

La Acústica en las Ciencias de la vida *



Juan A. Gallego-Juárez
Instituto de Acústica, CSIC
C/ Serrano, 144
28006 Madrid

PACS: 43.64, 66, 80

Abstract

Acoustics, the science of sound, was borne and has been developed as a discipline directly linked to the persons and their relation with the environment. There is no other kind of radiation field with such strong interaction with individuals, either in the negative aspects (noise) or in the positive ones (oral communication, music). At present, Acoustics is a wide spectrum discipline with incidence in numerous fields of science, technology and art. Relating to the Life Sciences, the role of Acoustics in Medicine, Biology, Physiology and Psychology constitutes a growing contribution that we summarize in this article. Specifically, this article reviews, in a very general way, the most important aspects of the present status of Biomedical Ultrasonics, Psychophysiological Acoustics and Animal Bioacoustics.

1. Introducción

Acústica es la parte de la Física que estudia las radiaciones mecánicas en medios materiales. Por radiaciones mecánicas entendemos la propagación de las perturbaciones que originan movimientos relativos de los puntos del medio. Es decir, estamos hablando del campo de las ondas elásticas. La Acústica es una disciplina con una tan larga historia que muchos físicos tienden a considerarla como disciplina cerrada. Crean que los grandes desarrollos teóricos están hechos y

que, en la actualidad, el papel de los acústicos es puramente técnico. Este planteamiento que, en algunos sectores de la Acústica, como en tantos otros de la Física, podría ser admisible, carece de fundamento cuando se refiere a todo el contexto de una disciplina tan amplia. De hecho, la Acústica, como ciencia de las ondas elásticas, puede considerarse un campo de la Física paralelo (aunque, por su naturaleza, más limitado) al de las ondas electromagnéticas y nadie se atrevería a afirmar que este sea un campo agotado o cerrado.

La Acústica se divide generalmente en tres grandes ramas en función de los campos de frecuencias y de las características que ellas imponen. Estas ramas son: infrasonidos que comprende el intervalo de frecuencias situadas por debajo del rango audible (0-20 Hz), sonidos que cubren el margen audible (20Hz- 20 kHz) y ultrasonidos que integran el muy amplio espectro de las frecuencias mayores de 20 kHz y que se extiende hasta aproximadamente 10^{12} Hz, es decir, hasta aquellas frecuencias asociadas a las distancias intermoleculares.

El término Acústica proviene del griego y se refiere al sonido audible aunque, como acabamos de ver, este representa sólo una pequeña fracción de todo el campo. La ciencia de los sonidos, nace y se desarrolla como algo directamente ligado al individuo y a su interrelación con el mundo que le rodea. No existe ningún otro tipo de radiación que tenga o haya tenido tal grado de interacción con el individuo, tanto en sus

* Artículo publicado en la Revista Española de Física. Vol. 2, nº 3, 2007 (cortesía de la RSEF)

aspectos negativos (el ruido) como en los positivos (la comunicación oral, la música). En la actualidad la Acústica constituye una disciplina de amplio espectro con ramificaciones en numerosos campos de la ciencia, la tecnología y el arte. Por lo que se refiere a las Ciencias de la Vida, el papel de la Acústica en Medicina, Biología, Fisiología y Psicología, constituye una notable y creciente aportación que trataremos de resumir en este trabajo. En concreto, revisaremos, si bien de forma muy general, los aspectos más destacados de lo que hoy supone la Biomedicina Ultrasónica, la Acústica Psicofisiológica y la Bioacústica Animal.

2. Biomedicina ultrasónica

Las ondas elásticas son todas de la misma naturaleza independientemente de su frecuencia. Sin embargo, la frecuencia impone una serie de características diferenciales que distinguen los tres grandes campos del espectro acústico. En concreto, los Ultrasonidos se caracterizan por no ser audibles para el oído humano, aunque existen algunos animales, que son capaces de generar y detectar un cierto rango de frecuencias ultrasónicas. Esta característica de inaudibilidad es importante para numerosas aplicaciones en las que, la perturbación que podría introducir una frecuencia audible, sería inaceptable. Por otro lado, la alta frecuencia del ultrasonido significa una longitud de onda corta, lo que favorece tanto la alta resolución como la concentración de energía. Por ello el ultrasonido se puede utilizar como medio de exploración y como medio de acción. Como medio de exploración las señales ultrasónicas actúan como instrumento no-invasivo para la obtención de información cualitativa y cuantitativa sobre el interior del cuerpo humano (Diagnóstico Ultrasónico). Como medio de acción los ultrasonidos constituyen una de las fuentes de energía localizada de más alta intensidad con la que es posible alcanzar valores de hasta varios kW/cm^2 ; estas altas intensidades aplicadas a sistemas biológicos originan efectos que pueden ser beneficiosos para producir cambios en la función o para la destrucción de tejidos malignos (Terapia Ultrasónica).

2.1. Diagnóstico ultrasónico [1,2]

2.1.1. Ecografía general

En la medicina actual la utilización de métodos no-invasivos constituye un objetivo prioritario. El ultrasonido de baja intensidad representa una herramienta especialmente adecuada a este fin por su fácil penetración en los tejidos blandos y por su inocuidad al tratarse de una radiación mecánica no-ionizante. Es por esto que la formación de imágenes ultrasónicas ha tenido un rápido desarrollo dando lugar a la especialidad médica conocida como Ecografía.



Figura 1. Imagen ecográfica tridimensional del feto (cortesía del Esaote SpA)

El desarrollo de la idea de transmitir ultrasonidos a través del cuerpo humano para obtener imágenes de su interior tuvo su punto de partida al final de los años 50, cuando se comenzaron a aplicar las técnicas de pulso-eco empleadas en la detección de fallas en el interior de cuerpos opacos (ensayos no-destructivos). La utilización de esta técnica, junto con los rápidos progresos en electrónica, procesamiento de señal y tratamiento de imágenes, ha dado lugar a la introducción de los ultrasonidos en la diagnosis médica como herramienta indispensable. Los sistemas ecográficos actuales son capaces de producir imágenes tridimensionales con alta resolución en tiempo real de las estructuras de tejidos blandos del interior del cuerpo. Un enorme esfuerzo de investigación se está llevando a cabo para mejorar y ampliar la cuantificación de la información diagnóstica así obtenida. La velocidad de propagación del ultrasonido varía desde aproximadamente 1480 m/s en el tejido graso hasta 1600 m/s en el músculo. La velocidad de propagación en el agua es alrededor de 1500 m/s . En el tejido óseo el ultrasonido se propaga entre 1,5 y 3 veces más rápido que en los tejidos blandos y en el pulmón aproximadamente a la mitad.

