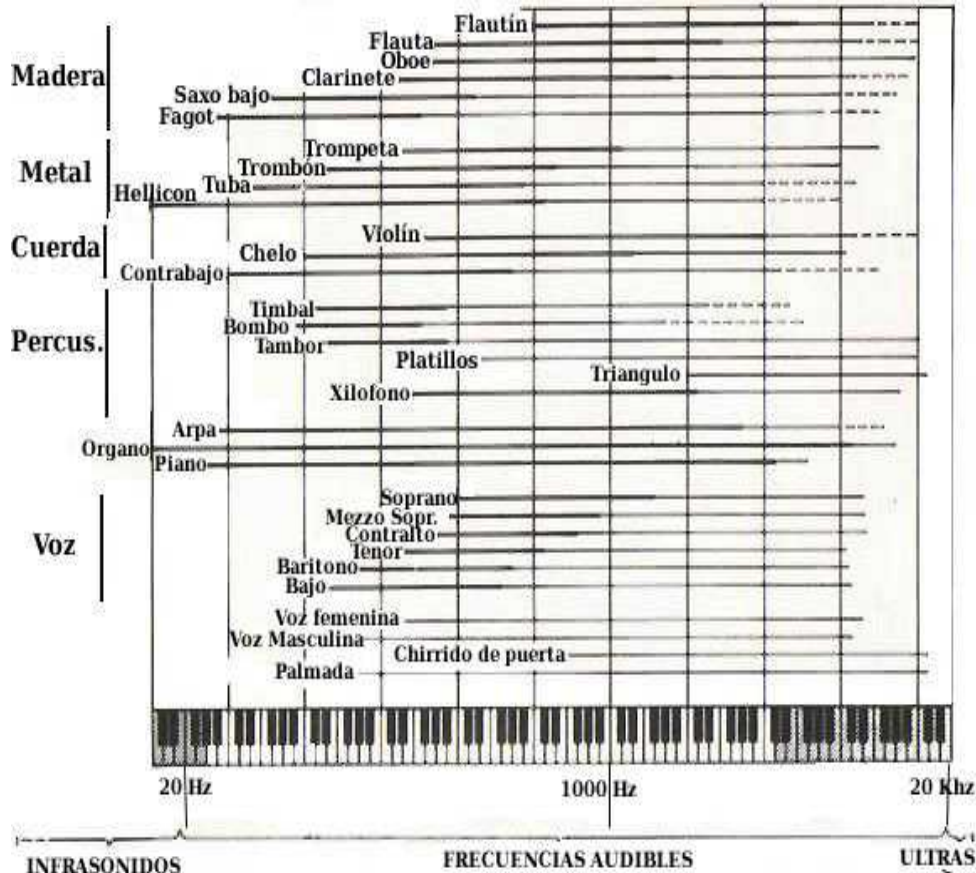
Clasificación de los sonidos conforme a la frecuencia

☐ ULTRASONIDOS:

- ➔ Ondas acústicas inaudibles con frecuencias (f) por encima del umbral de sensibilidad humana (ultrasonidos: $f > 20$ KHz)



ESPECTRO ACÚSTICO



ZONAS:

❑ INFRASONIDOS: $f < 20 \text{ Hz}$

❑ SONIDOS AUDIBLES:
 f entre 20 Hz y 20 KHz

❑ ULTRASONIDOS: $f > 20 \text{ KHz}$



ULTRASONOTERAPIA



❖ *En medicina el rango de utilización está entre 1 y 15 MHz*

FUNDAMENTOS FÍSICOS



Son dispositivos a los que se les aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida; esta energía de salida suele ser de diferente tipo que la de entrada

GENERACIÓN DE LOS ULTRASONIDOS



Generador ultrasónico (Esquema General)



TRANSDUCTOR:

Generadores o transductores son aparatos que constan de un elemento:



➔ **Elemento Primario o Transformador:** convierte la señal eléctrica del elemento secundario en energía mecánica, haciendo vibrar el medio circundante y provocando ondas de presión a altas frecuencias (ultrasonido)

➔ **Elemento Secundario:** es el elemento que proporciona la señal “fácil” de generar (eléctrica, magnética, mecánica)

