



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Instituto de Ingeniería Acústica.

Técnicas audiométricas

en la infancia

Profesor Patrocinante:

Alfio Yori Fernández

Instituto de Ingeniería Acústica

Universidad Austral de Chile

Tesis presentada como parte
de los requisitos para optar al grado
de Licenciado en Acústica y al título
de Ingeniero Acústico.

René Rodrigo Díaz A.

Valdivia Chile 2002

Aristóteles dijo: “*El oído es el órgano de la instrucción*”;
pero la gente, a lo largo de los siglos,
se ha compadecido del ciego y se ha reído del sordo.

INDICE

Resumen

Abstract

I.- Introducción

II.- Objetivos generales

III.- Objetivos específicos

Capítulo 1

Nociones y conceptos de Acústica

1.1.- Nociones de Sonido

1.1.1.- ¿Qué es el sonido? Pág. 1

1.1.2.- ¿Cómo se mide?

1.1.3.- ¿Cómo se propaga?

1.2.- Características del sonido Pág. 5

1.2.1.- Frecuencia

1.2.2.- Timbre

1.2.3.- Enmascaramiento sonoro

1.3.- El ruido Pág. 7

1.3.1.- El ruido: ¿ruido o sonido?

1.3.2.- Tipos de ruido

1.4.- Características de la audición Pág.10

1.4.1.- Área de audición

1.4.2.- Percepción del sonido y umbral de audibilidad

1.4.3.- Localización espacial

1.4.4.- Curvas de igual sonoridad

Capítulo 2

El sistema auditivo

2.1.- Sentido de la audición y el sistema auditivo.	Pág. 16
2.2.- Región periférica del sistema auditivo	Pág. 17
2.2.1.- Oído externo	
2.2.2.- Oído medio	
2.2.2.a.- Trompa de Eustaquio	
2.2.3.- Oído interno	
2.2.3.a.- Impedancia acústica	

Capítulo 3

Problemas Auditivos

3.1.- Problemas Auditivos en la edad adulta	Pág. 26
3.1.1. Otosclerosis	
3.1.2. Trauma acústico	
3.1.3. Pérdida de la audición por causa ocupacional	
3.1.4. Pérdida de la audición en la vejez	
3.1.5. Enfermedad de Ménière	
3.2.- Problemas auditivos en la infancia	Pág. 30
3.2.1. Dolor de oído	
3.2.2. Infecciones del oído externo e interno	
3.2.3. Mastoiditis	
3.2.4. Laberintitis	
3.3.- Problemas auditivos independientes de la edad	Pág. 36
3.3.1. Tinnitus	
3.3.2. Impactación de cerumen	
3.3.3. Lesión del oído interno o externo, o un objeto en el oído	
3.3.4. Tímpano roto o perforado	
3.3.5. Pérdida de la audición	

Capítulo 4**Evolución del comportamiento auditivo del niño**

Pág. 40

Capítulo 5**Hipoacusia Infantil**

5.1.- posibles causas

Pág. 44

5.2.- Incidencias y repercusiones de la hipoacusia infantil

Pág. 47

Capítulo 6**Técnicas de medición, control, seguimiento y rehabilitación.**

6.1.-Técnicas de medición y control

Pág. 49

6.1.1.- Clasificación de los procedimientos audiométricos utilizables en la niñez

6.1.1.a.- Según las edades cronológicas y evolutivas

6.1.1.b.- Según el tipo de ejecución metodológica

6.1.1.c.- Según las metas

6.1.2.- Métodos objetivos

6.1.2.1.- Audiometría infantil:

6.1.2.1.a.- Audiometría de observación de la conducta sin reflejos condicionados

6.1.2.1.b.- Audiometría de juego condicionado:

- Peep-Show
- Juego con objetos

6.1.2.1.c.- Audiometría tonal liminar:

- Vía Aérea
- Vía Ósea
- Enmascaramiento

6.1.2.1.d.- Audiometría de discriminación, audiometría vocal o logaudiometría

6.1.3.- Métodos Objetivos	
6.1.3.1.- Timpanometría	
6.1.3.1.a.- Impedanciometría dinámica y estática	
6.1.3.1.b.- Reflejo acústico	
6.2.- Técnicas de seguimiento o screening auditivo	Pág. 81
6.2.1.- Potenciales evocados auditivos	
6.2.2.- Otoemisiones acústicas	
6.2.2.a.- Emisiones espontáneas	
6.2.2.b.- Emisiones evocadas:	
6.2.2.b.1.- Transitorias (TEOAE)	
6.2.2.b.2.- Producto de distorsión (DPOAE)	
6.2.2.b.3.- Estímulo frecuencia (SFOAE)	
6.3.- Técnicas de rehabilitación	Pág. 92
6.3.1.- Prótesis auditivas o audífonos	
6.3.1.1.- Clasificación	
6.3.1.2.- Funcionamiento	
6.3.2.- Implantes cocleares	

IV.- Conclusiones

V.- Apéndice

Bibliografía

RESUMEN

Esta tesis es una recopilación de información teórica centrada en las diferentes técnicas y metodologías audiométricas infantiles, las nuevas y las no tan nuevas, las más sofisticadas y las menos. En otras palabras, abarca la mayor parte de este tema, del cuál no se sabe mucho dentro del campo de la acústica pero que es parte importante del mismo.

El objetivo es que el lector quede capacitado para entender y comprender la importancia de una buena evaluación auditiva temprana, conocer los métodos y equipos destinados a este fin, además ser capaz de entender los procesos auditivos y tener la información necesaria para distinguir los diferentes grados de la hipoacusia infantil.

Se comienza con una introducción al complejo mecanismo de la audición, desde que las vibraciones llegan al conducto externo hasta que son finalmente traducidas a impulsos nerviosos en la cóclea. Se mostrará cómo es el desarrollo auditivo del niño desde que nace y se hará una clasificación de los principales y más comunes problemas auditivos. Se darán a conocer las nuevas técnicas para el seguimiento de niños, principalmente neonatos con riesgo de sordera (screening), siendo los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC) y las Otoemisiones Acústicas (OEA) las más utilizadas.

En el caso de aquellos niños que lamentablemente no tuvieron la posibilidad de poder ser examinados a tiempo con alguna técnica audiométrica, se tienen los métodos de rehabilitación entre los cuales se encuentran la implantación de audífonos y los Implantes Cocleares.

Finalmente, es necesario expresar que una correcta evaluación auditiva –realizada a tiempo- es fundamental para el desarrollo social y personal del niño y que toda discapacidad auditiva es tratable independiente de su grado de avance.

Este trabajo abre una puerta en el sentido de comenzar a indagar en materias, hasta ahora no exploradas, dentro de las diferentes ramas que componen la Ingeniería Acústica.

ABSTRACT

This work is a compilation of theoretical information centered around the different childhood audiometric techniques and methodologies, both new and not so new, and from the most sophisticated to the simplest. In short, it attempts to include a large amount of this subject, which is not well-known within the field of acoustics but that is an important part of it.

The objective is that the reader be able to understand and comprehend how important is a early good hearing evaluation, to know the methods and the equipment destined to it, plus be able to understand the hearing process and have the information needed to distinguish the diferents stages of a hearing loss.

An introduction to the complex mechanism to hearing will be done, since vibrations arrive at the external conduit and finally are translated to nervous impulses at the cochlea. The child's auditory development from birth will be shown and a classification of the main and more common auditory problems will be made. The new techniques for the screening will be shown, specially for the newborns with risk of hearing damage, being the Auditory Brain Response (A..B.R) and the Otoacoustics Emissions(O.A.E) the most useful.

In the case of those children who unfortunately did not have the possibility of being examined in time with some audiometric technique, there are treatment methods, such as the implantation of hearing aids and the Cochlear Implant.

Finally, is need to express that a good hearing evaluation –if that is done on time- is fundamental for the social and personal developmen of the child, and all hearing problems are trateable independently of its grade of advance.

This work open a wide door to investigate subjects, not yet explored, within the diferents fields that makes the Acoustics.

I. INTRODUCCION

Beethoven murió pobre, solo y sordo, y la imposibilidad de escuchar sus últimas obras le atormentó hasta el final. Quizá si el genio hubiera dispuesto de la ciencia actual, su vida hubiese sido distinta[1].

