

La aporía de la estandarización

"Standardization in the field of acoustics, including methods of measuring acoustical phenomena, their generation, transmission and reception, and all aspects of their effects on man and his environment."

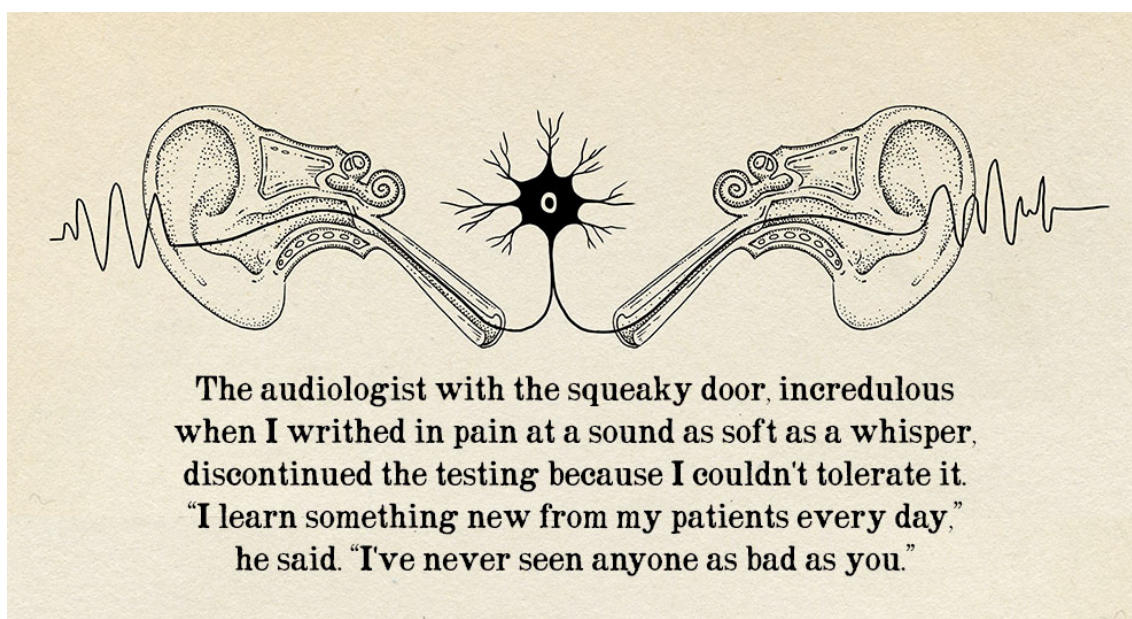
ISO / TC 43 Acoustics

A lo largo de nuestra vida vamos perdiendo audición gradualmente, empezando por las altas frecuencias. Desde los veinte años aproximadamente podemos comenzar a sentir esta pérdida auditiva. Si la pérdida de audición es severa el nervio auditivo se degenerará y las células ciliadas irán desapareciendo. Las personas que no perciben absolutamente nada a través del camino natural de la audición es porque sus células ciliadas han desaparecido y por lo tanto no perciben ningún sonido de forma acústica y ni mecánica. Puede que a través del tacto reciban vibraciones, pero no perciben ningún sonido. Si esta pérdida absoluta de audición es sensoneuronal pueden optar por un implante coclear ya que estos dispositivos simulan directamente esas células ciliadas.

Los implantes cocleares son dispositivos médicos implantados que requieren de una operación quirúrgica. El proceso consiste en incrustar un chip en el cráneo para sustituir el sistema auditivo completamente. En la parte externa se coloca un micrófono para capturar el sonido que lo envía a través de radio frecuencia al chip implantado. Este chip estimula unos electrodos que están dentro de la cóclea y procesa el sonido, reduciendo el ruido y creando direccionalidad. Transformando finalmente el sonido en estimulación eléctrica gracias a una serie de cables que terminan en diferentes electrodos. A su vez, cada uno de estos electrodos estimula una frecuencia diferente en la parte interna de la cóclea, sustituyendo la membrana basilar. Dependiendo de dónde vibre la membrana basilar puede estimular diferentes nervios y percibir diferentes frecuencias. La transducción del sonido con estos dispositivos hacia el nervio auditivo no es óptima. Los electrodos están dentro de un líquido que es conductivo y la carga del líquido, al estimularse los electrodos, se reparte por todo el líquido y cambia la concentración y distribución de iones, es decir, la distribución eléctrica. Cuando la carga se expande y estimula otras posiciones puede producir distorsiones graves, como por ejemplo que los tonos suenen menos puros o que suenen dos tonos al mismo tiempo. Todavía no es posible con un aparato artificial imitar el sonido que percibimos como *normoyentes*. La distorsión va existir con los implantes y de momento no hay métodos para quitarla. El sonido es por definición diferente, se puede decir que es una nueva forma de escuchar.

