

UNIDAD X: Bioacústica: sonido-ultrasonido. Naturaleza del sonido. Clasificación del sonido. Origen del ultrasonido. Interacción del ultrasonido con los tejidos. Características de los transductores ecográficos. Diferencia entre Doppler y Ecografía. Usos. Acústica. Presión acústica. Sonoridad, umbral de audición y escala decibel. Oído de los mamíferos

ONDAS Y SONIDO

Para los animales, entre los cuales nos incluimos, las ondas sonoras son especialmente relevantes, y ser capaces de recibirlas y procesarlas es crucial para la supervivencia y para la comunicación.

El sonido es una onda creada por la vibración de objetos y que se propaga a través de un medio. El medio, normalmente el aire aunque puede ser cualquier material como el agua o un metal, es el responsable de transmitir la perturbación de un lugar a otro; en términos generales, el medio es un conjunto de partículas entrelazadas que interactúan entre sí. También es esencial la fuente de onda, cualquier objeto capaz de perturbar la primera partícula del medio.

Esta perturbación se puede crear de muchas maneras, por ejemplo, mediante la vibración de las cuerdas vocales o del diafragma de un altavoz. Una vez creada esta perturbación, la onda sonora se propaga desde su origen hasta otro lugar a través de la interacción entre las partículas.

Debido a que las ondas sonoras se transmiten a través de un medio por la interacción entre partículas, se designan ondas mecánicas. Por tanto, al depender del medio, no se pueden propagar en el vacío, al contrario de las ondas electromagnéticas.

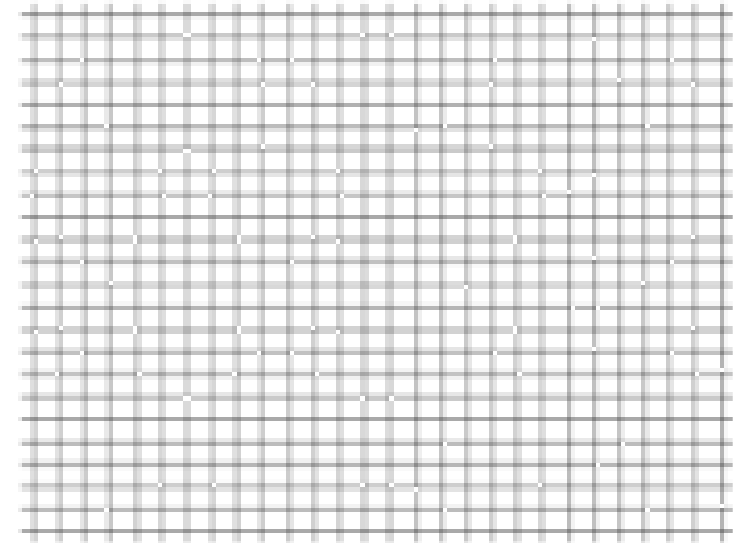
ONDAS Y SONIDO

En las ondas sonoras, las partículas del medio que sirve de vehículo al sonido vibran en la misma dirección en la que la onda sonora se desplaza, por tanto, se denominan **ondas longitudinales**.

Tomemos como ejemplo la onda creada por el diafragma de un altavoz. Cuando la membrana que forma el diafragma se mueve hacia delante, empuja las moléculas de aire de alrededor, moviéndolas hacia sus contiguas. De esta forma las moléculas en esa región se comprimen en una zona más pequeña.

La repetición de los movimientos hace que las moléculas individuales (o una capa de moléculas) que se encuentren directamente delante del diafragma, vibren continuamente hacia delante y hacia atrás (en la horizontal). Estas vibraciones afectan, a su vez, a otras partículas adyacentes, por interacción entre partículas, transmitiendo así la onda.

Este patrón de repetición de regiones de altas y bajas presiones moviéndose por el medio hace que la onda de sonido se denomine también **onda de presión**. Esta onda de presión será recibida por un receptor, oído humano o dispositivo creado por el hombre, que detecta las fluctuaciones de presión.