Afortunadamente, los avances médicos y tecnológicos se han aliado para solventar los problemas del oído y mejorar con ello la calidad de vida de todo aquel que no tenga la capacidad de percibir los sonidos con normalidad. Algunas deficiencias auditivas tienen fácil solución con medicamentos o cirugía y otras se remedian con la implantación de audífonos cada vez más sofisticados.

La audición es la vía habitual para adquirir el lenguaje, uno de los más importantes atributos del ser humano, y se puede definir la audición como la percepción de cierta clase de estímulos vibratorios que, captados por el órgano del oído, van a impresionar el área cerebral correspondiente, tomando el individuo conciencia de ellos.

El lenguaje permite la comunicación a distancia y a través del tiempo, y ha tenido una participación decisiva en el desarrollo de la sociedad y sus numerosas culturas. El lenguaje es la principal vía por la que los niños aprenden lo que no es inmediatamente evidente, y desempeña un papel central en el pensamiento y el conocimiento. Como el habla es el medio de comunicación fundamental en todas las familias- excepto donde los padres son sordos- la sordera es un impedimento severo cuyos efectos trascienden ampliamente la imposibilidad de hablar. El diagnóstico precoz y la rehabilitación adecuada previenen la consecuencia más importante de la hipoacusia infantil: crecer sin un lenguaje.

El proceso por el cual oímos, es extremadamente complejo y los elementos que intervienen en él son muy delicados. El sonido tiene que realizar un largo recorrido desde que se produce hasta que llega al centro auditivo, situado en la parte anterior de nuestro cerebro. El oído externo capta el sonido, éste llega al conducto auditivo y de ahí a la membrana timpánica.

La cadena de huesecillos, situada en el oído medio, conduce las ondas sonoras hasta la ventana oval, desde donde pasan al caracol (en el oído interno), donde se encuentran las células sensoriales que transforman el sonido en impulsos nerviosos. Estos son conducidos, mediante el nervio auditivo, hasta el cerebro. Si un sólo eslabón de esta complicada cadena no cumple su función, total o parcialmente, se producen pérdidas auditivas más o menos importantes.

Las causas más frecuentes por las que este engranaje puede fallar son muchas: antecedentes familiares, enfermedades de tipo vírico durante el embarazo (rubéola, citomegalovirus, toxoplasmosis, sífilis, herpes o VIH), malformaciones craneofaciales del bebé, peso inferior a 1.500 gramos al nacer, incompatibilidad sanguínea entre madre e hijo, ventilación mecánica durante más de cinco días, hiperbilirrubilemia grave, meningitis, uso de medicamentos ototóxicos durante la gestación o a partir del nacimiento o procedimientos no autorizados en el embarazo (como la radiología en el primer trimestre), entre otros. Ya en la edad adulta, infecciones crónicas, otitis de larga duración o muy frecuentes, traumatismos, exposición prolongada a ruidos demasiado fuertes o escuchar música demasiado alta de manera habitual.

Aunque hoy por hoy, gracias a los avances científicos, la mayoría de estas circunstancias tiene una solución relativamente fácil, hay que tenerlas en cuenta como factores de riesgo de sordera.

Es importante recordar que la audición es un sentido que no podemos detener: oímos siempre desde que nacemos hasta que morimos; el silencio absoluto no existe y de todas maneras no lo podríamos soportar mucho tiempo, salvo que la sordera progresase poco a poco o que ésta sea de nacimiento. El sentido de la visión, en cambio la detenemos a voluntad; la audición ni cuando dormimos, pues seguimos oyendo aunque no tengamos conciencia de ello, prueba de esto son los movimientos inconscientes del durmiente ante ciertos ruidos. Clásico es el ejemplo de la madre que duerme entre el estruendo ensordecedor de una fábrica o cerca de una caída de agua, y se despierta en cuanto el gemido de su pequeño hijo llega a sus oídos.

II. OBJETIVOS GENERALES

- El lector, al finalizar este texto, quedará capacitado para entender y comprender la importancia de una buena evaluación auditiva temprana; conocerá los métodos y equipos destinados a este fin, será capaz de entender los procesos auditivos y tendrá la información necesaria para distinguir los diferentes grados de la hipoacusia infantil.

III. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Explicar el proceso de la audición.
- Exponer la hipoacusia y la sordera infantil como problema en este proceso auditivo.
- Dar a conocer los diferentes tipos de problemas auditivos y sus causas.
- Dar a conocer los métodos de seguimiento, prevención, tratamiento y control del problema auditivo infantil.
- Crear conciencia del verdadero alcance de la deficiencia auditiva en la infancia y las dificultades para el desarrollo que ésta conlleva.

Capítulo 1.

Nociones y conceptos de Acústica.

1.1.- Nociones de sonido.

1.1.1.- ¿Qué es el sonido?

El sonido es una vibración mecánica de las partículas de aire, que en contacto con el tímpano, se transmite al oído.

La vibración de una partícula significa que esta se mueve en las proximidades de su posición original, y pasada la vibración, volverá a su posición de reposo (antes de la vibración). Una vibración es lo que ocurre, por ejemplo en la superficie del agua en reposo si se arroja una piedra. Ésta crea una onda (onda transversal) que avanza y hace que las partículas de la superficie suban y bajen, pero pasada esta onda las partículas siguen donde estaban.

A diferencia del ejemplo del agua, en el aire los movimientos de las partículas son longitudinales, es decir, en la dirección de avance del sonido. Si tenemos una superficie que vibra, como puede ser el cono de un altavoz, la vibración se transmite a las partículas de aire que están en contacto con la superficie, empujándolas hacia adelante y hacia atrás, éstas a su vez empujan a las siguientes y cuando las primeras se retraen (se vuelven hacia atrás) las segundas también y así se va propagando la onda por el aire.

1.1.2.- Cómo se mide?

Las perturbaciones creadas por las vibraciones sobre el estado de reposo inicial de las partículas de aire se traducen en variaciones muy pequeñas de presión. Las partículas de aire se acercan y alejan con las vibraciones, es decir, se comprimen y descomprimen.

Es ésta variación de presión lo que se mide y la unidad de medida es el PASCAL (**Pa**). Sin embargo, esto obligaría a tratar con unidades muy pequeñas y por eso se usa otra

medida relativa: el NIVEL DE PRESIÓN SONORA (**NPS**), que se mide en DECIBELES (**dB**).

El NPS en decibeles es el resultado de la siguiente operación matemática:

$$\text{dB} = 20 \cdot \text{Log}_{10} (\text{presión}/P_{\text{ref}})$$

siendo P_{ref} la presión de referencia = $20 \cdot 10^{-6}$ Pa (= 0,00002 Pa).

La presión de referencia es la mínima que puede detectar el oído humano medio. Por esto, si tenemos un Nivel de Presión Sonora (NPS) = 0 dB diremos que hay silencio.

A modo de ejemplo se muestran en la siguiente tabla algunos[1] valores medios de NPS en dB para ciertas situaciones cotidianas generadoras de ruido:

Actividad	NPS [dB]	Efecto
	0	
	5	Umbral de audición
	10	Silencio
Murmullo a 5 metros	15	Imperceptible para la mayoría
Hojarasca débil en el campo	20	"
Susurro a 1m, habitación de hospital	25	"
Dormitorio	30	"
Biblioteca con poco público	35	Límite para sueño tranquilo
Casa de campo, jardín sin niños	40	"
Sala de estar con gente leyendo	45	Umbral de la relajación
Oficina tranquila	50	Interfiere el sueño
Tráfico suave a 20 m	55	"
Aire acondicionado	60	Alguna molestia
Conversación a 1m	65	Perturbador

Tráfico medio, grandes almacenes	70	En varios años, la audición comienza a disminuir
Restaurante	70	
Tren a 50 m, calle animada	75	Soportable algún tiempo
Conversación a 15 cm, despertador	80	Molesto
Tractor	80	Riesgo de sordera
Tráfico intenso, camión	85	Límite tolerable
Estación de metro	90	Perjudicial
Motosierra, gritos	95	"
Tormenta, obras a 15 m	100	"
Aeropuerto a 300 m	105	Muy perjudicial
Maquinaria industrial	110	"
Discoteca	115	Peligro sin exposición mayor a 15min
Tope de la voz humana	120	Peligro de daño en el acto
Concierto rock	120	"
Trueno	125	
Despegue avión	130	Umbral del dolor
Explosión	140	Tope laboral aún con protectores
Estampido sónico	150	"
Lanzamiento cohete espacial	160	Daño irreversible inmediato

1.1.3.- Cómo se propaga?