Como hemos mencionado anteriormente, una de las ventajas de las frecuencias ultrasónicas es la alta resolución que se consigue gracias a las cortas longitudes de onda. Esta alta resolución que, aumenta con la frecuencia, tiene como contrapartida la atenuación de la señal que igualmente aumenta con la frecuencia. Es preciso, por tanto, establecer un compromiso entre la resolución y la atenuación. En general, en la ecografía convencional se utilizan frecuencias en el rango de 1 a 10 MHz. En la actualidad para aplicaciones específicas de muy alta resolución se están desarrollando sistemas por encima de los 20 MHz. La atenuación en los tejidos blandos es del orden de 1 dB cm^{-1} para una frecuencia de 1 MHz y es aproximadamente proporcional a la frecuencia.

¿Cómo se forma la imagen ultrasónica? Como hemos dicho la técnica en la que se basa es la del pulso-eco que, esencialmente, consiste en enviar una señal pulsada y recibir y procesar los ecos de las distintas interfaces que atraviesa. Estos ecos, dan información sobre la posición y características de las interfaces, a través de la medida de sus tiempos de recorrido así como de su amplitud y dirección.

El rápido desarrollo de las técnicas de barrido y focalización electrónica, de los sistemas de transducción ultrasónica multielemento y del procesado de la imagen ha dado un notable impulso a la ecografía en tiempo real bi y tri-dimensional que, en el momento presente, es una técnica bien implantada en diagnóstico obstétrico, abdominal, de mama, transrectal, cardíaco, etc.

2.1.2 Ultrasonografía vascular

La utilización de los ultrasonidos en el estudio tanto de los flujos sanguíneos como de la morfología intravascular, constituye un tema del máximo interés por su importancia clínica en la identificación no-invasiva de los riesgos de lesiones vasculares.

Las técnicas Doppler se utilizan para medir y evaluar el flujo sanguíneo y, como es sabido, se basan en el cambio en frecuencia que se produce cuando una onda es reflejada por un obstáculo en movimiento. Existen diferentes formas para medir el flujo sanguíneo mediante las técnicas Doppler. Las más usuales se basan en la obtención de un perfil de velocidad mediante Doppler pulsado, o bien en la determinación de la velocidad media del flujo con señales Doppler. También se utiliza la medida de las señales Doppler recibidas de todo el volumen de flujo y su distribución espacial para obtener el caudal.

La combinación de la imagen pulso-eco en tiempo real con la información de Doppler pulsado constituye una herramienta de diagnóstico muy potente que se conoce como técnica Duplex. Esta técnica permite caracterizar la morfología intravascular, estudiar arteriosclerosis e identificar placas, deducir sus características y evaluar su incidencia en el flujo sanguíneo. Estas técnicas son igualmente útiles en el estudio del flujo sanguíneo en el corazón.

2.1.3. Otras aplicaciones diagnósticas

El campo de los Ultrasonidos en Medicina está claramente en expansión de modo que, además de las aplicaciones y técnicas anteriormente citadas que están claramente establecidas, existe una amplia gama de métodos y procesos en etapa de investigación y desarrollo.

En este apartado cabe citar la Elastografía basada en el estudio del comportamiento elástico de los tejidos para detectar anomalías. También la Vibro-Acustografía, técnica de prospección basada en las fuerzas de radiación de haces ultrasónicos intensos que inducen en el cuerpo ondas transitorias de cizalladura a audiofrecuencias. Estas ondas permiten obtener imágenes cuantitativas de la distribución del módulo de cizalladura en el cuerpo, lo que viene a sustituir, con notablemente mayor efecto, al procedimiento de palpación tradicional en medicina.

En líneas generales hay que decir que las características elásticas de los tejidos biológicos, constituyen un medio muy sensible para detectar su estado y la determinación de los parámetros de propagación ultrasónica (velocidad y atenuación) representa otra herramienta de diagnóstico. Estas técnicas se están aplicando no sólo a los tejidos blandos sino también a las estructuras óseas facilitando su conocimiento y mejorando los diagnósticos sobre osteoporosis y otros riesgos de fracturas.

Finalmente mencionaremos que el uso de muy altas frecuencias (superiores a 20 MHz) para aumentar la resolución, así como el de agentes de contraste (microburbujas) para una mejor localización, son otros nuevos caminos para la mejora de la exploración y el diagnóstico.

2.2. Terapia Ultrasónica [1, 2, 3]

Los ultrasonidos de alta intensidad ($>0,1-1\text{W}/\text{cm}^2$) pueden producir efectos permanentes en el medio biológico. Estos efectos son consecuencia de los fenómenos no-lineales inducidos por las altas amplitudes tales como la fuerza de radiación, las corrientes acústicas y la cavitación. La fuerza de radiación es una fuerza constante que la radiación acústica de alta intensidad produce al incidir sobre un obstáculo o una interfase como consecuencia del cambio de la cantidad de movimiento de la onda. Las corrientes acústicas son movimientos del fluido inducidos por las altas intensidades atribuibles a las fuerzas de radiación que se generan en el medio disipativo como consecuencia de la absorción de la onda ultrasónica. Finalmente la cavitación, que es el fenómeno más importante producido por las ondas ultrasónicas de alta intensidad en un líquido, consiste en la formación, pulsación y colapso de cavidades o burbujas de gas o vapor en el interior del líquido por acción de las compresiones y depresiones acústicas. Existen dos tipos de cavitación: la estable y la transitoria o inercial. La cavitación estable se produce a intensidades acústicas moderadas (menos de $1\text{W}/\text{cm}^2$) y en ella las burbujas oscilan no-linealmente alrededor de su posición de equilibrio, aumentando de tamaño al atrapar el gas disuelto. La cavitación transitoria o inercial se produce a altas intensidades (mayores de $1\text{W}/\text{cm}^2$) y la burbuja formada, que

se expande durante el semiciclo negativo de presión hasta varias veces su tamaño original, colapsa violentamente en el semiciclo positivo de la presión originando localmente muy altas presiones (varios miles de atmósferas) y temperaturas (varios miles de grados).