GENERACIÓN DE LOS ULTRASONIDOS

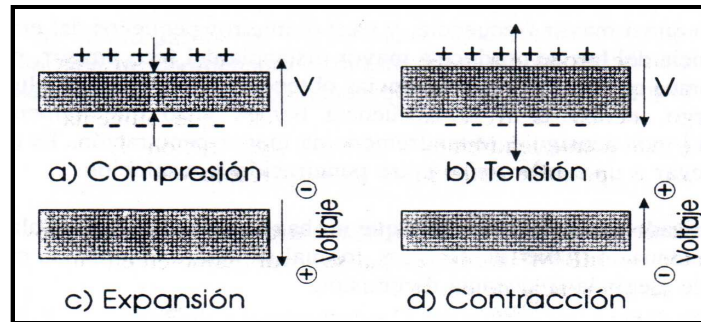
CAMPO ELÉCTRICO:

EFECTO PIEZOELÉCTRICO:

➔ Son cambios eléctricos que se producen en la superficie externa del material piezoeléctrico al aplicar presión a los cristales de cuarzo y a ciertos materiales policristalinos (titanato de plomo-zirconato y titanato de bario) [Mora, L y Montano S., 2004]



¿Se puede convertir una señal eléctrica en una señal acústica? Si →



¿Se puede convertir una señal acústica en una señal eléctrica? Si, el efecto piezoeléctrico es reversible

EFECTO PIEZOELÉCTRICO INVERTIDO:

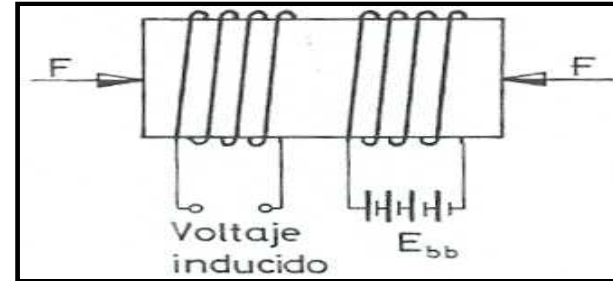
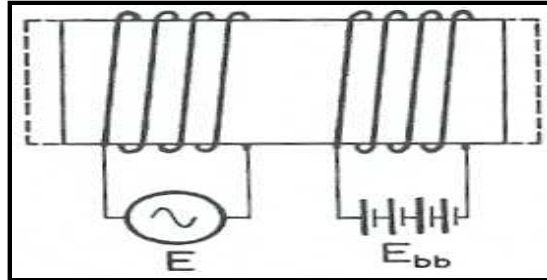
➔ Se produce cuando los materiales piezoeléctricos (PbTiO_3 , PZT y BaTiO_3) son expuestos a una corriente eléctrica alterna y experimentan cambios en la forma de acuerdo con la frecuencia del campo eléctrico, convirtiéndose así, en una fuente de sonido.

GENERACIÓN DE LOS ULTRASONIDOS

EFFECTO MAGNETOESTRICTIVO:

CAMPO MAGNÉTICO:

Efecto directo



Efecto inverso

- ➔ Similar al efecto piezoeléctrico
- ➔ Aleaciones de minerales como: Fe, Ni y Cr
- ➔ Aplicación de un campo magnético, provocando acciones mecánicas

IMPACTO LÁSER:

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO:

- ➔ Impacto de una luz láser intensa sobre un cuerpo sólido, provocando en él dos procesos distintos (un proceso ablativo o un proceso termoelástico)
- ➔ Aumento de temperatura en el sólido
- ➔ Es una técnica innovadora, que aún está en desarrollo



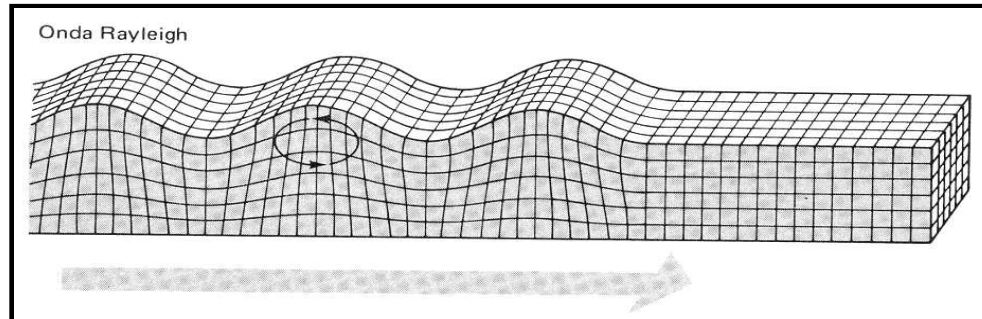
MEDIOS DE PROPAGACIÓN DE LOS ULTRASONIDOS

□ TIPOS FUNDAMENTALES:

TIPO DE ONDA	GAS	LÍQUIDO	SÓLIDO	MOVIMIENTO DE PARTICULAS	APLICACIÓN
LONGITUDINAL	Si	Si	Si	Comprensión y relajación a lo largo del eje de propagación	Pruebas, mediciones,
TRANSVERSAL	No	Muy poco	Si	Desplazamiento perpendicular al eje de propagación	Pruebas, soldaduras, resonancia,....
SUPERFICIE O RAYLEIGH	No	No	Si	Elíptico con alta atenuación por debajo de la superficie	Pruebas de superficies para partes con difícil acceso

□ FÉNOMENOS ONDULATORIOS TÍPICOS:

- ➔ Reflexión → Coeficiente de reflexión: $r = (Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)$
- ➔ Refracción
- ➔ Difracción





TIPOS DE ULTRASONIDOS

□ ULTRASONIDOS DE BAJA POTENCIA DE SEÑAL:

- ➔ Son Ondas ultrasónicas que se utilizan para obtener información, sin que cause alteración en el medio donde se propagan.
- ➔ Frecuencias que oscilan entre los 100 kHz y 1 MHz
- ➔ Intensidades inferiores a 1 W/cm^2

SILBATO



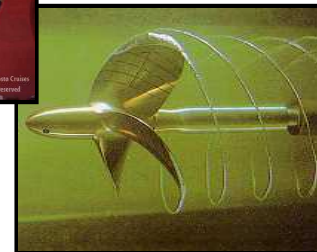
ECOGRAFÍA



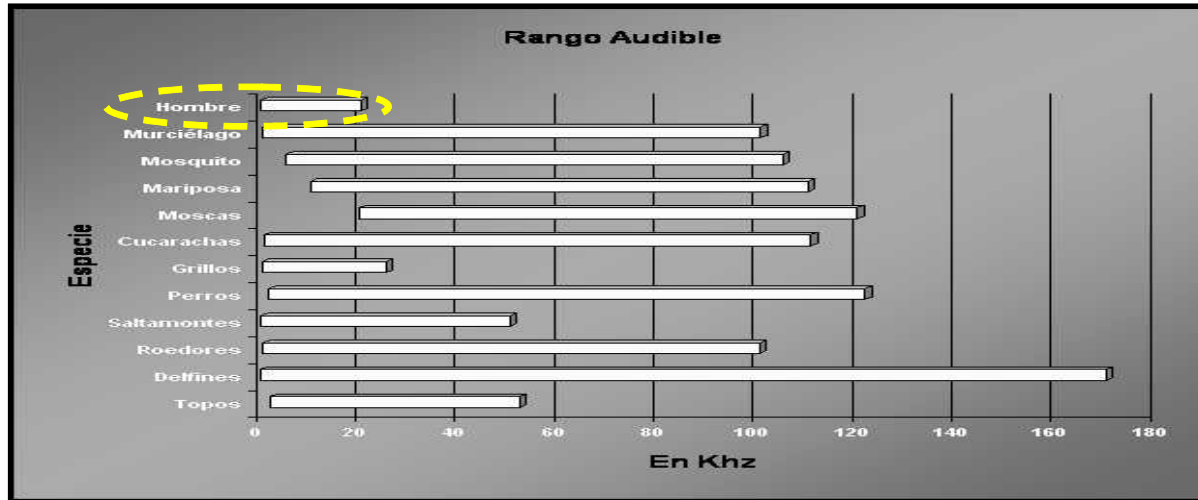
□ ULTRASONIDOS DE ALTA POTENCIA:

- ➔ Consiste en producir efectos permanentes, utilizando la energía ultrasónica sobre el medio en el que se propagan.
- ➔ Frecuencias que oscilan entre los 18 y 100 kHz
- ➔ Intensidades superiores a 1 W/cm^2
- ➔ Han sido poco explorado

EFECTO DE CAVITACIÓN



□ RELACIÓN: RANGO AUDIBLE/ESPECIE/ONDAS ULTRASÓNICAS



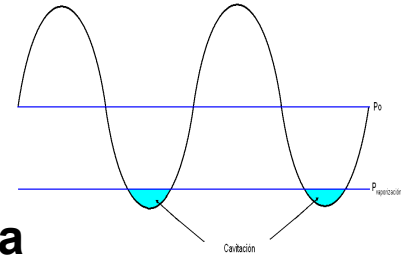
❖ Estudios más recientes han determinado el rango auditivo de numerosas especies animales, por ejemplo, la publicada por Chapman y Hall, en Londres 1974; "Ultrasonic Communication by Animals" de G. Sales y D. Pye.