El sonido es una vibración y, como tal, se puede dar en cualquier medio material sólido, líquido o gaseoso (como el aire). En cada medio se propaga a una velocidad diferente, principalmente en función de la densidad de éste. Cuanto más denso sea el medio, mayor será la velocidad de propagación del sonido. En el vacío, el sonido no se propaga ya que no existen partículas que puedan vibrar.

En el aire, el sonido se propaga a una velocidad aproximada de 344 m/s (metros por segundo). Esta velocidad puede variar con la densidad del aire, afectada por factores como la temperatura o la humedad relativa. En cualquier caso, para distancias de decenas de metros las variaciones son mínimas.

En el agua, un valor típico de velocidad del sonido son 1500 m/s (el agua es más densa que el aire). En el agua, la densidad varía mucho en función de factores como la profundidad, la temperatura o la salinidad y sí hay que tenerlos en cuenta. La propagación del sonido en el agua, es el fundamento de los sistemas de sonar utilizados en barcos y submarinos para detectar obstáculos u objetivos y envío de datos codificados. Para aplicaciones de sonar las frecuencias que se utilizan corresponden a los ultrasonidos.

En materiales metálicos, el sonido se propaga a velocidades superiores a las anteriores; por ejemplo, en el acero el sonido se propaga a una velocidad aproximada de 5000 m/s. En materiales sólidos se utiliza el sonido y las propiedades de reflexión para detectar fallas estructurales y grietas, sin necesidad de tener acceso a toda la estructura. Por ejemplo en una viga, bastará con acceder a una de sus terminaciones para poder conocer su estado, empleando ultrasonidos y ecogramas.

Es importante decir que, dependiendo también del material, el sonido se va desvaneciendo, es decir va perdiendo amplitud hasta que en un momento cesa y no existe mas vibración. En lo que a la propagación en el aire se refiere, este fenómeno se conoce como Divergencia Esférica.

Divergencia esférica: el nivel de presión disminuye conforme el sonido se propaga. Cuando el frente de onda es esférico, como en la mayoría de los casos, el nivel de presión cae 6 dB por cada vez que se duplica la distancia. Estas se llaman pérdidas por divergencia esférica.

Si, por ejemplo, se mide el NPS que produce una excavadora a cinco metros y éste es de 100 dB, podremos decir que a 20 m el NPS será de 94 dB, y que a 40 m serán 88 dB.

Cuando el frente de onda es plano no hay pérdidas por divergencia. Un ejemplo de esto se da en la propagación del sonido por el interior de una tubería.

1.2.- Características del sonido.

1.2.1.- Frecuencia.

La frecuencia de oscilación de una partícula (o de cualquier magnitud, como por ejemplo el voltaje de una señal eléctrica) es la cantidad de ciclos completos en un tiempo dado. La frecuencia se mide en Hertz (Hz.), e indica el número de ciclos completos en un segundo. Un ciclo es el recorrido completo que efectúa una partícula desde su posición central hasta otra vez esa misma posición, habiendo pasado por su posición de desplazamiento máximo y mínimo.

Los sonidos de una única frecuencia, se llaman tonos puros. Un tono puro se escucha como un "pito", el timbre dependerá de la frecuencia que lo genere. El sonido que se escucha en el teléfono antes de marcar, corresponde a un tono puro de frecuencia cercana a 400 Hz. El tono de la "carta de ajuste" de la televisión, corresponde a una frecuencia de 1000 Hz.

Cualquier sonido (voz, música, ruido...) está compuesto por múltiples frecuencias. Se puede descomponer el sonido en múltiples tonos puros. Si un sonido cambia con el tiempo, la amplitud y fase de cada tono puro o frecuencia en que se descompone ese sonido, también variará con el tiempo.

1.2.2.- Timbre.

El oído humano percibe el timbre en función de las frecuencias que componen la señal escuchada. Los humanos tenemos buena agudeza auditiva cuando se trata de distinguir frecuencias. En cambio, tenemos una pobre agudeza para localizar la fuente del sonido. Se pueden diferenciar dos tonos, uno de 100 Hz de otro de 101 Hz, pero no uno de 1000 Hz de otro de 1001 Hz. Sin embargo sí se percibe la diferencia entre de uno de 1000 Hz y otro de 1010 Hz; esto es debido a la audición logarítmica.

La agudeza frecuencial del oído se sitúa en torno al 1%, es decir, puede distinguir tonos cuyas frecuencias varían en sólo un 1%.

El oído humano se comporta, en lo que a sonoridad se refiere, como un conjunto de 24 filtros de $1/3$ de octava. Este hecho se puso de manifiesto al hacer medidas de sonoridad y comparar las sonoridades de ruidos de banda estrecha, manteniendo constante la presión media total, pero aumentando el ancho de banda por pasos. Se descubrió que para distintos anchos de banda menores de $1/3$ de octava, todas las señales se percibieron con igual sonoridad. Cuando se superaba el ancho de banda de $1/3$ de octava, la sonoridad percibida aumentaba. Esto es debido a que se comienzan a excitar los nervios de las zonas filtrantes vecinas, en el oído interno. Por este motivo las representaciones en tercio de octava son tan usadas y útiles.

1.2.3.- Enmascaramiento sonoro.

Es del conocimiento común que la presencia de un sonido disminuye la capacidad individual para oír otros sonidos. Este fenómeno se conoce con el nombre de enmascaramiento y se cree que se debe a que los receptores auditivos y las fibras nerviosas previamente estimulados se encuentran en estado refractario absoluto o relativo a otros estímulos. El grado en que un tono enmascara a otros tonos, está relacionado con su frecuencia. El efecto enmascarador del ruido de fondo en todos los ambientes, excepto en aquellos a prueba de ruidos, eleva el umbral auditivo en una cantidad definida y medible.

1.3.- El ruido.

1.3.1.- El Ruido: ¿Ruido o Sonido?

El ruido es difícil de definir. La acústica lo define como una onda sonora compleja aperiódica, es decir, ondas sonoras con vibración irregular y una altura no definida.

En ingeniería, el ruido es definido como una señal que interfiere con la detección o la calidad de otra señal. La Psicoacústica lo define como un sonido no deseable. Existen autores que lo definen como *cualquier tipo de sonido o un sonido con características no determinadas*.



Es ruido la música?, es el ruido de los autos en la carretera un ruido?, es el sonido sorround en un cine ruido?, un concierto de una orquesta filarmónica es ruido?. Lo que está claro es que los sonidos que son agradables para unos son irritantes para otros. Los especialistas lo definen como "una señal acústica, la cual puede afectar negativamente el bienestar fisiológico y psicológico de un individuo".

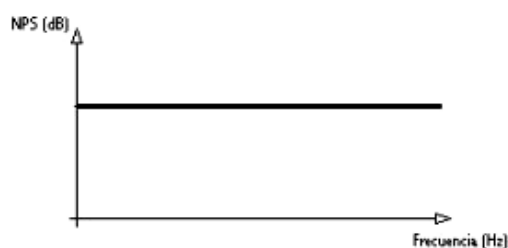
Resumiendo, el ruido es un sonido no deseado[1]. Es un riesgo para la salud, en especial para la audición de las personas y disminuye por lo tanto nuestra calidad de vida. Desafortunadamente no se ha prevenido adecuadamente a las personas acerca del verdadero daño que produce, especialmente el que no es ocupacional.

1.3.2.- Tipos de Ruido.