Como consecuencia de estos fenómenos, la energía ultrasónica puede activar una serie de mecanismos tales como calor, agitación, difusión, inestabilidades en las interfases, fricción, ruptura mecánica, efectos sonoquímicos, etc. Estos mecanismos pueden utilizarse de forma beneficiosa en la terapia ultrasónica. En líneas generales se puede decir que, dependiendo del tipo de terapia (desde fisioterapia a cirugía), se utilizan niveles de intensidad que varían desde algunos W/cm^2 hasta kW/cm^2 .

Mencionaremos en primer lugar la litotricia, una técnica hoy muy extendida y que marca un hito en el uso terapéutico de la energía ultrasónica. Se basa en la generación extracorpórea de pulsos ultrasónicos de muy alta intensidad u ondas de choque que se focalizan en los cálculos de riñón o de la vesícula biliar para fragmentarlos. Esta técnica, aunque con precedentes anteriores, se originó en los años 80 y ha tenido una rápida difusión. Las presiones acústicas aplicadas en el foco varían desde 15-150MPa y los pulsos son de amplio espectro con frecuencias centrales en el rango de 200 a 600 KHz. La generación de las ondas de choque se suele hacer por tres métodos diferentes: electrohidráulico, en el que una descarga eléctrica se produce entre las dos puntas de un electrodo; electromagnético en el que una membrana es movida por la intensa corriente de un arrollamiento y piezoeléctrico, en el que un mosaico de cientos de estos elementos, formando una superficie curva, se excitan constituyendo una lente focalizadora.

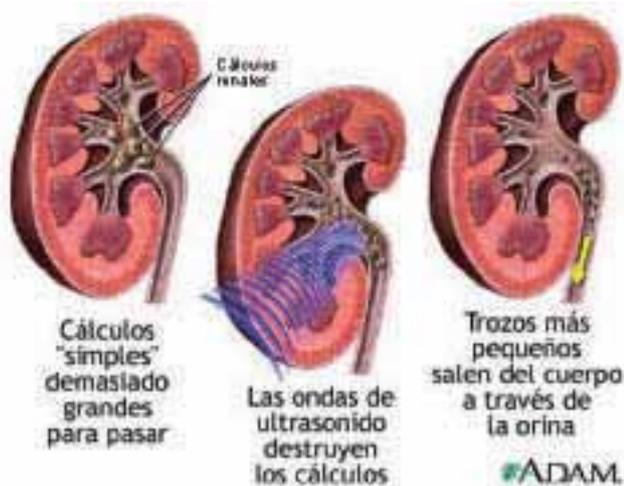


Figura 2. Litotricia ultrasónica: esquema del proceso.

Otros procesos de terapia ultrasónica se emplean sobre tejidos blandos. Se basan en la aplicación de ultrasonidos de alta frecuencia (1-10MHz) y alta intensidad (algunos kW/cm^2) focalizados que pueden inducir rápidos efectos mecánicos y térmicos. Como la energía ultrasónica, al ser focalizada sobre un objeto preciso, puede introducirse en el interior del cuerpo sin dañar los tejidos intermedios, tiene unas grandes expectativas como terapia no-invasiva. El procedimiento de aplicación se combina con la ecografía ultrasónica, que sirve como imagen-guía para precisar el punto o la zona donde la energía ultrasónica tiene que actuar. Esta técnica, que se conoce con el nombre de HIFU (High Intensity Focused Ultrasound) está teniendo un rápido desarrollo en la producción de diversos bioefectos terapéuticos. Los mecanismos principales son mecánicos (mediante los elevados esfuerzos y la cavitación se puede destruir el tejido por ruptura mecánica) y térmicos (la alta frecuencia rápidamente absorbida por los tejidos resulta en elevaciones de la temperatura). Una de las aplicaciones en que el mecanismo térmico es determinante es la hemostasis: el rápido incremento de temperatura por encima de los $60^{\circ}C$ produce desnaturalización de la proteína y necrosis coagulativa del tejido, manteniendo su integridad. Este proceso se está aplicando en el tratamiento rápido de traumas para evitar las pérdidas de sangre. Asimismo es una técnica de gran potencial en intervenciones quirúrgicas.

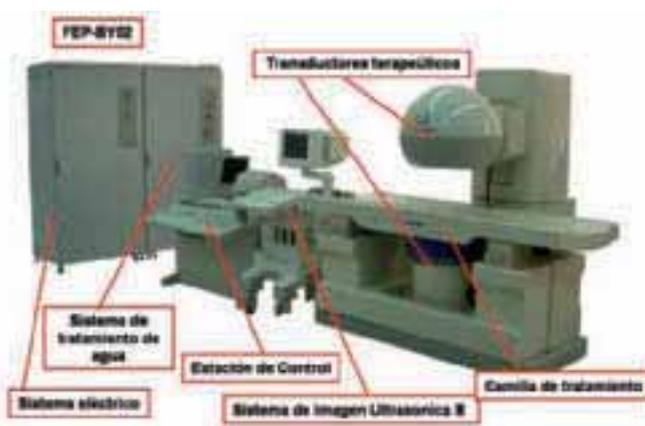


Figura 3. Equipo combinado de terapia e imagen Ultrasónica.

El mecanismo destructivo de la alta intensidad ultrasónica, producido básicamente mediante la cavitación, se aprovecha terapéuticamente junto con el efecto térmico (hipertermia) para la eliminación de tejidos malignos. Se ha demostrado que la irradiación con alta intensidad ultrasónica produce la regresión e incluso la total eliminación de ciertos tumores. Tumores cerebrales, de hígado, riñón, próstata y mama han sido tratados exitosamente con ultrasonidos.