□ RELACIÓN: TRANSDUCTOR/RECUENCIA/INTENSIDAD

TRANSDUCTOR	REVERSIBLE	RANGO DE FRECUENCIA (f)	POTENCIAS
PIEZOELÉCTRICOS	SI	KHz a MHz	PEQUEÑAS Y MEDIAS
MAGNETOESTRICTIVOS	SI	< 100 KHz	MEDIAS
MÉCANICOS	NO	< 50 KHz	ALTAS
ELECTROMECAÑICOS	SI	< 50 KHz	ALTAS
ELECTROSTÁTICOS	SI	< 200 KHz	BAJAS



RIESGOS Y EFECTOS



➔ EFECTOS FÍSICOS

Cavitación

Frecuencia

Viscosidad

Temperatura

Presión externa

Intensidad

Efecto Calorimétrico

➔ Ultrasonidos $f = 4 \text{ MKz}$

➔ EFECTOS MECÁNICOS

Cavidades

➔ **ÍNDICE MECÁNICO (IM)**-Inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia del ultrasonido

Micromasaje

➔ Fluidos Intercelulares

➔ EFECTOS QUÍMICOS

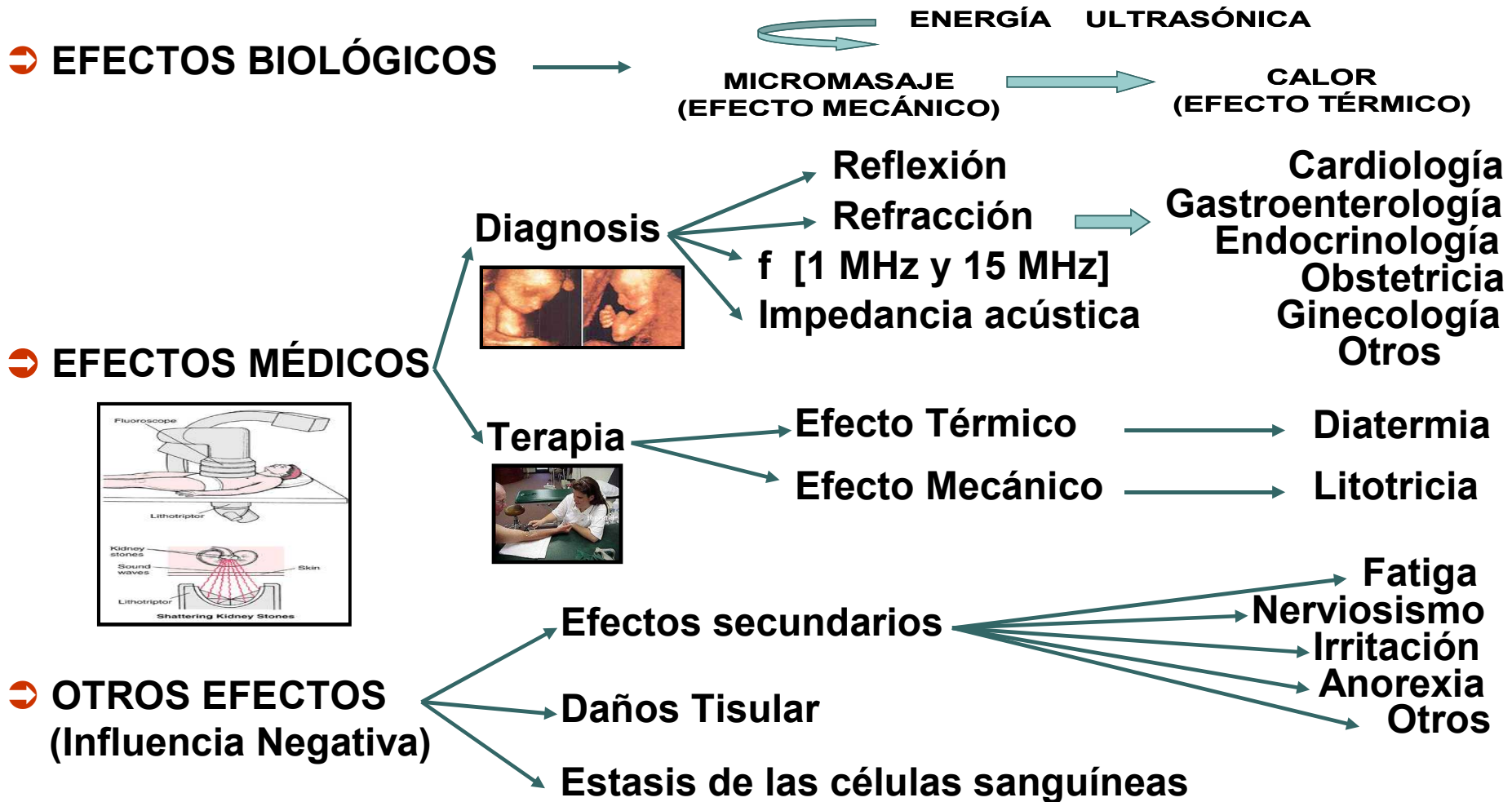
Fenómenos Electrolítico

➔ Cavitación

➔ EFECTOS NO - LINEALES

Precipitación de humus, Filtrado y deshidratación, Lavado de tejidos, Desespumación, otros

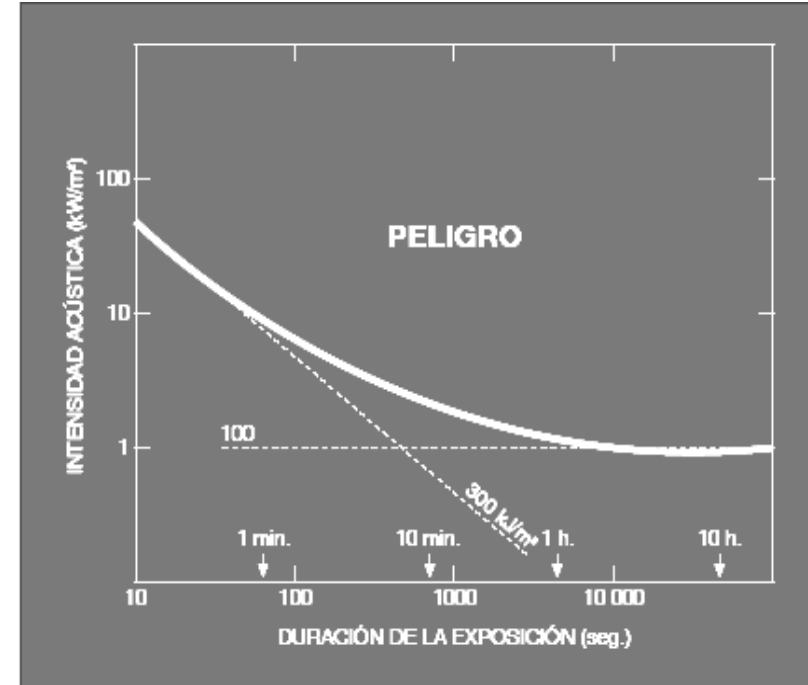
RIESGOS Y EFECTOS (CONTINUACIÓN)