Estos sistemas han sido diseñados para percibir el habla y la inteligibilidad del habla no depende de la resolución frecuencial, pero la música sí que la requiere, sobretodo para percibir melodías, por lo que éstas no se perciben bien con los implantes cocleares. La audición humana y nuestro cerebro están más enfocados hacia la fenomenología sonora que hacia las melodías. Las melodías no se perciben bien con los implantes, sin embargo el timbre y el ritmo son menos problemáticos. El timbre se percibe bien porque es una tarea dedicada a la distinción y para percibir el ritmo no necesitamos de una resolución frecuencial, el ritmo es todo temporal, las frecuencias son tan bajas que no tienen componente tonal, son impulsos directamente. El problema está en la distinción de las frecuencias. Normalmente a los usuarios de implante coclear les cuesta distinguir la frecuencia fundamental. El dispositivo tiene un número limitado de electrodos y por lo tanto localizar el sonido es un problema. El sistema funciona bien pero a veces pasan cosas.¹

Existen distintos tipos de dispositivos según la parte del sistema auditivo que está dañada. Desde el típico audífono que amplifica el sonido digitalmente en determinadas frecuencias, pasando por los implantes de oído medio, que consiste en implantar un sistema mecánico para producir la vibración de los huesecillos que hay en el oído medio. Si continuamos hacia el interior, encontramos los implantes cocleares, que tratan de sustituir las células ciliadas, y todavía hay gente a la que se le realiza implantes más cerca del cerebro, en el colículo inferior, llamados Midbarin Implant. En estos implantes se trata de recuperar la conexión entre la cóclea y el nervio auditivo, donde se juntan más percepciones sensoriales, lo cual es puede ser muy problemático. Curiosamente el colículo inferior es, por un lado, quien procesa los sonidos novedosos que funcionan como alertas, y por otro lado, juega un papel importante a la hora de crear hipersensibilidades hacia los sonidos a los que hemos sido expuestos principalmente durante la primera etapa de nuestra vida, como muestra este estudio realizado en ratas por el Instituto de Neurociencias de Castilla y León (Incy)². Cuando se estimula a algunas neuronas por medio de un sonido concreto, las neuronas que están al lado modifican su posición y todas en conjunto se 'resintonizan' a una frecuencia concreta. Si este hecho se traslada al caso del ser humano, se encuentra la explicación a fenómenos como la especial sensibilidad de los músicos para los sonidos. Este análisis permite identificar sonidos disonantes o potencialmente peligrosos, ante los que se genera una rápida respuesta del sistema autónomo, contribuyendo así a la respuesta emocional musical. Este resultado sugiere, como afirma este otro estudio psicológico³, que el entrenamiento musical puede aumentar la sensibilidad de los individuos ante la música.