Una aplicación muy actual de la energía ultrasónica es la sonoporación, de gran interés en terapia genética. La sono-

poración utiliza la interacción de la energía ultrasónica con microburbujas para permeabilizar transitoriamente la membrana celular permitiendo el suministro de ácidos nucleicos a una célula o a un tejido para la producción o inhibición de una proteína específica. Este procedimiento se utiliza igualmente para el suministro de componentes activos.

Finalmente y para no extendernos demasiado nos limitaremos simplemente a mencionar otras terapias ultrasónicas bien conocidas como la fisioterapia ultrasónica, la eliminación de cataratas o los tratamientos dentales. Recientemente los ultrasonidos han entrado también en el campo de la terapia estética para la eliminación de la grasa superflua. El procedimiento consiste en la aplicación extracorpórea de la alta intensidad que se focaliza sobre el panículo adiposo causando la ruptura de la membrana de los adipositos. La grasa destruida se elimina por el sistema linfático.

2.3. Biotecnología y Análisis Clínicos: micromanipulación celular [5]

Efectos de los ultrasonidos de alta intensidad tales como las corrientes acústicas y las fuerzas de radiación, se aprovechan para la manipulación de células de forma no invasiva. Este procedimiento sirve tanto para agregar como para separar o transportar células, lo que es de gran interés en Biotecnología y en Análisis Clínicos. Los sistemas de micromanipulación básicamente consisten en la formación de campos estacionarios de alta frecuencia (varios MHz) en el líquido o suspensión biológica y en la adecuada utilización de las fuerzas acústicas que ahí actúan para producir la agregación o separación de las células o partículas suspendidas. Dado que el diámetro de las células o partículas es mucho menor que la longitud de onda, las fuerzas de radiación actúan principalmente en una dirección y las partículas se mueven, según los tipos, hacia los nodos o los vientres de la onda estacionaria. Actúan además las fuerzas de radiación secundarias que también influyen en el movimiento de las células o partículas. Los sistemas de micromanipulación requieren una gran precisión en el diseño y fabricación para satisfacer los criterios de resonancia. Hay que pensar que las frecuencias empleadas implican dimensiones en las cavidades resonantes de algunos centenas de micras.

Mediante este tipo de procesos es posible mezclar, manipular concentrar y filtrar sistemas celulares de forma no-invasiva y con niveles energéticos que están muy por debajo del posible daño celular. Entre las aplicaciones más importantes se incluyen: transferencia molecular a las superficies para mejora de las reacciones superficiales en sensores biológicos y químicos, mezcla y lavado de muestras para biosensores y análisis general, profiltración de partículas de suspensiones analíticas, concentración de partículas para in-

crementar la sensibilidad de los biosensores, captura de células en flujos de nutrientes para mejorar y controlar el crecimiento de cultivos celulares y tejidos artificiales, captura y manipulación de cultivos celulares y agregación de células para estudiar su interacción.

3. Acústica psico-fisiológica

3.1. Acústica fisiológica [6]

La acústica sónica que, como hemos indicado, cubre el margen de las frecuencias audibles, se caracteriza esencialmente por su incidencia como medio de comunicación y de interacción entre los seres humanos. De ahí se derivan numerosos aspectos relacionados tanto con la fisiología de los órganos emisores y receptores del sonido, como con su incidencia en el individuo y su entorno, es decir, el ambiente sonoro.

El aparato audiovocal humano es el sistema emisor y sensor de las señales acústicas. Se trata de un sistema fisiológicamente complejo en el que intervienen diversos órganos del cuerpo. En la generación de la voz participan los pulmones, la laringe, la faringe y la boca. La voz se forma en la laringe, con el aire expulsado de los pulmones, mediante contracciones rápidas de las cuerdas vocales. Las frecuencias de las vibraciones que se generan dependen de las órdenes motoras enviadas desde el cerebro a los cartílagos. La voz así generada atraviesa las cavidades de la faringe y la boca que actúan como resonadores. La voz es una señal compleja compuesta por frecuencias básicas de las cuerdas vocales y un gran número de armónicos. El aparato vocal incluye, como se ha dicho, un conjunto de resonadores que refuerzan determinados sonidos. La calidad de la voz viene determinada por las cuerdas vocales que condicionan los parámetros básicos, como son la intensidad, establecida por la amplitud, el tono, marcado por la frecuencia básica y el timbre conformado por el contenido de armónicos.

Teniendo en cuenta las frecuencias básicas y los armónicos, la voz humana se extiende en una banda de frecuencias entre 100 y 9000 Hz. Los niveles de presión sonora generados por una voz normal son del orden de los 50 dB mientras que un cantante profesional puede alcanzar los 80 dB.

La inteligibilidad de la palabra es un factor muy importante en la comunicación tanto para la transmisión directa como a través de sistemas reproductores. En esto influyen varios factores, entre los cuales las peculiaridades fisiológicas de la fuente sonora. La voz como fuente sonora tiene, por otra parte, unas características específicas de direccionalidad que son determinantes en la comunicación.

El sistema de fonación, sistema emisor, está directamente ligado con el sistema auditivo, sistema receptor. El oído es un órgano muy complejo que, como es sabido, consta de tres partes esenciales: oído externo, medio e interno. La onda acústica es captada por el pabellón auditivo y conducida por el conducto auditivo hacia la membrana timpánica. Las vibraciones de esta membrana son transmitidas a través de la cadena de huesecillos del oído medio hasta una delgada membrana que cierra la ventana oval del oído interno. El oído interno tiene tres partes: el vestíbulo, los canales semicirculares y la cóclea o caracol que tiene forma de espiral. El oído interno está ocupado por líquidos linfáticos y está separado del oído medio por las ventanas ovales y redondas que están cerradas por evitar el escape del líquido que lleva el oído interno. La ventana oval comunica con la zona superior mientras que la zona inferior está separada por la ventana redonda cerrada por una membrana muy flexible. La cóclea tiene una estructura compleja constituida por una capa ósea y tres membranas: basilar, tectorial y de Reissner. La capa ósea es portadora del nervio auditivo y contiene las fibras nerviosas que llegan hasta la membrana basilar. El órgano de Corti, estructura epitelial que se extiende sobre el conducto coclear, actúa como aparato sensorial terminal en la percepción del oído.