RIESGOS Y LÍMITES DE EXPOSICIÓN/POTENCIA ACÚSTICA

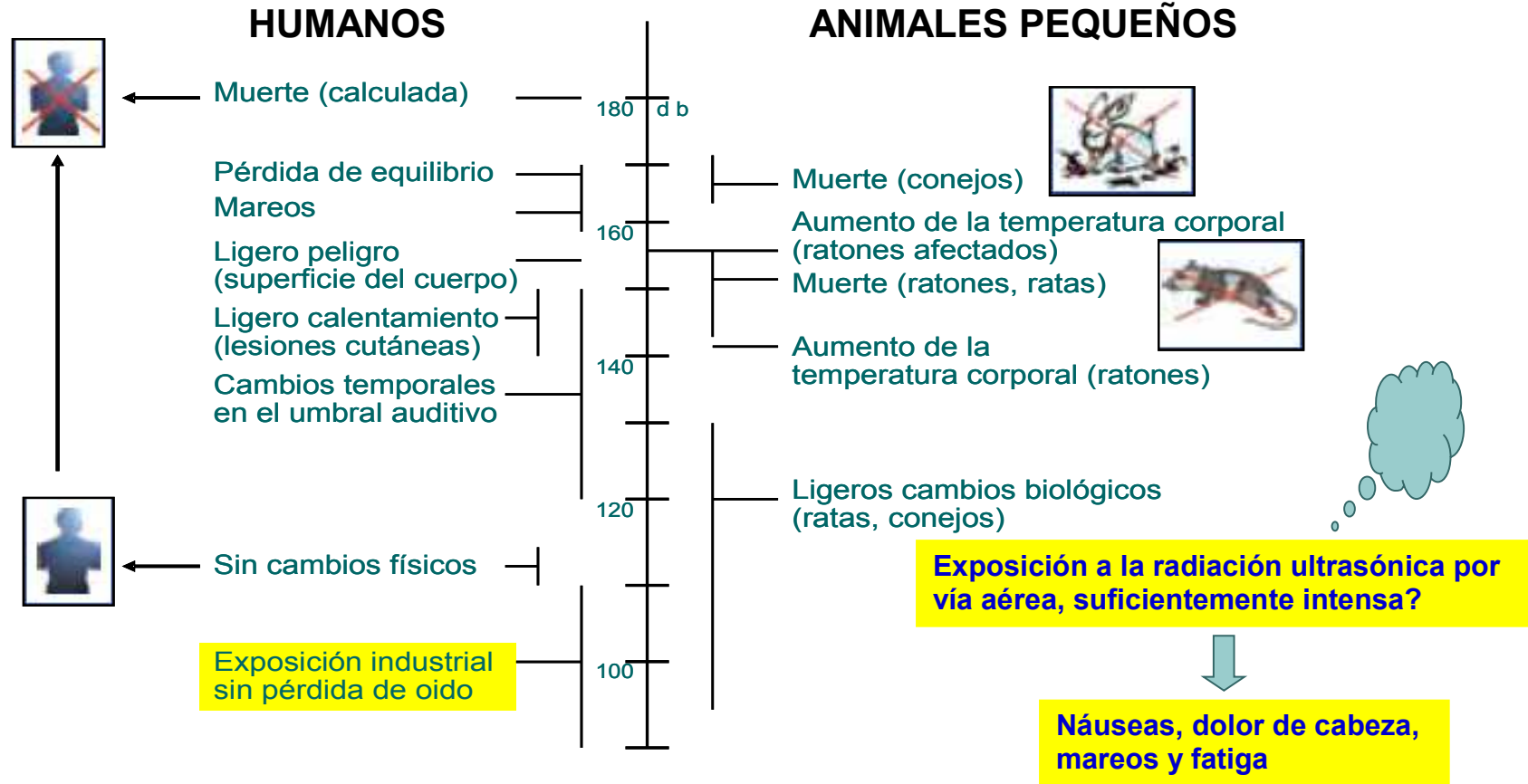
❑ PREMISAS:

- ❖ Los generadores de ultrasonidos utilizados en laboratorios emiten ondas de baja frecuencia (**20-50 kHz**) y de intensidades comprendidas en el rango de **10-60 kW/m²**
- ❖ Por tanto, se puede asumir la presunción de peligro, por contacto directo, a los pocos minutos de ser iniciada la radiación ultrasónica
- ❖ Ejemplo, al introducir un dedo en un baño de ultrasonidos en funcionamiento, a los pocos segundos percibiríamos un dolor intenso, probablemente debido al recalentamiento del hueso
- ❖ El Gráfico muestra, los **límites de exposición** por contacto directo. Por debajo de un **kW/m²** no se aprecian **efectos biológicos**, independientemente del tiempo de exposición. Por el contrario, se considera peligroso y se deben evitar siempre las exposiciones que superen intensidades mayores de **100 kW/m²** [Barceló M. y Salva J., 2003]



LÍMITES DE EXPOSICIÓN POR CONTACTO [NYBORG]

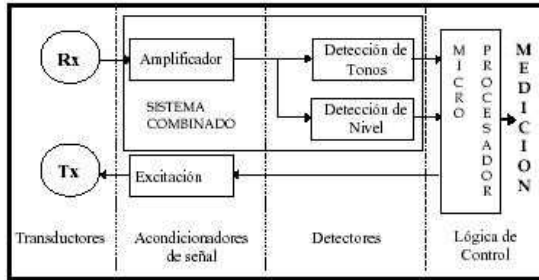
EFFECTOS FISIOLÓGICOS PRODUCIDOS POR LA EXPOSICIÓN A ULTRASONIDOS POR VÍA AÉREA



❖ En la Figura se recogen los efectos fisiológicos producidos por los ultrasonidos sobre el ser humano y animales de laboratorio por exposición aérea a determinadas frecuencias [Barceló M. y Salva J., 2003]

APLICACIONES Y USOS:

➔ GUIADO Y SONDEO



➔ FÍSICAS

➔ QUÍMICAS

➔ TÉCNICAS

Acústica submarina

Navegación de Submarinos

Icebergs

Uso natural (Murciélagos)

Guiado de robots

Estudios de explosiones

Líquidos y Gases (propiedades físicas)