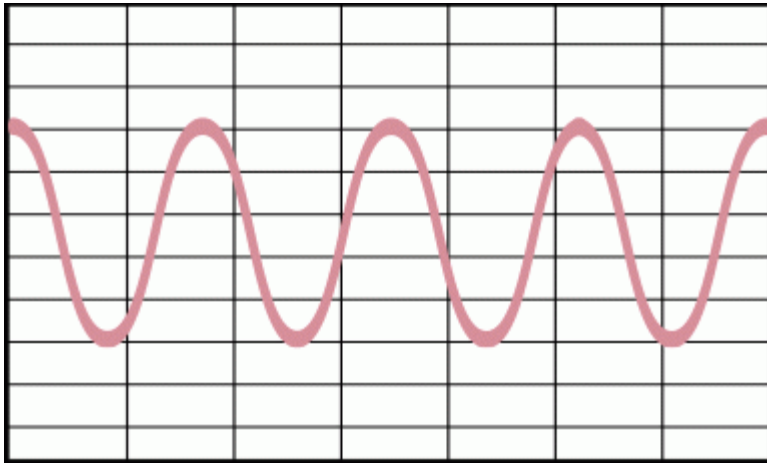
NATURALEZA DEL SONIDO

- Se genera por vibraciones. El sonido se genera por vibración de algún tipo de cuerpo. El sonido es un fenómeno.
- Utiliza un medio de transmisión. Para transmitirse, el sonido necesita algún medio, que puede ser sólido, líquido o gaseoso. La velocidad de propagación del sonido depende, entre otras cosas, de la densidad y temperatura de los distintos medios.
- Propaga energía. El sonido es una onda que propaga energía. Esta energía es la que genera la fuente que produce el sonido al vibrar y que se traduce en la energía cinética y potencial de las partículas del medio por el cual se transmite la onda.
- El sonido en el vacío no puede producirse puesto que no existen moléculas que puedan transmitir la vibración hasta nuestros oídos (en el espacio no hay un medio adecuado para que se transmita el sonido)

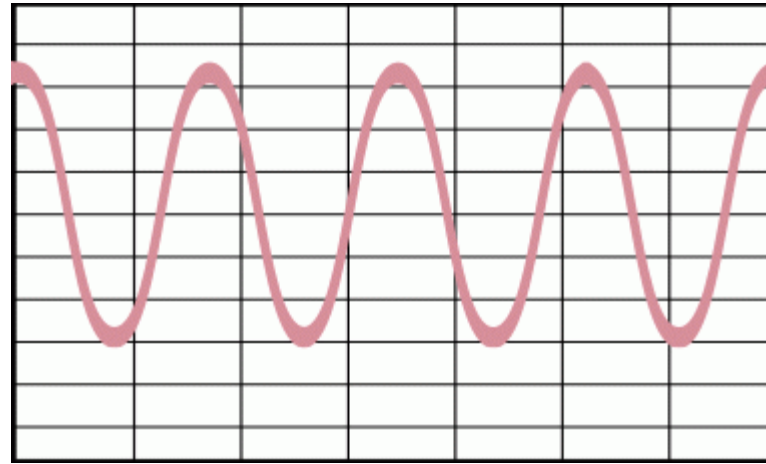
CLASIFICACIÓN DEL SONIDO

Intensidad

Permite diferenciar los sonidos como fuertes (intensos) o débiles. La intensidad depende de la amplitud de onda: a mayor amplitud, mayor intensidad del sonido.



Sonido débil (menor amplitud)