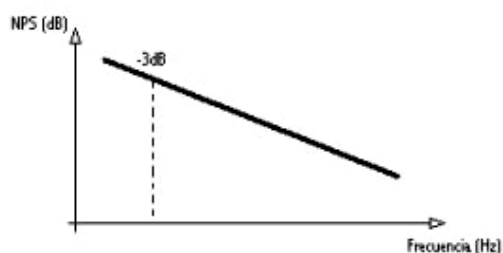
Un sonido agudo como un Piiiiiii nos puede recordar a un color claro. Un sonido grave como un Buuuuuu nos puede recordar a un color oscuro. Existen tres tipos de ruidos que son los más comunes:

- El **ruido blanco**, que es de naturaleza estadísticamente aleatoria, es decir que tiene igual energía por ancho de banda de frecuencia, sobre una banda total

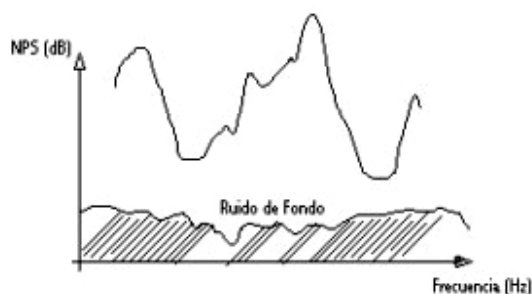
específica. Es parecido al Shshshshsh producido por el televisor cuando se corta la recepción.



- El **ruido rosa**, es en el que todas las componentes nos dan el mismo nivel subjetivo, es decir que es el ruido blanco pero con una pendiente de -3 dB. Es parecido a un Fsfsfsfsfs (pronunciando la "f" y la "s" al mismo tiempo). El ruido marrón compuesto principalmente por ondas graves y medias, parecidas a un Jfjfjfjfjfjfjf (pronunciando la "j" y la "f" al mismo tiempo).



- El **ruido de fondo**, es un ruido circundante, asociado con un entorno dado, siendo generalmente una composición de sonidos de muchas fuentes cercanas o lejanas[2].



1.4.- Características de la audición.

No todos los fenómenos perceptuales auditivos están relacionados directamente con un fenómeno físico sino que reflejan un conjunto muy complejo de relaciones que, para poder ser descritos, requieren de calificativos subjetivos de difícil repetibilidad. Esto se puede observar en la siguiente figura:

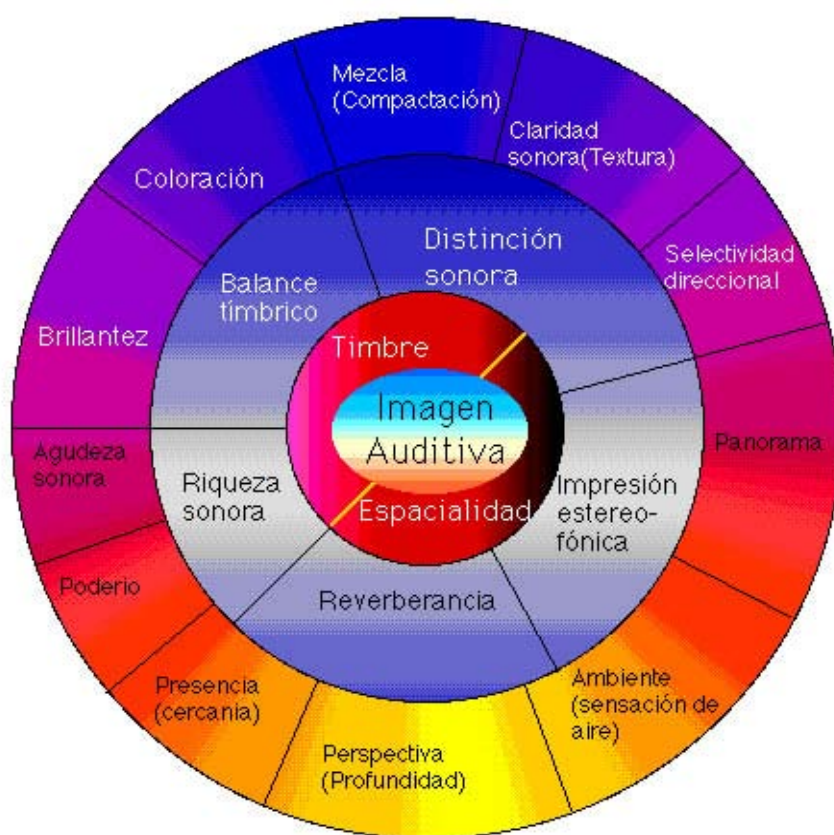


Fig. Terminología utilizada en percepción auditiva

1.4.1.- Área de audición.

El ser humano es capaz de detectar únicamente aquellos sonidos que se encuentren dentro de un determinado rango de amplitudes y frecuencias. En este sentido, se puede establecer una analogía entre el aparato auditivo y un sistema electrónico de audio: en base al concepto convencional del rango dinámico.

Se define el *rango dinámico* del oído como la relación entre la máxima potencia sonora que éste puede manejar y la mínima potencia necesaria para detectar un sonido. Asimismo, el rango de frecuencias asignado convencionalmente al sistema auditivo va desde los 20 Hz hasta los 20 kHz, aun cuando este rango puede variar de un sujeto a otro o disminuir en función de la edad del sujeto, de trastornos auditivos o de una pérdida de sensibilidad (temporal o permanente) debida a la exposición a sonidos de elevada intensidad.

Ahora bien, la sensibilidad del sistema auditivo no es independiente de la frecuencia; por el contrario, dos sonidos de igual presión sonora pueden provocar distintas sensaciones de intensidad o "sonoridad" dependiendo de su contenido espectral.

Estos tres parámetros del oído (rango dinámico, respuesta en frecuencia y sensibilidad en función de la frecuencia) se resumen en la siguiente figura, que ilustra el área de audición.

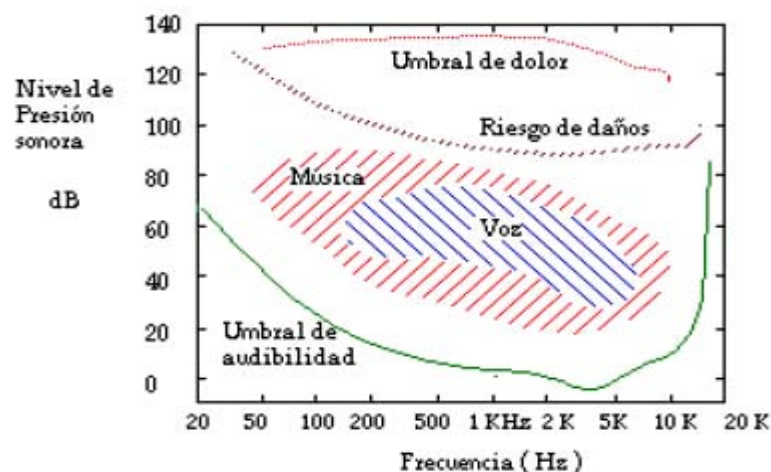


Fig. Área de audición.

El extremo superior del rango dinámico está dado por el umbral de dolor, el cual define las presiones sonoras máximas que puede soportar el oído. Más abajo de este nivel, se encuentra el límite de riesgo de daños, el cual representa un umbral de presión sonora que no debe sobrepasarse por más de un cierto período de tiempo (ocho horas diarias por día laboral), o de lo contrario puede producirse una pérdida de sensibilidad permanente.

El extremo inferior, denominado umbral de audibilidad, representa la sensibilidad del aparato auditivo, es decir, el valor mínimo de presión sonora que debe tener un tono para que éste sea apenas perceptible. De la figura resulta obvio que esta sensibilidad depende de la frecuencia de la señal sonora; a modo de ejemplo, un tono de 1 kHz y 20 dB SPL será audible (está por encima de la curva), mientras que un tono de 50 Hz e igual nivel será inaudible (está por debajo de la curva).

1.4.2.- Percepción del sonido y umbral de audibilidad.

La sensibilidad del aparato auditivo puede variar considerablemente de un sujeto a otro, además puede cambiar según las condiciones de propagación del sonido y producto de la edad de los sujetos.

La sensibilidad del sistema auditivo humano disminuye con la edad, especialmente en las altas frecuencias, debido al deterioro de las células ciliares del órgano de Corti; esto se refleja en el aumento del umbral auditivo que se observa en la figura.