Navegación aérea

Materiales organo-metálicos

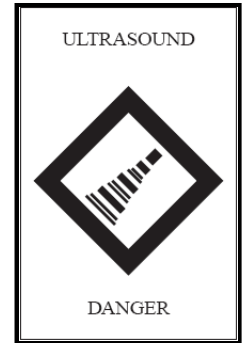
Sonoquímica

Soldadura de plásticos (Sonotrodo)

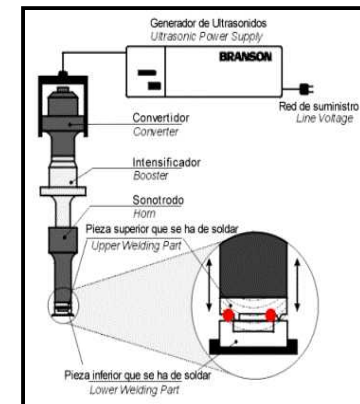
Humus industriales (partículas finas)

Desespumación industrial

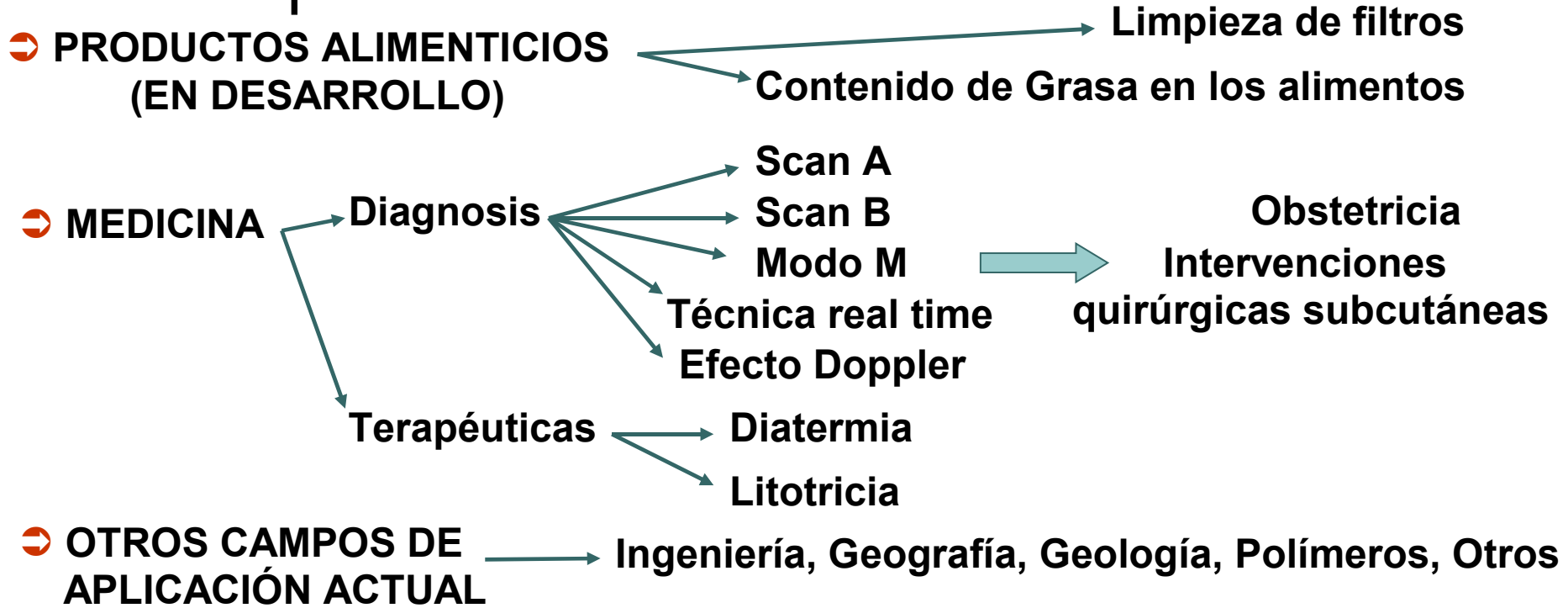
Lavado de textiles



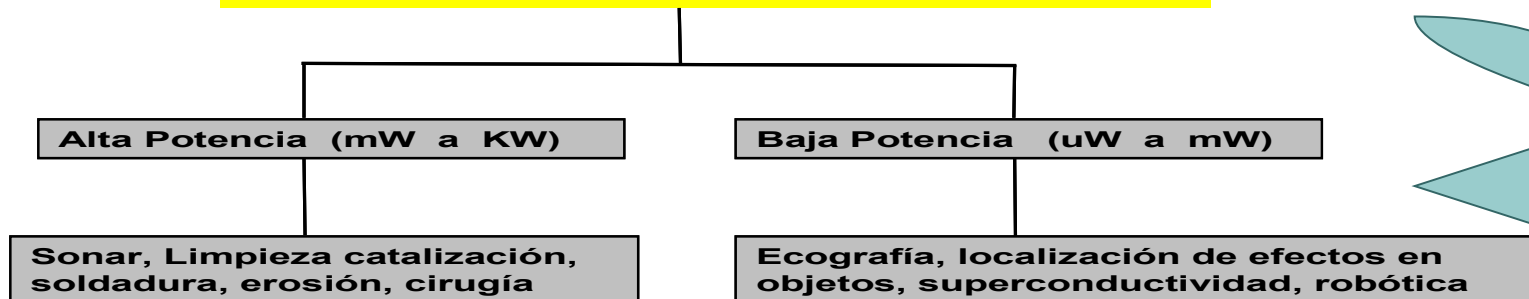
SÍMBOLO DE PELIGRO



APLICACIONES Y USOS (CONTINUACIÓN):



ULTRASONIDOS SEGÚN POTENCIA DE EMISIÓN:



CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

❑ CONCLUSIONES

- ➔ Los ultrasonidos de alta potencia o de alta intensidad pueden afectar el material estudiado, e incluso afectar a todo un proceso o a una reacción química (actuando como catalizadores).
- ➔ Proveen una excelente forma de energía para la modificación de las reacciones químicas, y mucho más eficiente que los normalmente usados (temperatura y luz).
- ➔ La apertura de los efectos de ultrasonidos de alta potencia (Cavitación), aporta la energía suficiente para producir fenómenos físicos y químicos responsable de la acción química en el medio.
- ➔ Las aplicaciones de los ultrasonidos de alta potencia constituyen un área potencial que no ha sido suficientemente explotado y explorado. Esto se debe probablemente a los problemas relativos, complejidad de los mecanismos básicos involucrados y a las dificultades existentes en la generación de ultrasonidos de alta intensidad.

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

❑ CONCLUSIONES

- ➔ Los efectos permanentes que los ultrasonidos de alta intensidad pueden producir en un medio, son consecuencias de fenómenos no-lineales (Ej.: precipitación de humus, desespumación, lavado de tejidos, entre otros), que no se presentan a baja intensidad.