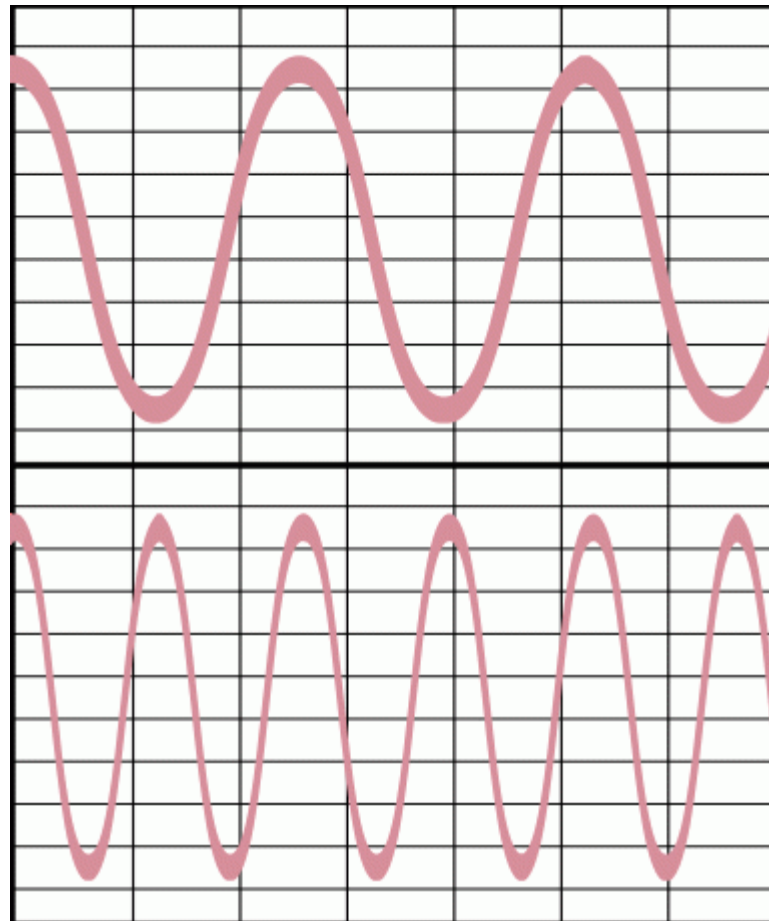


Sonido fuerte (mayor amplitud)

CLASIFICACIÓN DEL SONIDO

Tono

Permite diferenciar los sonidos agudos y graves. El tono está relacionado con la frecuencia de la onda. A mayor frecuencia se obtiene un sonido más agudo y a menor frecuencia un sonido más grave.



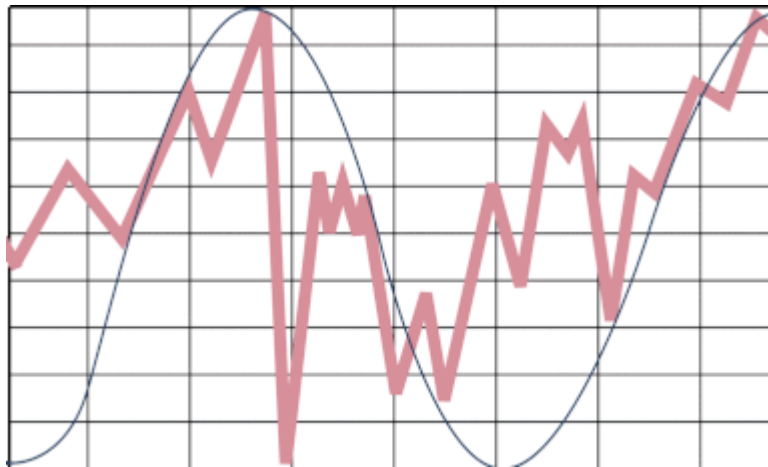
Sonido grave (menor frecuencia)

Sonido agudo (mayor frecuencia)

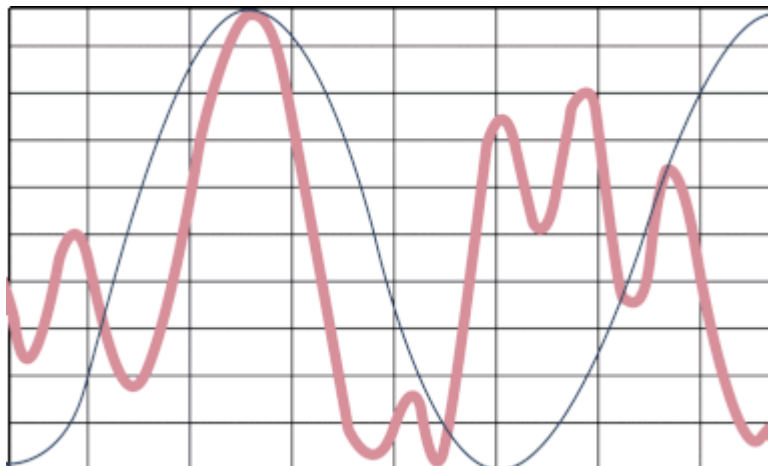
CLASIFICACIÓN DEL SONIDO

Timbre

Pueden ser dos sonidos de igual frecuencia e intensidad emitidos por diferentes instrumentos o voces. Depende de la forma de la onda, ya que los materiales de los que están hechos los cuerpos vibran de modo diferente. Cada persona tiene un timbre de voz diferente.