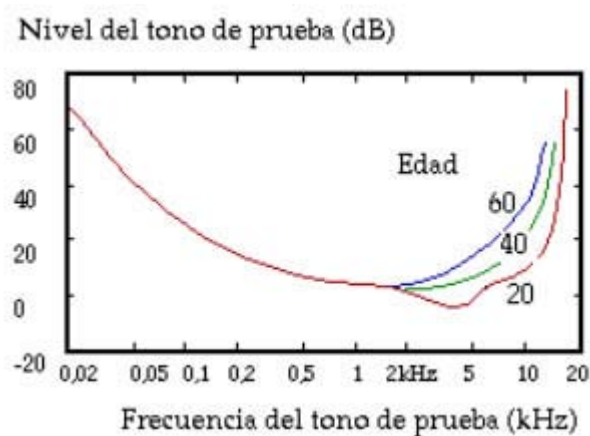


Fig. Umbrales de audibilidad según la edad de los sujetos.

El umbral de audibilidad no sólo es función del sujeto y de los parámetros ya mencionados, sino que además presenta una dependencia con respecto al modo de propagación de las ondas sonoras.

La curva del umbral auditivo corresponde a sonidos que se propagan en forma de ondas viajeras planas, y que inciden frontalmente sobre la membrana timpánica (condición de "campo libre").

Ahora bien, el modo de propagación de campo libre sólo es posible en ambientes anecoicos, es decir, sin reflexiones, o utilizando audífonos cuya respuesta en frecuencia haya sido adecuadamente corregida; sin embargo, en situaciones cotidianas (ambientes reverberantes; aplicación directa del sonido, sin audífonos) las características en frecuencia del lugar en el cual se encuentre el sujeto, por una parte, y la difracción provocada por la cabeza y el pabellón auricular, por otra, hacen que la propagación del sonido se asemeje a la condición de "campo difuso", en la cual el sonido incide desde todas las direcciones posibles. En esta condición, la sensibilidad del oído varía notablemente.

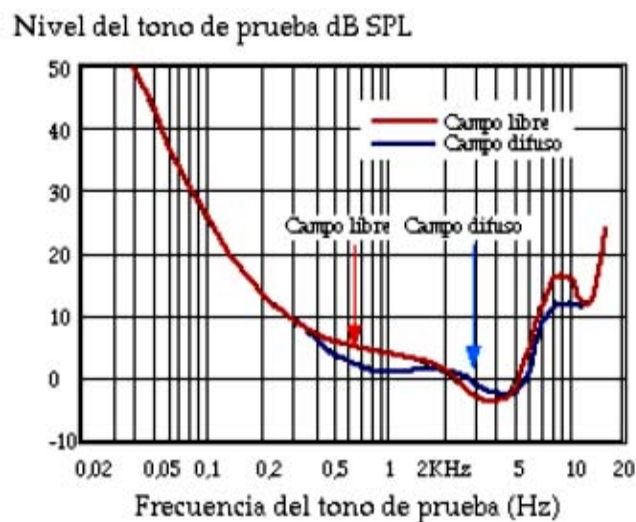


Fig. Umbral de audibilidad en condiciones de campo libre y difuso

1.4.3.- Localización espacial.

La determinación de la dirección de la cual emana un sonido depende del descubrimiento de la diferencia entre la llegada del estímulo a los dos oídos y la consiguiente diferencia de fase de las dos ondas sonoras en los lados, así como el hecho de que el sonido es más fuerte del lado más cercano a su origen.

Se dice que la diferencia del tiempo detectable, que puede ser de apenas $20\mu s$, es el factor más importante a frecuencias inferiores a 3KHz y que la diferencia en intensidad lo es para frecuencias superiores a los 3KHz. Muchas neuronas de la corteza auditiva reciben señales de ambos oídos y responden máxima o mínimamente cuando el tiempo de llegada de un estímulo a un oído es retardado durante un determinado periodo con respecto al tiempo de llegada al otro oído. Este periodo fijo varía de neurona en neurona.

Los sonidos que provienen directamente de enfrente del individuo probablemente difieren en la calidad de aquellos que vienen de atrás, porque las orejas están vueltas ligeramente hacia adelante. Además, las reflexiones de las ondas sonoras desde la superficie externa de las orejas cambian conforme los sonidos se desplazan hacia arriba o abajo. Por tanto el pabellón auricular desempeña una función importante para localizar los sonidos en el plano vertical.

1.4.4.- Curvas de igual sonoridad.

Las curvas que definen la relación entre las frecuencias de los tonos puros y sus niveles de presión sonora para el caso de niveles de sonoridad constante (curvas de igual sonoridad), expresan una propiedad del sistema auditivo humano y son una importantísima herramienta psicoacústica.

La obtención de esta curva se realiza sometiendo a cada individuo de un grupo experimental a un sonido standard de 1000 Hz a una presión sonora determinada. Posteriormente se les presenta un sonido a otra frecuencia con un aumento progresivo de la presión sonora hasta que el individuo lo identifica como de la misma sensación sonora que el anterior. Esto se repite manteniendo la frecuencia de 1000 Hz y variando los niveles de presión sonora y efectuando la comparación con sonidos emitidos a

todas las frecuencias centrales del espectro de bandas de octava, construyéndose así las curvas.

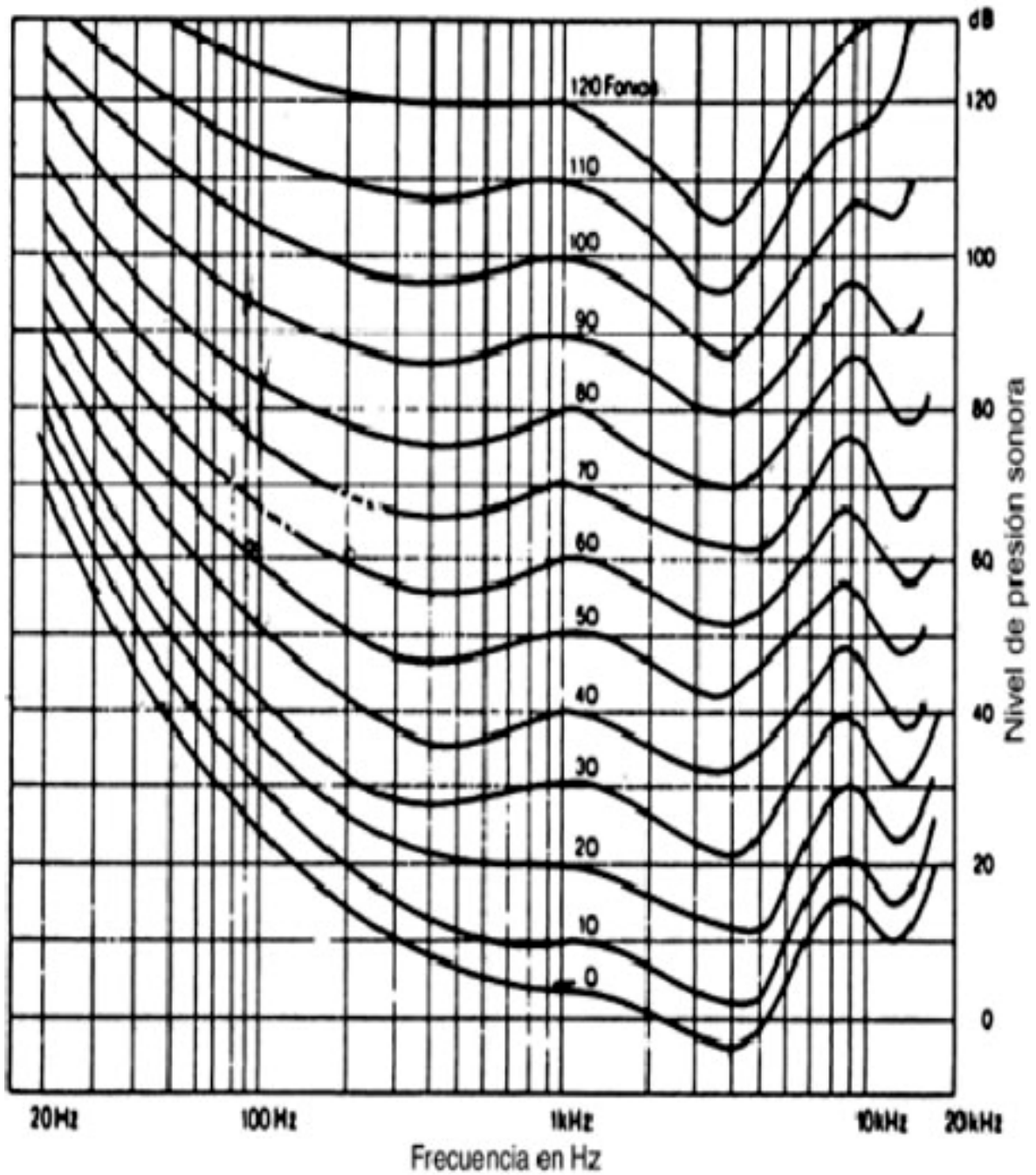


Fig. curvas isofónicas para tonos puros en condiciones de audición en campo libre.