- ➔ Cuando los niveles de potencia elevada de los ultrasonidos se aplican, lo que predomina es el efecto mecánico, y en este sentido, ejercen sus efectos de destrucción, separación o corte. Acción mecánica que condiciona sus efectos térmicos y químicos.

❑ FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ➔ El interés actual por las aplicaciones de ultrasonidos de alta potencia implica la necesidad de realizar estudios de categoría cuantitativa más profundos de los efectos no-lineales, relacionados con los distintos procesos.
- ➔ Ampliar líneas de investigación de ultrasonidos de alta potencia en otros campos tales como: Efectos de erosión en cuencas altas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❑ [Argüelles D. y Barrientos R.], 2004. Ultrasonidos en la Medicina. E.U.I.T. Industrial de GIJÓN. 1-15 p.
- ❑ [Arroyo J. y Flores J.], 2001. Degradación ultrasónica de contaminantes orgánicos. UNMSM., Ciudad Universitaria, Lima-Perú. 1-12 p.
- ❑ [Barceló M. y Salva J.], 2003. Los Ultrasonidos: sus riesgos y normas de prevención. Fundación MAPFRE Seguridad. N° 90-Segundo Trimestre. 1-7 p.
- ❑ Martínez D., 2006. Ecografías 2D, 3D y 4D. Ingeniería de Ondas I. 1-26 p.
- ❑ [Mora L. y Montano S.], 2004. Ultrasonidos. PDF. 1-22 p.
- ❑ Revista de Acústica. 2006. Aplicaciones Industriales de los Ultrasonidos de Potencia. Vol. xxxl. N° 3 y 4. 1-5 p.
- ❑ Revista chilena de radiología, 2004. Historia del Ultrasonido. Vol 10 N° 2. 1-8 p.
- ❑ [Vega L. y Montano S.], 2004. Infrasonidos y Ultrasonidos. IG. I. PDF. 1-54 p
- ❑ <http://www.lpi.tel.uva.es/>: Infrasonidos y Ultrasonidos.
- ❑ <http://www.tece.cu/ultrasonidos/massobreultrasonidos.htm>: Ultrasonidos.
- ❑ <http://www.websdesalud.com/>: Ultrasonidos.