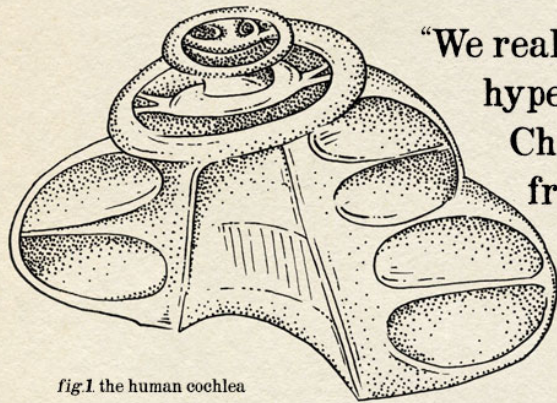


fig.1 the human cochlea

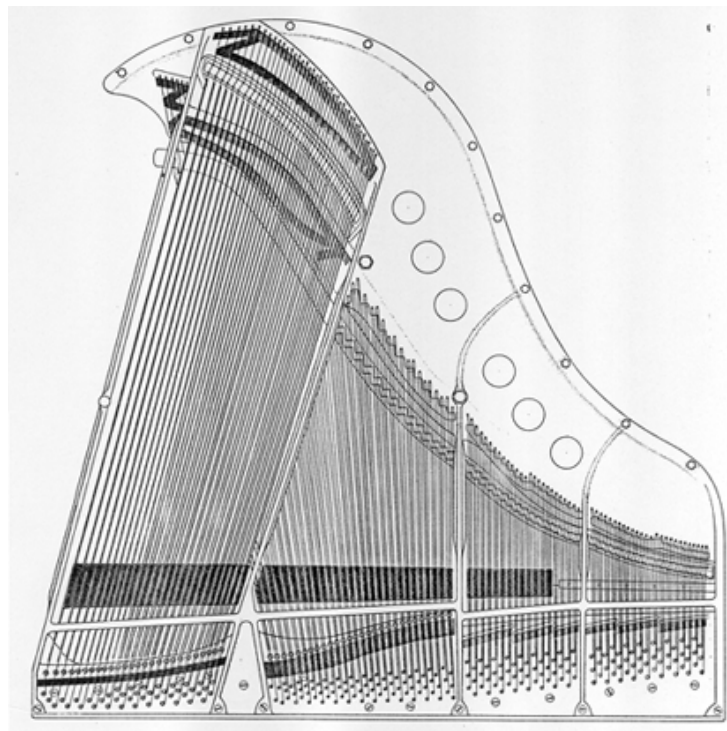
“We really don't understand tinnitus and hyperacusis *at all*,” says Harvard's Charles Liberman. “We are so far from understanding that it's not productive to make anybody think there's an answer.”

Esta sensibilidad no es mala ni buena *per se*, aunque según en lo que derive puede resultar contraproducente, por ejemplo, en obsesión, hiperacusia o acúfenos⁴. Sin embargo, esta sensibilidad resulta útil para los usuarios de implantes cocleares, ya que estimulando y ejercitando el nervio auditivo mejora su capacidad de escucha principalmente de la música. Para ellos la música se percibe como ruido y también les interfiere en el momento de percibir el habla en situaciones normales: *un bar con música y no poder escuchar a quien te habla y tampoco disfrutar de la música*. En su gran mayoría disfrutaban menos de la música que no conocen porque para ellos esta música se ha creado después de que ellos fueran implantados. Reciben la música como distorsión y no pueden reconocerla. Sin embargo, la música que ya conocían y que reconocen, dicen que la escuchan con la memoria. La música que ya conocían activa su memoria y mezclan la memoria con la versión distorsionada. Es entonces cuando dicen que disfrutaban de la música. La memoria a corto plazo o la capacidad de discriminar y recordar juega un papel importante para el disfrute que proporciona la música.⁵

No olvidemos que buena parte de nuestro desarrollo cognitivo es a través del sonido: aprendemos por lo que oímos. El desarrollo de la audición y del lenguaje está muy relacionado con el desarrollo cognitivo: oír, entender, hablar... Y los usuarios quieren algo más que habla: quiere relacionarse con otras personas, ir a conciertos, ir al cine, al teatro y percibir bien la música. Actualmente el objetivo es mejorar la percepción musical con estos aparatos sin olvidar que lo importante es no perder la capacidad de transmitir el habla. Entender cómo se transmite el sonido permite quitar más o menos bits en la compresión de datos para la posterior transmisión de información que se produce tanto en un implante coclear como en un mp3. Hasta ahora los algoritmos que se utilizan en la compresión de música y de voz son muy diferentes, produciendo lógicas deficiencias.⁶