Para que se inicie el proceso de percepción es necesario que las ondas sonoras lleguen a estimular las células sensoriales. La cóclea, gracias a la membrana basilar y al órgano de Corti, realiza una discriminación de las frecuencias a través de la variación en la rigidez y espesor de la membrana así como en la masa del órgano de Corti.

El estímulo sonoro se transmite a las áreas auditivas corticales mediante el sistema nervioso. En el nervio acústico la frecuencia viene marcada por la especificidad de las fibras, mientras que la intensidad depende del número de fibras en funcionamiento. Los dos oídos son receptores independientes y no hay interferencias entre ellos. La información que recibe cada oído se procesa en el cerebro, pudiéndose determinar con bastante precisión, mediante esta recepción binaural, la dirección de la fuente sonora.

En resumen los órganos de audición-fonación constituyen un sistema fisiológicamente muy complejo con notable incidencia en la salud. Los problemas relacionados tanto con la audición como con la fonación son numerosos y variados y constituyen permanente motivo de investigación tanto en lo que se refiere a un mejor y mayor conocimiento de los mecanismos como a la solución de problemas patológicos.

Por lo que se refiere a los mecanismos, el funcionamiento de la cóclea, aunque conocido, no siempre es bien interpretado. Se sabe, por ejemplo, que el oído emplea un proce-

so activo que añade energía a la frecuencia que trata de detectar. Este proceso implica producir en la cóclea un efecto de sintonización y ganancia. La medida de la velocidad de la membrana basilar ha mostrado que existe este efecto de sintonización. Por otro lado, se han encontrado en la cóclea grupos de células electromóviles capaces de generar oscilaciones a frecuencias particulares que pueden actuar como amplificadores de señales específicas.

La respuesta de la cóclea para ondas no lineales, el papel de las células capilares externas en la respuesta a las altas frecuencias, la influencia de las células capilares internas en la transmisión del impulso nervioso, etc, constituyen temas muy actuales de investigación en el mecanismo de la audición.



Figura 4. Esquema de un oído con implante coclear.

Por lo que se refiere a la patología de la audición, hay que mencionar sobre todo los avances conseguidos en los implantes cocleares que han dado lugar a la generación de dispositivos de altas prestaciones, capaces de restaurar la comunicación hablada a un gran número de sordos. Un implante coclear tiene cinco componentes principales, de los cuales sólo dos van en el interior del cuerpo. Un micrófono externo capta los sonidos y los dirige a un procesador que se coloca detrás del oído. Las señales procesadas se pasan a un radiotransmisor que transmite información a un receptor implantado en el hueso situado encima del oído. De ahí las señales eléctricas pasan a un array de electrodos colocados dentro de la cóclea y que directamente estimulan el nervio auditivo. Hay que decir que la audición mediante un implan-

te coclear es diferente de la audición normal y requiere un fuerte aprendizaje. Sin embargo, permite que personas con sordera profunda puedan entender sonidos y mantener conversaciones.

Otros procedimientos terapéuticos para curar determinados tipos de sordera se están encaminando en la línea de la investigación genética, donde ya se ha visto que eliminando o insertando determinados genes se pueden hacer proliferar células capilares de la cóclea o incluso formar nuevas células. Se trata de un campo de investigación que progresa con buenas perspectivas.

3.2 Acústica psicológica. El ambiente sonoro [7]

El sonido tiene una incidencia capital en la vida de las personas. Sin embargo, no se le ha dado la importancia que le corresponde quizás porque la sociedad ha estado regida más por una cultura visual que auditiva. Sólo recientemente se comienza a valorar la calidad de los sonidos. Así han surgido a partir de los años 70, los conceptos de Ecología Acústica y del Paisaje Sonoro. La idea que se trata de introducir es la de la percepción consciente del sonido como elemento esencial en todas nuestras actividades. El paisaje sonoro, al igual que el paisaje visual, debería ser un signo indicativo y característico de una comunidad, de un lugar, o de un acontecimiento. De la misma forma que se preserva el paisaje natural habría que preservar el paisaje sonoro. Sin embargo, en el mundo desarrollado, la riqueza sonora se ha ido destruyendo y los sonidos se han transformado en algo negativo que los individuos tratan de bloquear en lugar de oír. Se ha llegado al punto de que, en gran parte, el sonido en lugar de ser vehículo de la información se ha transformado en fuente de enmascaramiento de la misma, es decir, en ruido. En esta situación, el ambiente sonoro se identifica con el ruido que, evidentemente, representa una molestia para el individuo. El ruido es un sonido no deseado que afecta el bienestar fisiológico y psicológico. Para controlar los efectos negativos del ruido, se establecen normativas que, hasta ahora, se han centrado fundamentalmente en limitar los niveles de intensidad que pueden tener efectos negativos sobre las funciones fisiológicas, como la pérdida de audición. Sin embargo, el ruido incide sobre factores psicológicos subjetivos siendo causa de fatiga, irritabilidad, falta de atención etc. De ahí que el nivel de intensidad se considere como un parámetro demasiado simple para determinar la nocividad del ruido.

En la actualidad, las investigaciones se orientan hacia un mejor y mayor conocimiento de parámetros psicoacústicos que determinen la calidad del ambiente sonoro. Esta calidad viene indefectiblemente relacionada con variables socioculturales y urbanísticas. Se trata de luchar contra los efectos físicos y psicológicos del ruido restaurando, en la medida de

lo posible, una relación natural entre el ambiente acústico y el individuo. Es decir, recuperar, apreciar y preservar la calidad del paisaje sonoro.

4. Bioacústica [8, 9]

La Bioacústica Animal, frecuentemente llamada simplemente Bioacústica, estudia los sonidos de los animales, su comunicación acústica y la relación con su comportamiento, la anatomía de sus órganos de audio-fonación y neurofisiológicos, sus capacidades auditivas así como las de ecolocalización que poseen algunos de ellos. También se estudian los efectos del ruido sobre los animales. La Bioacústica es por tanto un campo enormemente amplio ya que prácticamente todos los animales producen algún tipo de sonido. Sería, por tanto, aventurado tratar de resumir aquí en pocas líneas la enorme variedad que supone. Así pues nos limitaremos a destacar y mencionar el comportamiento acústico de algunos animales en los que el uso de las ondas acústicas tiene un carácter relevante.