De acuerdo con las curvas, tomando como referencia la frecuencia de 1000 Hz, el comportamiento auditivo podría dividirse así:

De 20 a 1000 Hz	Zona de atenuación
De 1000 a 5000 Hz	Zona de amplificación
De 5000 Hz en adelante	Zona de atenuación

Y como ejemplo de interpretación de estas curvas, un nivel de presión sonora de 40dB a 1000 Hz equivale a 60dB a 63 Hz y a 34dB a 3000 Hz. Por lo tanto, se puede dar una definición de sonoridad como “ la sensación acústica según la cual los sonidos pueden clasificarse en una escala que va desde los sonidos menos intensos hasta los más intensos”.

Capítulo 2.

El sistema auditivo.

En este capítulo se examina la estructura y funcionamiento del oído con el fin de lograr una mejor comprensión de los modelos y fenómenos psicoacústicos. Se estudia la anatomía y la fisiología del aparato auditivo haciendo énfasis en las partes y estructuras más importantes del mismo.

2.1.- Sistema auditivo.

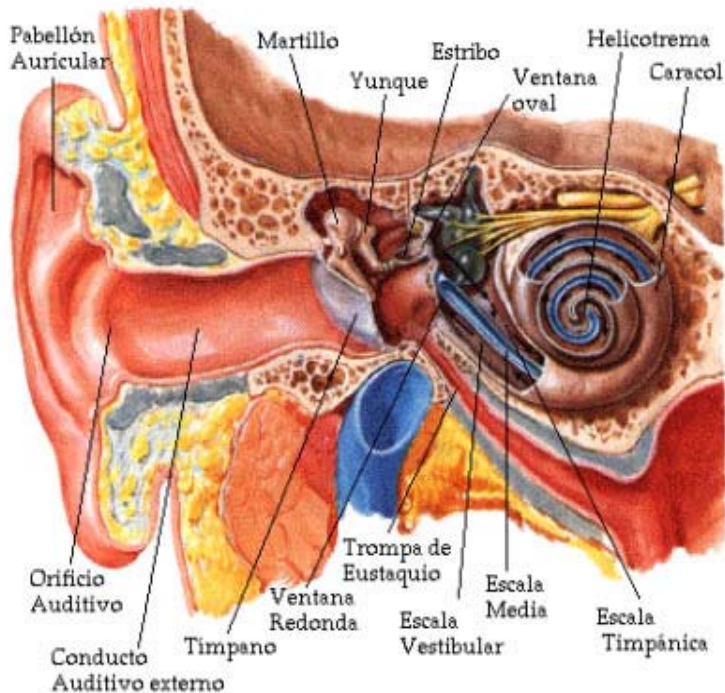
La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso extraordinariamente complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- *Captación y procesamiento mecánico* de las ondas sonoras.
- *Conversión de la señal acústica* (mecánica) *en impulsos nerviosos* y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.
- *Procesamiento neural* de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente tal, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Así pues se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: *La región periférica*, en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el momento de su conversión en señales electroquímicas, y *la región central*, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones. En la región central también intervienen procesos cognitivos, mediante los cuales se asigna un contexto y un significado a los sonidos; esta es un área en la cual no se va a profundizar y solamente me limitaré al estudio y la utilización de los aspectos perceptuales del proceso auditivo, esto es, aquellos que son independientes del contexto y del significado y que, en buena parte, se localizan en la región periférica del oído.

2.2.- Región periférica del sistema auditivo.

El oído propiamente tal, o región periférica, se divide usualmente en tres zonas de acuerdo a su ubicación en el cráneo:



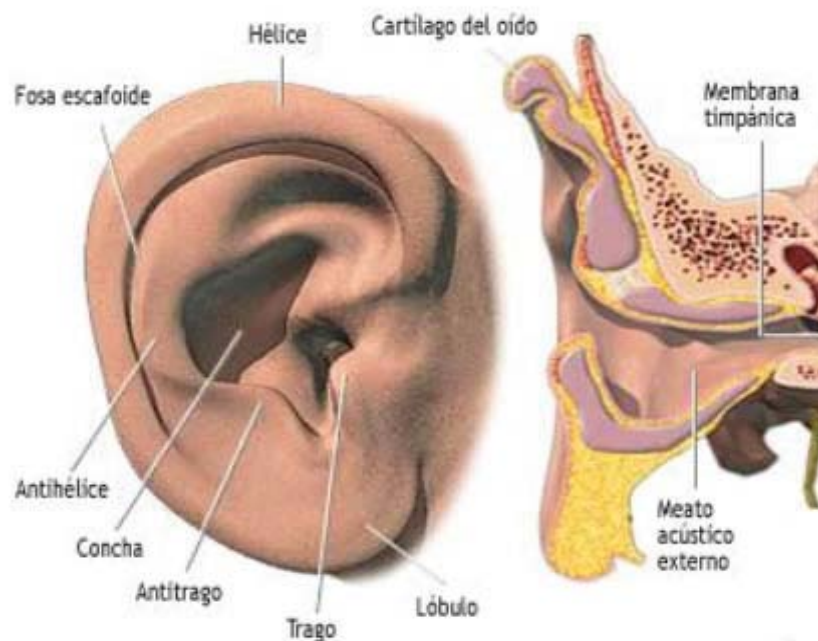
- Oído externo.
- Oído medio.
- Oído interno.

Los estímulos sonoros se propagan a través de estas zonas, sufriendo diversas transformaciones hasta su conversión final en impulsos nerviosos.

2.2.1.- Oído externo: El oído externo está formado por el pabellón auricular u oreja, el cual dirige las ondas sonoras hacia el conducto auditivo externo a través del orificio auditivo (audición por vía aérea). Hay que mencionar también que normalmente el cráneo logra captar y transmitir energía sonora hacia el oído interno (audición por vía ósea).

El otro extremo del conducto auditivo se encuentra cubierto por la membrana timpánica o tímpano, la cual constituye la entrada al oído medio. La función del oído externo es la

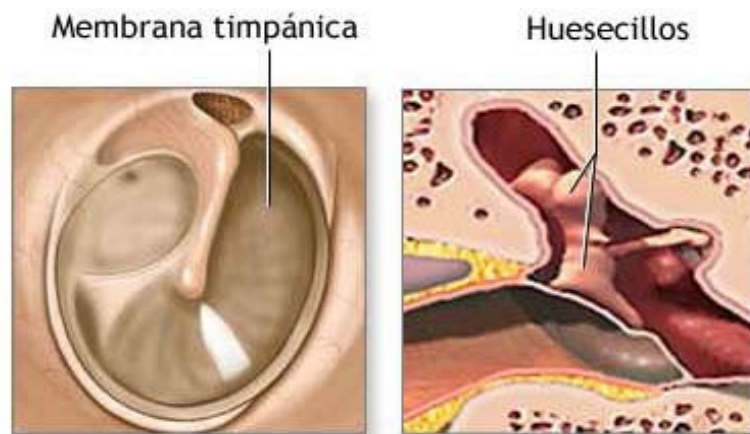
de recolectar las ondas sonoras, amplificarlas y encauzarlas hacia el oído medio[1]. Asimismo, el conducto auditivo tiene dos propósitos adicionales que son de transmitir los impulsos recibidos al oído medio y proteger las estructuras del oído medio contra daños[3].



El conducto auditivo es un “tubo”, primero de forma oblicua y luego sinuosa, de aproximadamente unos 2 cm de longitud y 0,7 cm de diámetro[2], lo cual influye en la respuesta en frecuencia del sistema auditivo. Dada la velocidad de propagación del sonido en el aire (aprox. 334 m/s), dicha longitud corresponde a $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de una señal sonora de unos 4kHz. Este es uno de los motivos por los cuales el aparato auditivo presenta una mayor sensibilidad a las frecuencias cercanas a los 4kHz. Adicionalmente, el pabellón auricular, junto con la cabeza y los hombros, constituyen a modificar el espectro de la señal sonora. Las señales sonoras que entran al conducto auditivo externo sufren efectos de difracción debidos a la forma del pabellón auricular y la cabeza, y estos efectos varían según el ángulo de incidencia y el contenido espectral de la señal; así, se altera el espectro sonoro debido a la difracción.