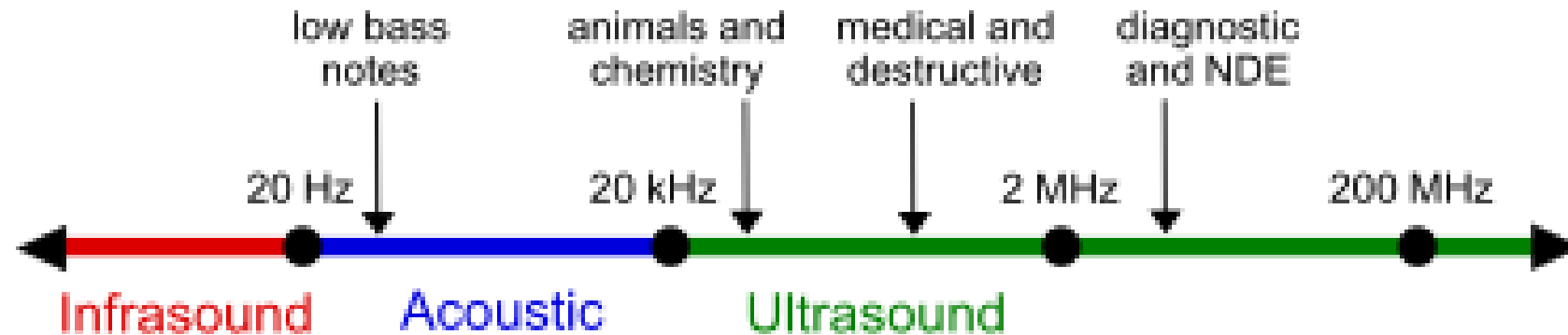
Violin



Piano

ULTRASONIDO

Son una serie de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano. El ultrasonido no tiene propiedades diferentes de las ondas audibles, excepto que los humanos no pueden oírlos. El límite varía dependiendo de la persona y es de unos 20 kHz en jóvenes de menos de 18 años aproximadamente. Los equipos de ultrasonido operan con frecuencias más elevadas de 20 kHz aunque la mayoría de los transductores actualmente empleados operan a frecuencias mucho más altas (MHz).



HISTORIA ULTRASONIDO

Partimos del principio en que el ultrasonido (US) no es un invento, sino un evento físico natural que puede ser provocado por el hombre. Las aplicaciones que hoy tiene no son más que la suma de varios experimentos llevados a cabo a lo largo de la historia.

En el siglo XVIII el biólogo italiano Lazzaro Spallanzani descubrió en el año 1700 la existencia de estas ondas sonoras, observando como los murciélagos atrapaban sus presas.

En la primera mitad del siglo XIX (1803-1899), el físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler dio a conocer su trabajo sobre el "Efecto Doppler" el cual consistía en observar ciertas propiedades de la luz en movimiento, que eran aplicables a las ondas del Ultrasonido.

El siglo XIX supone el inicio del conocimiento del ultrasonido a partir del silbato de Galton y del diapasón, que eran capaces de producirlo; aunque sólo se producían a muy bajas frecuencias, eran suficientes para comprobar las distintas barreras existentes en el oído entre el hombre y los animales. A finales de siglo, en Francia se detectan este tipo de ondas y se empiezan a hacer numerosas investigaciones sobre sus usos. Como consecuencia a principios del siglo XX el físico francés P. Langevin y el Dr. C. Chilowsky lograron desarrollar el primer generador ultrasónico por medio de un piezoeléctrico.

HISTORIA ULTRASONIDO

A comienzos del siglo XX, se realiza una de las primeras aplicaciones en el área de la marina, después de que el físico francés Paul Langevin inventara el Sonar, en el cual se basó el posterior desarrollo de los equipos usados en la aviación y luego en medicina terapéutica y diagnóstica.

En 1924 el científico ruso S. Y. Sokolov propuso el uso del ultrasonido como mecanismo válido para la inspección industrial, particularmente para la búsqueda de defectos.

Al término de la Segunda Guerra Mundial, investigadores japoneses, americanos y de otros países europeos empezaron a desarrollar los primeros prototipos de diagnóstico por ultrasonido en medicina, primero en modo Analogue y posteriormente en modo Bright con imagen analógica.