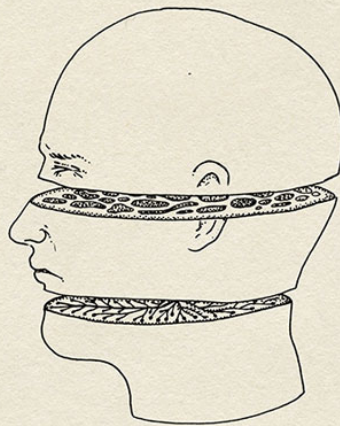
Es cierto que la percepción auditiva es extraordinariamente compleja y aún cuando existen teorías comprobadas, existen también muchas hipótesis basadas en una observación empírica que finalmente no han sido confirmadas. Entre otros problemas, el comportamiento no lineal del oído impide la aplicación del principio de la superposición lineal, dificultando su análisis. La percepción subjetiva de las variables acústicas, siendo de naturaleza psicológica está determinada por distintos motivos: condiciones ambientales, por la actitud del oyente, etc. Por otro lado, los resultados de las mediciones de la percepción auditiva son puramente estadísticos y en su mayoría representados gráficamente por comodidad. Asumiendo, no sin riesgo, que estos datos pueden expresarse matemáticamente, su interpretación y la aplicación de éstos resulta verdaderamente complejo. En este sentido es cuestionable el proceso en el que se inscriben estos estudios y también los objetivos y aplicaciones a la hora de crear estándares en la audición humana. Por esto el desarrollo de los implantes cocleares está directamente relacionado con la transmisión de la voz a través del teléfono, para la cual se hicieron estudios sobre el funcionamiento de nuestro sistema auditivo basándose en un modelo psicoacústico que simula el comportamiento del oído humano.

El aspecto más interesante de la acústica fisiológica es el mecanismo coclear que convierte la energía sonora en impulsos nerviosos que pasan a lo largo del nervio auditivo hasta el cerebro. Hay dos hipótesis acerca del mecanismo coclear del oído, que fueron precursoras de las teorías auditivas modernas: a mediados del siglo XIX, Hermann Von Helmholtz, fisiólogo y físico alemán, escribió un trabajo definitivo sobre psicoacústica centrado en las sensaciones del tono⁷, y bosquejó la *Teoría del lugar de resonancia de la audición*, que posteriormente fue desarrollada por George von Békésy⁸. Helmholtz dijo que la característica más distintiva del oído se expresaba por la *Ley acústica de OHM*⁹, que expresa que el aparato auditivo distingue la fundamental y los armónicos de los sonidos en ondas de forma sinusoidal. Las vibraciones sonoras, después de pasar a través del oído externo y del oído medio, ponían en movimiento varias cuerdas, o fibras, de la membrana basilar. Estas cuerdas eran complemento de la frecuencia fundamental y de las armónicas, de la misma forma que las vibraciones sonoras pueden poner en movimiento varias cuerdas del piano no amortiguadas. Para Helmholtz la membrana basilar y el piano eran análogos.



La segunda hipótesis es la *Teoría del teléfono* ideada por el fisiólogo inglés William Rutherford en 1886¹⁰, quien propone que el oído actúa como un micrófono: el oído transduce la energía sonora a energía eléctrica con la misma forma de onda, pero no envía ondas eléctricas al cerebro. El oído y el sistema nervioso auditivo como receptor final de las ondas sonoras, determinan las características que deben satisfacer los propios sonidos. En la evaluación de las condiciones acústicas ambientales se requiere conocer el significado que puede tener a través del sistema auditivo cualquier variación de las características; las cuales están condicionadas, entre otras, por las finalidades de buscar información y protección o comodidad que se persigan. Para Rutherford el oído interno transducía la energía sonora en energía eléctrica conducida por las líneas telefónicas.