2.2.2.- Oído medio: Cuando un sonido tiene que pasar de un medio aéreo a un medio líquido, éste se refleja en su mayor parte. Cuando el sonido que viene del oído externo llega al oído interno, éste debe pasar al medio líquido que baña las células sensoriales receptoras de la audición. Normalmente, en condiciones normales, el sonido se reflejaría en una proporción semejante a un 99,9% de la energía sonora aérea, pero gracias a las funciones de la caja timpánica esta energía no es reflejada, sino que es transformada en forma de onda vibrátil líquida y transmitida al oído interno[3].

El oído medio está constituido primero por la membrana timpánica, que es la pared divisoria entre el oído externo y el oído medio. Posee una forma aproximadamente circular y está constituida de una pared externa, epidérmica, correspondiente al conducto auditivo; una parte intermedia, fibrosa, que flexa a la membrana de acuerdo al grado de vibración y una parte interna, mucosa, correspondiente a la caja del tímpano[3].



El oído medio además esta constituido por una cavidad llena de aire -1ª 2 cm³ de volumen- dentro del hueso temporal, en la cual se encuentra una cadena de tres huesecillos: martillo, yunque y estribo, unidos entre sí en forma articulada. El manubrio o mango del martillo, está adherido a la cara interna del tímpano, la cabeza a la pared del oído medio, y su apófisis corta al yunque, el cual a su vez articula con la cabeza del estribo. La base del estribo está unida por un ligamento anular a las paredes de la ventana oval, orificio que constituye la vía de entrada al oído interno.

La cavidad del oído medio se abre en la nasofaringe a través de la trompa auditiva (de Eustaquio) y a través de la nasofaringe se comunica al exterior. La trompa usualmente se encuentra cerrada, pero se abre durante la deglución, la masticación y el bostezo, conservando igual la presión de aire en ambos lados del tímpano.

Cada sonido pone en vibración a la membrana timpánica, de acuerdo con su frecuencia. Hasta los 2400 Hz el tímpano vibra como una lámina rígida y por encima de este valor el tímpano vibra de diferentes maneras. Las vibraciones del tímpano se transmiten a lo largo de la cadena de huesecillos, la cual opera como un sistema de palancas, de forma tal que la base del estribo vibra en la ventana oval. Este huesecillo se encuentra en contacto con uno de los fluidos contenidos en el oído interno; por lo tanto el tímpano y la cadena de huesecillos actúan como un mecanismo para transformar las vibraciones de aire en vibraciones de fluido. Para que la transferencia de potencia del aire al fluido sea máxima, debe efectuarse un acoplamiento entre la impedancia mecánica característica del aire y la del fluido, puesto que esta última es mucho mayor que la primera.

Un equivalente mecánico de un transformador (acoplador de impedancias eléctricas), es, precisamente, una palanca; por lo tanto, la cadena de huesecillos actúa como un acoplador de impedancias. Además, la relación entre las superficies del tímpano y de la base del estribo (en la ventana oval) introduce un efecto de acoplamiento adicional, lográndose una transformación de impedancias del orden de 1:20 o de 1:30 dependiendo de la intensidad del sonido percibido[2].

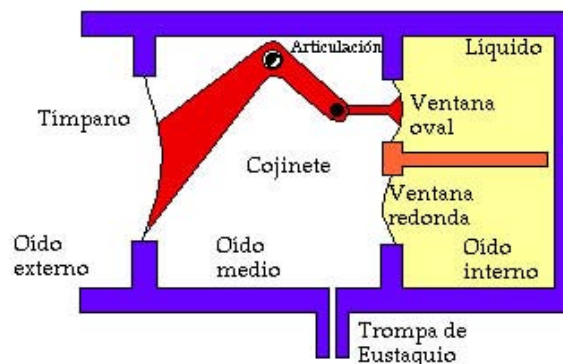


Fig. Analogía del funcionamiento del oído medio

Hay una función del oído medio que es importantísima al momento de analizar su funcionamiento, y es la de proteger al oído interno ante sonidos extremadamente intensos. Mientras a intensidades de presión sonora aceptables la platina del estribo articula sus movimientos hacia adentro y hacia afuera de acuerdo con un eje vertical posterior, a grandes intensidades el movimiento se realiza conforme al eje mayor de la platina, lo que anula el real desplazamiento del líquido intralaberíntico, provocando en consecuencia una atenuación de la sonoridad percibida, es decir, mientras en un principio la sonoridad percibida va en un progresivo incremento, luego de una intensidad crítica, la sonoridad parece “apagarse” súbitamente. Si a esta función protectora se le suma la acción de los músculos y de la cadena de huesecillos, que actúan ante grandes intensidades sonoras aumentando la impedancia por roce, se obtiene un poderoso fenómeno propio del oído medio que, a fin de cuentas, es una herramienta imprescindible dentro del proceso auditivo.

Es necesario destacar el papel de las ventanas al momento de analizar el oído medio. Como se dijo anteriormente, las vibraciones acústicas pasan rápidamente al oído interno por medio de la platina del estribo, poniendo en movimiento los líquidos perilinfáticos gracias a la acción compensadora de la ventana redonda. Dentro de los líquidos perilinfáticos no podría haber transmisión de la onda sonora sin la existencia de la ventana redonda, pues los líquidos son incompresibles.

La penetración del estribo en la ventana oval determina un movimiento del líquido perilinfático que se propaga a lo largo de la rampa vestibular, siguiendo a lo largo de la rampa timpánica y terminando a nivel de la ventana redonda. Este efecto compensador de la ventana redonda puede efectuarse solamente porque existe una diferencia de presión o de fase entre las vibraciones que atacan a la ventana oval y aquellas más débiles que llegan a la ventana redonda[3].

2.2.2.a.- La trompa de Eustaquio.

La adecuada función de la trompa de Eustaquio permite la mantención de la presión atmosférica dentro del oído medio (función de ventilación). De esta manera se compensa la capacidad de absorción de gases de la mucosa del oído medio impidiendo una posible retracción de la membrana timpánica, lo que significaría una disminución de la función auditiva. La otra función de la trompa de Eustaquio es la de eliminar secreciones e impedir la entrada de éstas al oído medio. La trompa está normalmente cerrada pero durante la deglución y el bostezo los músculos periestafilinos (elevadores del paladar blando) permiten su abertura.

En el niño, la rinofaringe está ocupada parcialmente por la vegetación adenoidea, que constituyen el tejido linfático, que en condiciones de hipertrofia pueden obstruir el tubo determinando patologías del oído[4].

2.2.3.- Oído interno: El oído interno representa el final de la cadena de procesamiento mecánico del sonido, y en él se llevan a cabo tres funciones primordiales: *filtraje de la señal sonora, transducción y generación de impulsos nerviosos*.

El oído interno esta formado en un espacio que deja el hueso temporal en la región denominada hueso petroso. En el oído interno o laberinto se encuentra la cóclea o caracol, la cual es un conducto rígido en forma de espiral de unos 35 mm de longitud.

El interior del conducto está dividido en sentido longitudinal por la membrana basilar y la membrana de Reissner, las cuales forman tres compartimentos o escalas. La escala vestibular superior y la escala timpánica inferior contienen un mismo fluido llamado perilinfa, puesto que se interconectan por una pequeña abertura situada en el vértice del caracol, llamada helicotrema. Por el contrario, la escala media se encuentra aislada de las otras dos escalas y contiene un líquido de distinta composición llamado endolinfa.

La base del estribo, a través de la ventana oval, está en contacto con el fluido de la escala vestibular, mientras que la escala timpánica desemboca en la cavidad del oído medio a través de la ventana redonda.

Sobre la membrana basilar y en el interior de la escala media se encuentra el órgano de Corti (la estructura que contiene las células receptoras auditivas), el cual se extiende desde el vértice hasta la base de la cóclea y contiene las células ciliares que actúan como transductores de señales sonoras a impulsos nerviosos.