Es al comienzo de la década de los años 70 donde se introduce el scan converter con el que se logran las primeras imágenes de la anatomía en escala de grises. Años más tarde, se agregan los micro-procesadores controlados, lo que permite la obtención de imágenes en tiempo real de alta resolución; esto supuso la aceleración de pruebas diagnósticas y una fantástica aceptación clínica.

ULTRASONIDO

Es una técnica de diagnóstico por imagen médica basada en ultrasonido que se utiliza para visualizar músculos, tendones y muchos órganos internos para capturar su tamaño, estructura y cualquier lesión patológica con imágenes tomográficas en tiempo real. Es de especial utilidad en este sector porque permite observar imágenes del interior del cuerpo en forma inocua y simple. Tal como se aplica actualmente en el campo de la medicina, la ecografía realizada adecuadamente no presenta riesgos conocidos para el paciente. La ecografía no utiliza radiación ionizante, y los niveles de potencia utilizados para la obtención de imágenes son demasiado bajos para causar efectos adversos de calentamiento o presión en los tejidos.

Es muy simple para el médico determinar por ejemplo cuando un paciente requiere cirugía urgente y cuando no la requiere. Así mismo, simplifica el diagnóstico de manera rápida y descarta posibles defectos en tejidos más blandos.

Los ultrasonidos han sido utilizados por radiólogos y ecografistas para obtener imágenes del cuerpo humano durante al menos 50 años y se han convertido en una herramienta de diagnóstico ampliamente utilizada. La tecnología es relativamente barata y portátil, especialmente cuando se compara con otras técnicas, como la resonancia magnética (MRI) y la tomografía computarizada (CT).

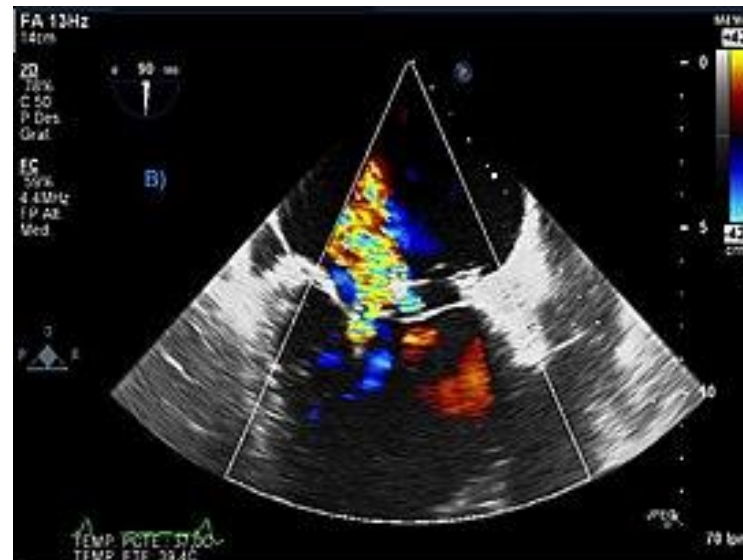
EFEECTO DOPPLER

El efecto doppler (llamado así en honor al físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler) es el cambio de frecuencia aparente de una onda producido por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

Hay ejemplos cotidianos del efecto doppler en los que la velocidad a la que se mueve el objeto que emite las ondas es comparable a la velocidad de propagación de esas ondas. La velocidad de una ambulancia (50 km/h) puede parecer insignificante respecto a la velocidad del sonido al nivel del mar (unos 1235 km/h), sin embargo, se trata de aproximadamente un 4 % de la velocidad del sonido, fracción suficientemente grande como para provocar que se aprecie claramente el cambio del sonido de la sirena desde un tono más agudo a uno más grave, justo en el momento en que el vehículo pasa al lado del observador.

ECOGRAFIA DOPPLER

La ecografía dópler, o simplemente ecodópler, es una variedad de la ecografía tradicional, basada por tanto en el empleo del ultrasonido, en la que aprovechando el efecto Doppler, es posible visualizar las ondas de velocidad del flujo que atraviesa ciertas estructuras del cuerpo, por lo general vasos sanguíneos, y que son inaccesibles a la visión directa. La técnica permite determinar si el flujo se dirige hacia la sonda o si se aleja de ella, así como la velocidad de dicho flujo. Mediante el cálculo de la variación en la frecuencia del volumen de una muestra en particular, por ejemplo, el de un flujo de sangre en una válvula del corazón, se puede determinar y visualizar su velocidad y dirección. La impresión de una ecografía tradicional combinada con una ecografía dópler se conoce como ecografía dúplex.