En la naturaleza existen algunos animales en los que el sistema acústico es fundamental. Este es el caso de los murciélagos. En el siglo XVIII el biólogo italiano Spallanzani, observando el comportamiento de los murciélagos, entrevió la existencia de “sonidos particulares”. Fueron los primeros pasos para revelar la existencia de “sonidos inaudibles” es decir los ultrasonidos. Como hoy es bien conocido, los murciélagos se orientan en la oscuridad emitiendo señales ultrasónicas y captando sus ecos, para lo que disponen de un potente sistema auditivo. Este mecanismo de guía, conocido como biosonar o ecolocalización, ha sido estudiado sistemáticamente y ha servido incluso para desarrollar ideas aplicables a los sistemas de ecolocalización artificiales. Estudios recientes han revelado que, diferentes clases de murciélagos, utilizan distintos tipos de sonidos, dependiendo de sus hábitats específicos. Este sistema les sirve asimismo para capturar los insectos con los que se alimentan.

Otros animales ecolocalizadores, como la lechuza, distinguen no sólo objetos diferentes sino que además son capaces de discriminar si se trata de obstáculos a evitar o por el contrario alimentos a tomar.

La ecolocalización se basa, en principio, en la medida del tiempo de recorrido del impulso acústico emitido y del eco recibido, lo que da información sobre la distancia. Sin embargo, el sistema que estos animales tienen para procesar la señal es más complejo y le da más información, de manera que podría decirse que se trata de un sistema similar al de la visión pero basado en el sonido.

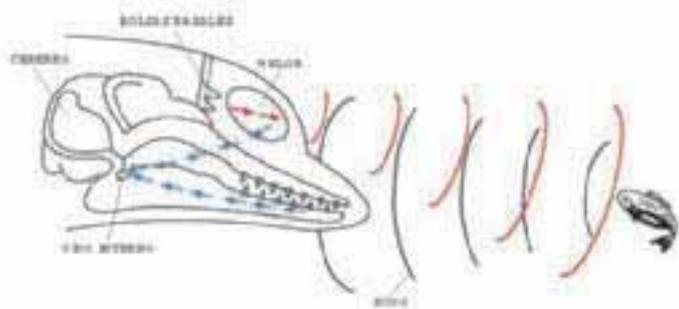


Figura 5. Sistema de ecolocalización en los delfines.

En el mundo marino, las comunicaciones acústicas son esenciales ya que se propagan con mayor facilidad y rapidez que en el aire. De hecho se puede decir que, al menos la mitad de todas las especies de peces, emiten sonido. La Bioacústica Marina es, por tanto, un campo muy extenso. El comportamiento acústico de mamíferos marinos, como las ballenas y los delfines, ha sido ampliamente estudiado. En los últimos años estos estudios se han extendido a diversos tipos de peces y mariscos ya que, la detección e identificación de los sonidos por ellos emitidos, pueden ser muy útiles tanto para la pesca como para la protección de las especies. Esta tarea es, sin embargo, muy compleja ya que el mar es un lugar ruidoso y es difícil separar e identificar los sonidos de cada pez. Estos y otros variados aspectos son el objeto de las investigaciones en Bioacústica que es, sin duda, un campo en expansión.

Finalmente citaremos como dato curioso la utilización de los delfines en terapia humana. La terapia, asistida por delfines, se basa en aprovechar su sistema de ecolocalización para producir efectos beneficiosos en una persona introducida en el agua en sus proximidades. A corta distancia el delfín concentra sus señales (impulso de 500Hz cada 2,5 segundos) sobre la columna del paciente y sobre el cerebro. Existen pruebas de que esta terapia produce efectos analgésicos, mejora la depresión e incrementa las habilidades en niños autistas.

Conclusion

Esta breve revisión ha tratado de mostrar algunos de los muchos aspectos en los que la Acústica juega un papel significativo dentro de las Ciencias de la Vida. Se puede decir que no existe prácticamente ninguna faceta de la vida humana (y hemos visto que también de la vida animal) en la que la Acústica no esté presente. La Acústica sónica está li-

gada a los órganos de audio-fonación del individuo y a la comunicación entre los seres humanos, con todas sus implicaciones fisiológicas y psicológicas. Pero además, hemos visto que las ondas acústicas se utilizan como instrumento de diagnóstico y terapia, constituyendo en la actualidad la Medicina Ultrasónica un campo de primordial importancia.

Todo ello nos hace concluir afirmando que, precisamente en el campo de las Ciencias de la Vida, es donde el potencial de la Acústica tiene claramente más interés actual y mayores perspectivas futuras.

Bibliografía GENERAL

- [1] "Biomedical Ultrasonics", P.N.T. Wells, Academic Press, New York, London 1977.
- [2] "Medical Ultrasonic Diagnostics", A. Goldstein and R.L. Powis in "Ultrasonic Instruments and Devices" pp. 43-191, R. N. Thurston, A.D. Pierce, E. Papadakis (Eds) Academic Press, 1999.
- [3] "Ultrasound: Biological Effects and Potential Hazards", A. Roy Williams, Academic Press, London New York 1983.
- [4] "Nonlinear Acoustics at the Turn of the Millenium", W. Lauterborn and TH. Kuz (Eds), AIP, Melville, New York 2000.
- [5] "Separation of liquids from blood utilizing ultrasonic standing waves in microfluidic channels", F. Peterson et al., Analyst 2004, 129, 938-943.
- [6] "Clinical Audiology: An overview", L.E. Humes in Handbook of Acoustics pp. 1209-1219, M. J. Crocker (Ed), John Wiley and Jons. Inc New York 1998.
- [7] "The tuning of the World" R. Murray Shafer, New York: Knoff, 2ª Edición 1994
- [8] "Animal sonar systems", R.G. Busnel and J.F. Fish, Plenum Press, New York 1980.
- [9] "Acoustic behaviour of animals", R. G. Busnel (Ed), Elsevier Publishing Co., Amsterdam 1963.