Como bien nos explica Jonathan Sterne, estas investigaciones que comenzaron hace más de cien años cubrieron las necesidades e intereses de la investigación telefónica, que condicionó cada vez más los métodos de investigación de la audición y proporcionó las bases para la psicoacústica moderna. Los modelos de investigación de la audición hacen posible el formato MP3 y el formato digital de audio, que tienen raíces en cuestiones específicas de las telecomunicaciones. La sombra de un oyente impreso en todos los MP3 tiene sus orígenes en la historia de la psicoacústica como una materia académica y la historia de un tipo particular de sujeto imaginado dentro de ese campo, ya que trataron de aumentar sus beneficios como un monopolio industrial. Sin embargo, cuando las empresas o industrias conforman un estándar, no hay ni si quiera una posibilidad de debate público. La historia de los estándares para los formatos audiovisuales no se contempla como una historia diplomática, de negociación pacífica y de análisis racional.¹¹ En consecuencia, es lógico pensar que la abstracción en una norma de estandarización es un dispositivo productivo¹². Cuestionarse los formatos de estandarización, de compresión de datos, de transmisión de información se hace necesario en un momento de la historia en el que nunca hasta ahora hemos estado tan expuestos a la música. Una de las consecuencias de esta exposición permanente al *melos* es que cada vez hay más personas con problemas de audición. Esto quiere decir que irremediablemente aumentará el número de usuarios y de tiendas de estos dispositivos cocleares. Tarde o temprano nos vamos a acostumbrar a que todo el mundo lleve estos aparatos.



**No place is safe. The suburbs are filled with lawn-care hazards.
The country has birds and wind. And by the time an unanticipated
noise comes along, it's too late to stick your fingers in your ears.**

Notas al pie:

1. La diferencia de fase, o tiempo de llegada del sonido, no se distingue correctamente con los implantes cocleares. La diferencia de nivel entre las dos orejas se percibe relativamente bien a altas frecuencias y mal a bajas frecuencias.
 2. Pichel Andrés, José. *Una investigación analiza los efectos de escuchar sonidos en fases tempranas del desarrollo*. Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y al tecnología. 2011. <http://www.dicyt.com/noticias/una-investigacion-analiza-los-efectos-de-escuchar-sonidos-en-fases-tempranas-del-desarrollo>. Consultado el 17 de Septiembre de 2013.
 3. Sel A, Calvo-Merino B. Neuroarquitectura de la emoción musical. *Rev Neurol* 2013; 56: 289-97.
 4. Existen algunos casos de suicidio que han sido relacionados directamente con la hiperacusia y con los acúfenos, como es el caso relativamente conocido de dos músicos que tras desarrollar ambas patologías se suicidaron.
 5. Esto me recuerda a la idea de “gusano en el oído” propuesta por Peter Szendy en su libro “Tubes. La philosophie dans le juke-box”. Se podría decir que para los usuarios de implante coclear, cuantos más gusanos haya en el oído, mejor.
 6. Perfecto Herrera Boyer nos recuerda en su texto *Música y persuasión*, publicado por Nativa y disponible en Español en este enlace: http://www.nativa.cat/wp/wp-content/uploads/Idées_m%C3%BAsica_4-ESP.pdf, que “tiene sentido hipotetizar que al escuchar una música con texto cantado ponemos a trabajar coordinadamente a todo el cerebro, si bien una parte del contenido (el texto) activa más el hemisferio izquierdo, mientras que la otra parte (la música) activa más el otro hemisferio. Unir música y texto de manera sinérgica parece una opción muy recomendable para cualquier estrategia persuasiva”.
 7. Die Lehre von den Tonempfindungen. Disponible en este enlace: [http://imslp.org/wiki/Die_Lehre_von_den_Tonempfindungen_\(Helmholtz,_Hermann_von\)](http://imslp.org/wiki/Die_Lehre_von_den_Tonempfindungen_(Helmholtz,_Hermann_von))
 8. Durante la Segunda Guerra Mundial, Georg von Békésy trabajó para la Hungarian Post Office realizando investigaciones sobre la transmisión de información por teléfono de larga distancia. Después pasó a trabajar para Siemens, continuando su investigación en la estandarización de la transmisión de la voz en las telecomunicaciones. En 1961 se le otorgó el Premio Nobel de Medicina.
 9. Ley de OHM formulada por George Simon Ohm en 1850.
 10. The sense of hearing, a lecture by Professor Rutherford. 1886.
 11. Sterne, Jonathan. MP3. The Meaning of a Format. Duke University Press. 2012
 12. Fuller, Matthew. *Media Ecologies: Materialist Energies in Art and Technoculture*. Cambridge: MIT Press, 2005.
-