DECIBELES (dB)

El decibelio es la medida utilizada para expresar el nivel de potencia o el nivel de intensidad del sonido.

Se utiliza esta escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación o relación entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente, al que se le hace escuchar un solo sonido, no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad.

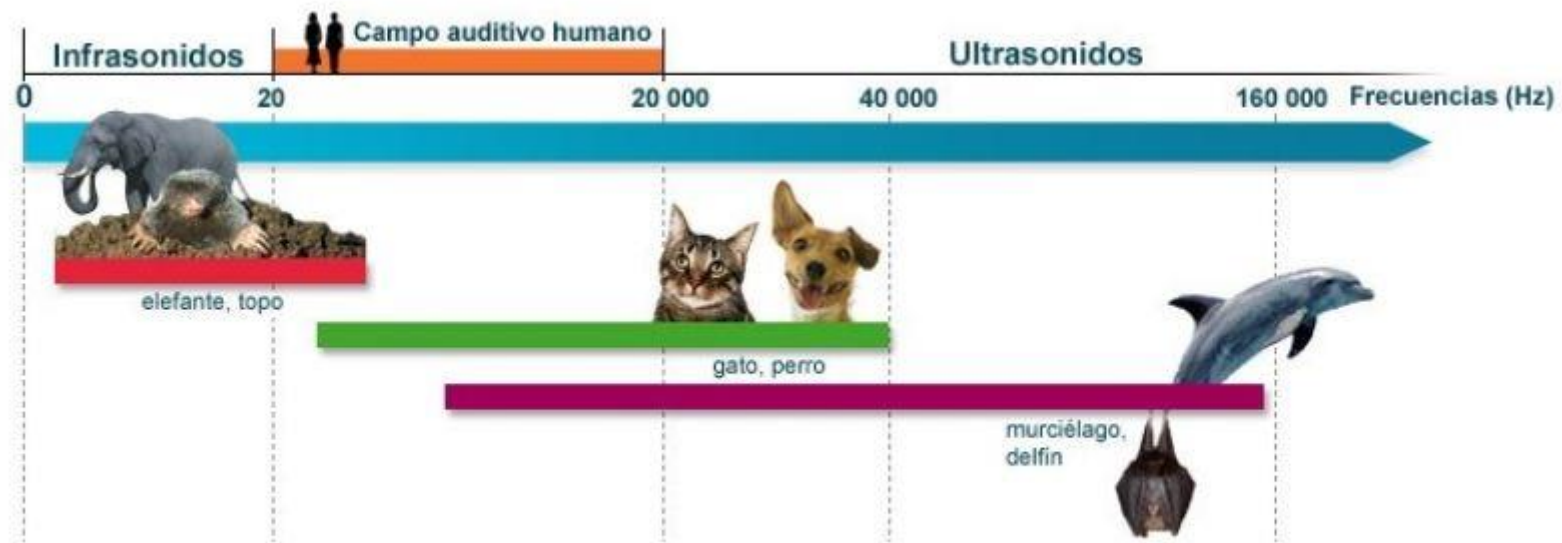
Para el cálculo de la sensación recibida por un oyente, a partir de las unidades físicas medibles de una fuente sonora, se define el nivel de potencia, L_W , en decibelios, y para ello se relaciona la potencia de la fuente del sonido a estudiar con la potencia de otra fuente cuyo sonido esté en el umbral de audición, por la fórmula siguiente:

$$L_W = 10 \times \log_{10} \frac{W_1}{W_0} (\text{dB}) = 10 \times \log_{10} \frac{W_1}{10^{-12}} (\text{dB})$$