Acusttel®

compromiso por la calidad acústica

empresa patrocinadora de Tecniacústica 06 en Gandia

ingeniería para el control del ruido

instalaciones acústicas

laboratorio de ensayos

ingeniería y consultoría acústica

I+D+i

902 36 02 52



Empresa con acreditación ENAC como laboratorio de ensayos acústicos

La nueva generación de sonómetros

No es solo una novedad. Es la nueva generación de sonómetros, una nueva presencia en el mundo del ruido ambiental y las vibraciones.

Sin complejidades, está diseñado para hacer la vida más fácil; sin exigencias, trabaja para usted; y además, se adapta a cualquier idioma.

Hecho a su medida

Con más de 60 años como pioneros dentro del mundo del sonido y la vibración, Brüel & Kjær presenta su 4ª generación innovadora de instrumentos manuales para la medida de vibraciones y sonido.

El desarrollo de esta última generación -centrada en el Tipo 2250 - está inspirado completamente en las exigencias de usuarios que participan en seminarios y reuniones en todo el mundo. El hardware ha sido diseñado para cumplir las exigencias específicas ergonómicas de los usuarios, y el software de aplicación abarca todo sobre ruido ambiental, resolución de problemas, salud laboral y control de calidad.

Los paquetes de programas de software se pueden adquirir de forma separada, por lo que usted conseguirá lo que necesita justo cuando lo necesite y además será más fácil adaptarnos a sus exigencias si éstas cambian. De esta forma, la plataforma le asegura su inversión ahora y en el futuro.

Creado, construido y hecho para usted personalmente, verá como el 2250 marca una gran diferencia en su trabajo y en todas sus tareas de medición.

¡Consúltenos!

Para más información, contacte con Brüel & Kjær Ibérica, S.A.

Sede social:

Teide, 5 28700 San Sebastián de los Reyes (Madrid)
Tel.: 91 6590820 Fax: 91 6590824

Delegación:

Valencia, 84-86 Interior 08015 Barcelona
Tel.: 93 2264284 Fax: 932269090

www.bksv.es email: bruelkjaer@bksv.com

Tipo 2250

Brüel & Kjær 

PULSE *multi-analizadores*



Las nuevas unidades de adquisición 3560-L y 3560-B se añaden a la **familia PULSE** haciendo posible elegir el modelo exacto que usted necesita.

Desde la medida más sencilla, de un solo canal, hasta las tareas de holografía acústica más complejas en tiempo real multicanal, todas las aplicaciones de acústica y vibraciones están cubiertas con PULSE, un sistema abierto, flexible y 100% compatible con otras aplicaciones.

Con más de 5.000 sistemas vendidos (cifras de abril 2004), PULSE se ha convertido en la plataforma de análisis de ruido y vibraciones de más éxito y mayor crecimiento en el mercado.

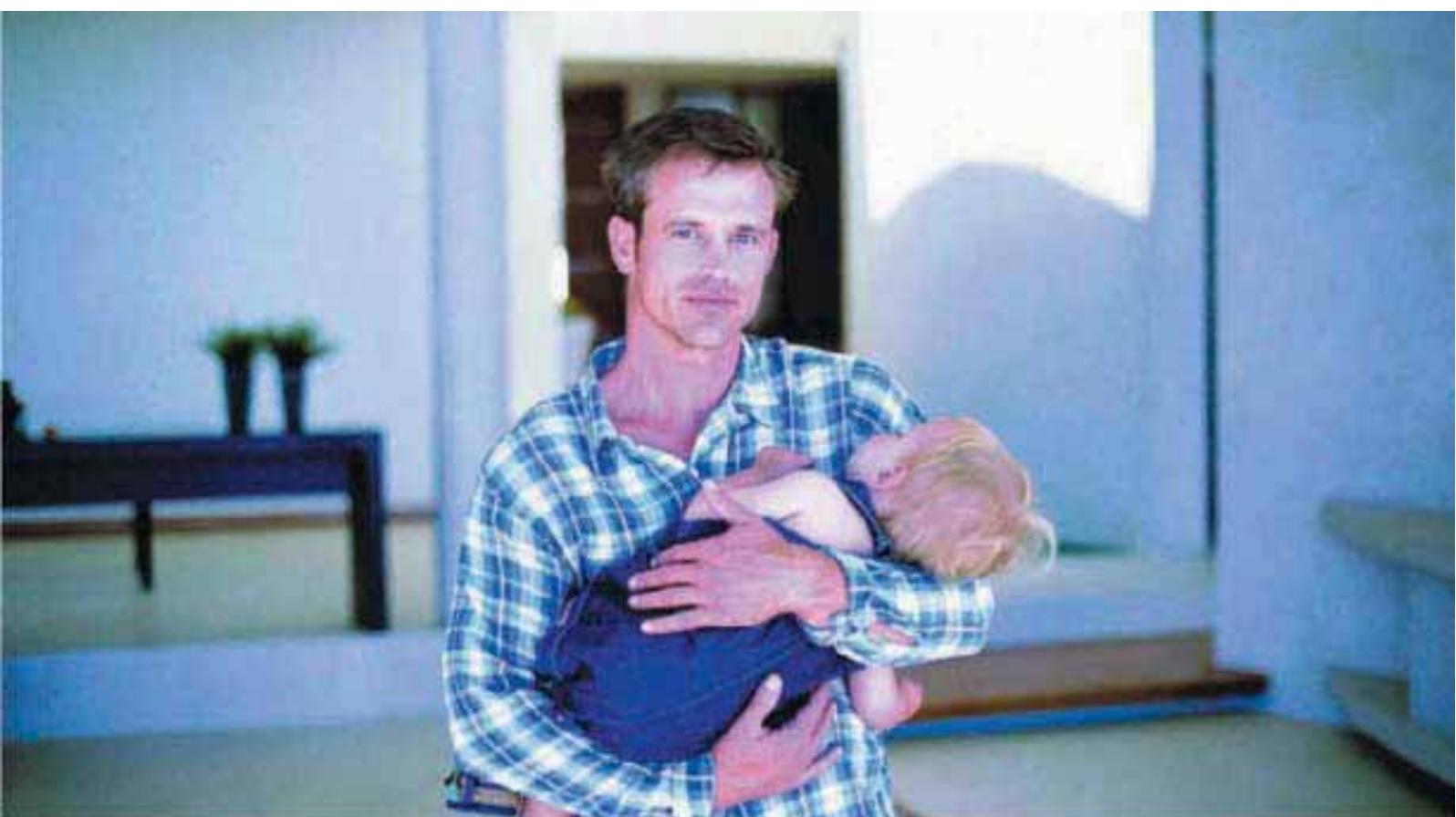


Tipo 2260

2260 Observer es un sonómetro y analizador portátil capaz de realizar todas las medidas y análisis que normalmente se utilizan en la evaluación de ruido en comunidades y entornos de trabajo. 2260 Observer cumple la nueva norma sobre sonómetros IEC 61672, así como las normas IEC anteriores (60651 y 60804) y las normas ANSI más recientes, además de tener la aprobación de modelo.

Todos los parámetros de banda ancha y valores estadísticos se miden en paralelo, de forma que no se pierde ningún detalle: todos los parámetros están ahí, y sólo hay que elegir qué es lo que se desea examinar, ahora o más tarde.

2260 *investigator*



Y tú, ¿qué valor le das al silencio?

ChovACUSTIC[®]

Aislamiento acústico para la edificación

Disponible el libro "Aislamiento Acústico para la Edificación".
Solicítelo gratuitamente en el 902 10 90 20 o en www.chova.com



ChovA

SISTEMAS DE AISLAMIENTO
Y COLGANTES

Obtenga la Propuesta Técnica Idónea para
su proyecto y ejecución de obra.



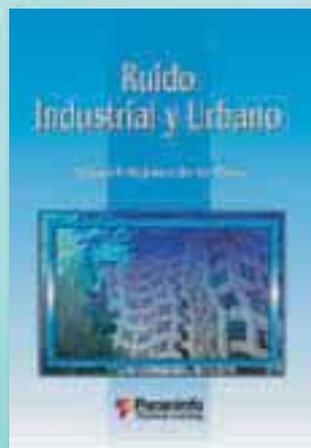
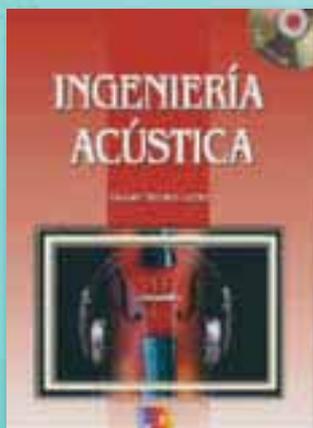
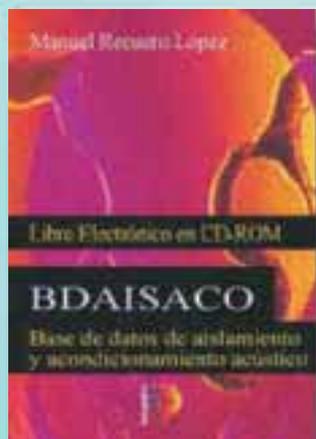
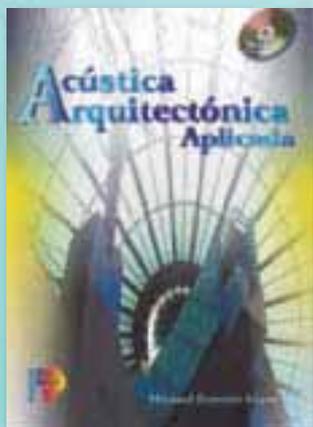
LÍNEA ATENCIÓN AL CLIENTE: 902 10 90 20

www.chova.com

e-mail: chova@chova.com



Real Decreto 1027/2007
de 20 de julio



Más información en:
www.paraninfo.es

Recortar el boletín de pedido y enviar a **Paraninfo Cengage Learning** c/Magallanes 25 - 28015 Madrid
También puede hacer su pedido por Fax: **91 445 62 18** o a través de e-mail: clientes@paraninfo.es

No olvide indicar nº de campaña si el pedido es a través de e-mail

Ruego me envíen los títulos que indico a continuación:

- ISBN: 9788428327992 **Acondicionamiento acústico**. 43,70 Euros
 ISBN: 9788428325714 **Acústica arquitectónica aplicada**. 68,50 Euros
 ISBN: 9788428326360 **BDAISACO**. 219,30 Euros
 ISBN: 9788428329408 **CTE. Código técnico de la edificación**. 48,70 Euros
 ISBN: 9788428315609 **Diccionario de arquitectura, construcción y obras públicas**. 40,10 Euros
 ISBN: 9788428326391 **Ingeniería acústica**. 73,40 Euros
 ISBN: 9788428330206 **RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios**. 10,00 Euros
 ISBN: 9788428326827 **Ruido industrial y urbano**. 20,50 Euros

Campaña 132

 **PARANINFO**
CENGAGE Learning

Nombre y Apellidos _____ DNI/CIF _____
 Calle _____ Nº _____
 Ciudad _____
 Distrito Postal _____ Provincia _____
 Fecha _____ Teléfono _____

Para su pago:
 Remito giro postal de _____ Euros
 Adjunto cheque de _____ Euros
 Envíen a reembolso con gastos a mi cargo
 Efectúen cargo en tarjeta de crédito:
 VISA
 AMERICAN EXPRESS
 Número _____
 Titular _____
 Fecha de caducidad _____
 Firma del titular
 de la tarjeta

Gastos de envío 3 euros (en el caso de reembolso existe una tasa añadida por correos, según sus tarifas vigentes)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/99, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos de que los datos personales que nos ha facilitado pasarán a formar parte de la base de datos de Cengage Learning Paraninfo S.A., con la finalidad de poder informarle sobre las ofertas, productos y promociones que ofrece Cengage Learning Paraninfo S.A. Usted podrá dirigirse en cualquier momento al departamento de atención al cliente (C/ Magallanes, 25 28015 Madrid) para solicitar la cancelación, rectificación, acceso y oposición de los datos facilitados.

Precios válidos salvo error de impresión