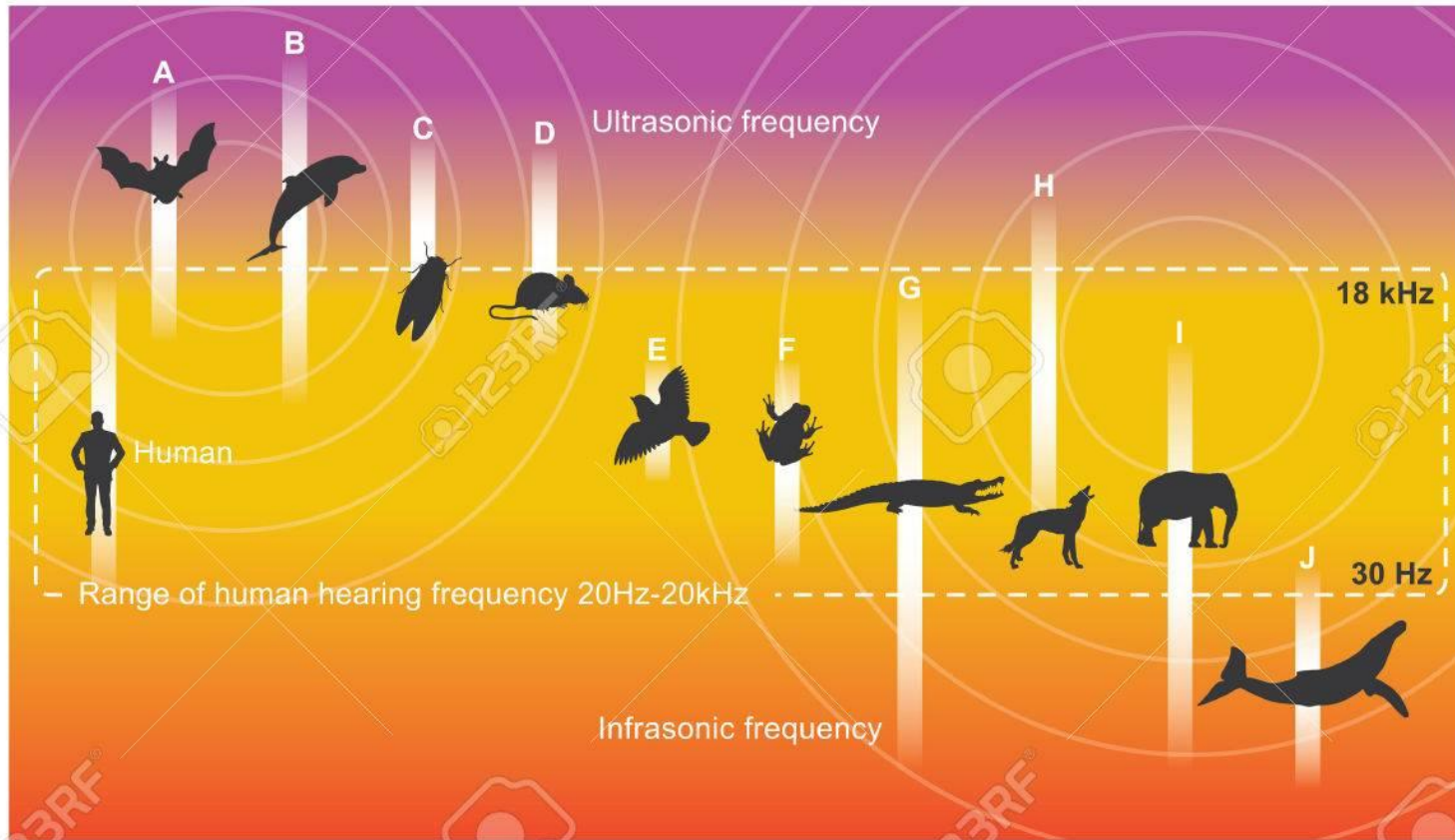
DECIBELES (dB)

El decibelio es la medida utilizada para expresar el nivel de potencia o el nivel de intensidad del sonido.

Se utiliza esta escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación o relación entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente, al que se le hace escuchar un solo sonido, no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad.



Animal hearing frequency range



A. Bat 2kHz - 120kHz
B. Dolphin 75Hz - 150kHz
C. Insect 10kHz - 80kHz
D. Rat 900Hz - 79kHz
E. Bird 1kHz - 4kHz

F. Frog & Toad 50Hz - 4kHz
G. Crocodile 16Hz - 18kHz
H. Dog 64Hz - 44kHz
I. Elephant 17Hz - 10.5kHz
J. Blue whale 14Hz - 36Hz