Dependiendo de su ubicación en el órgano de Corti, se pueden distinguir dos tipos de células ciliares: internas y externas. Las células ciliares se encuentran dispuestas en cuatro hileras: tres hileras de células ciliares externas y una hilera de células ciliares internas. Existen alrededor de 3500 células ciliares internas y unas 20000 células externas en cada caracol humano. Ambos tipos de células presentan conexiones o sinápsis con las fibras nerviosas aferentes (que transportan los impulsos hacia el cerebro) y eferentes (que transportan los impulsos provenientes del cerebro), las cuales conforman el nervio auditivo. El número total de fibras aferentes y eferentes de cada nervio auditivo es alrededor de 28000[7].

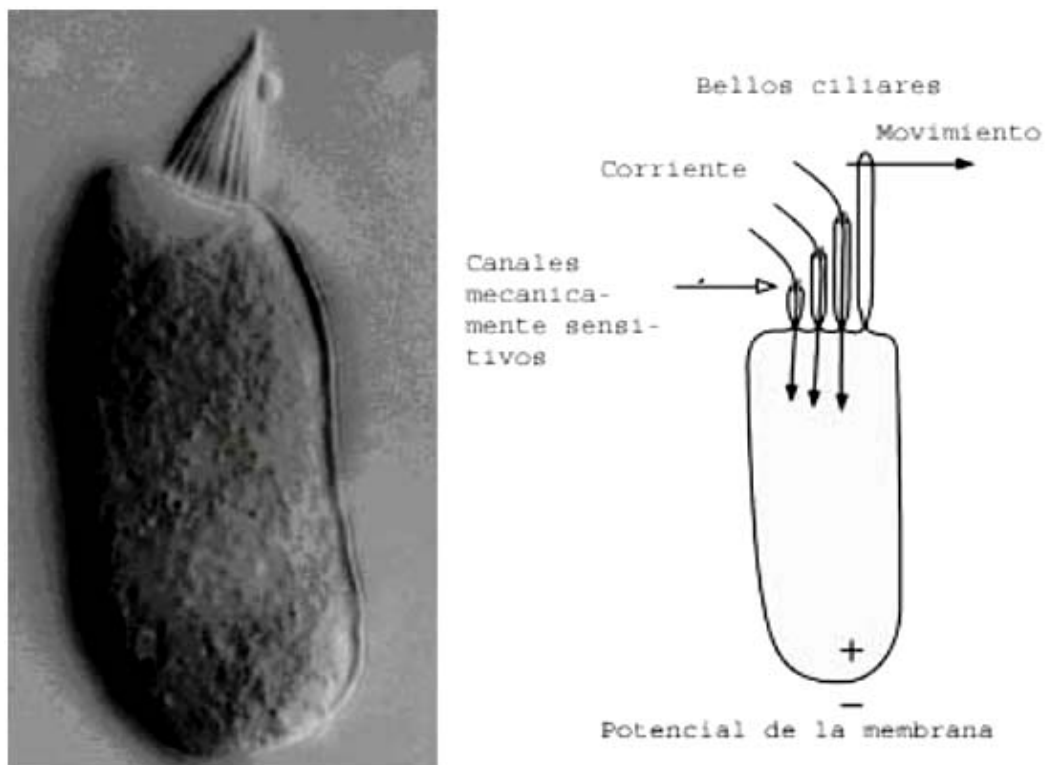


Fig. Célula Ciliar

El conjunto que involucra al oído externo, medio, las ventanas del oído medio y el oído interno, contribuyen a la transmisión de las vibraciones hasta el órgano de Corti. Esta conducción, cualquiera que sea su soporte anatómico, está siempre regida por las mismas leyes. La vibración acústica es frenada o disminuida en su propagación por una fuerza o impedancia propia de cada medio, en este caso, esta impedancia está en función de cierto número de factores que representan las distintas características físicas del oído (estructuras anatómicas).

2.2.3.a.- Impedancia acústica.-

La impedancia acústica es la resistencia ofrecida por un objeto al paso del sonido, y se mide en unidades llamada ohms acústicos. La movilidad del objeto puede ser también medida y expresada como compliancia. Cuando un sonido golpea un objeto, parte de la energía acústica es reflejada y parte es absorbida dependiendo de la naturaleza del material. Así, cuando un sonido alcanza la membrana timpánica, parte de la energía acústica es absorbida, lo que produce una vibración de ésta y de la cadena osicular del oído medio. La membrana y el oído medio de un oído normal tienen una impedancia acústica relativamente baja, lo que se traduce en una apreciable cantidad de energía acústica absorbida y transmitida a través del oído medio. Si la membrana timpánica está engruesada o el oído medio contiene líquido, la impedancia acústica aumentará, lo que significa que menos energía es absorbida y hay una consecuente pérdida de transmisión. Asimismo, si hay una presión negativa en el oído medio y la membrana timpánica se tensa, la impedancia acústica aumentará.

Si se quiere traducir lo antes dicho en lenguaje matemático se obtiene la fórmula de impedancia[3]:

$$i = \sqrt{r^2 + \left(mw + \frac{s}{w}\right)^2}$$

La impedancia i por lo tanto, es:

- tanto mayor, cualquiera sea la frecuencia de vibración, cuanto más intensos sean los rozamientos (r).
- tanto mayor cuanto más importante sea la masa (m), y ésta, tanto mayor cuanto más agudo sea el sonido (el factor m , en efecto, está multiplicado por la frecuencia de vibración). Este fenómeno puede encontrarse en ciertos casos tales como un tapón de cerumen u otitis aguda.
- tanto mayor cuanto más importante sea la rigidez (s), y este hecho es tanto más manifiesto cuanto más grave sea el sonido (el factor esta dividido por la frecuencia de las vibraciones). Por tanto, la rigidez favorece el paso de las frecuencias agudas y no el de las graves.

Capítulo 3.

Problemas Auditivos.

“Una limitación auditiva es cualquier alteración en el funcionamiento normal del oído, lo cual interfiere la adquisición normal del habla y el lenguaje”.

3.1.-Problemas auditivos en la edad adulta.

3.1.1.- Otosclerosis: se define como el crecimiento óseo anormal en el oído medio que causa una pérdida de la audición.

La otosclerosis es un trastorno hereditario que se caracteriza por la formación de hueso esponjoso en el oído medio, lo cual impide la vibración del estribo (estapedio) como respuesta a las ondas sonoras y lleva a una pérdida de la audición progresiva de tipo conductiva.

Es la causa más frecuente de la pérdida de audición en los adultos jóvenes y afecta cerca del 10% de la población* siendo más frecuente en mujeres entre los 15 y 30 años de edad. Se puede presentar en ambos oídos.

Los factores de riesgo comprenden antecedentes familiares de pérdida de la audición y el embarazo (puede desencadenarla). Las personas caucásicas son más susceptibles a esta condición que otras personas.

3.1.2.- Trauma acústico: (Lesión de oído; lesión en el oído; trauma en el oído)

Es una lesión a los mecanismos auditivos dentro del oído interno, ocasionada por un ruido excesivamente alto.

El trauma acústico es una causa común de la pérdida de audición sensitiva. El daño de los mecanismos auditivos dentro del oído interno puede deberse a una explosión cerca del oído, exposición prolongada a ruidos altos como música a alto volumen, maquinaria

* Fuente: US National Library of Medicine (on line www.medlineplus.gov)

ruidosa u otros sonidos recreativos como los producidos por elementos de caza. Dicho trauma es una forma de pérdida auditiva ocupacional.

3.1.3.- Pérdida de la audición por causa ocupacional: Pérdida de la audición por daño del oído interno, ocasionada por la exposición al ruido o a la vibración como resultado de ciertas ocupaciones o formas de entretenimiento.

El sonido se escucha a partir del momento en que el oído transforma la vibración de las ondas sonoras en impulsos a los nervios del oído. Los sonidos que están por encima de los 90 decibeles, especialmente si son prolongados, pueden ocasionar una vibración tan intensa que lesionan el oído interno. Noventa decibeles equivalen aproximadamente a escuchar el ruido de un camión a 4,5m de distancia, mientras que un martillo neumático (perforadora) emite sonidos de aproximadamente 120 dB a casi 1m de distancia. Un motor a reacción emite 130 dB a 3m de distancia; las motos y otros motores similares emiten entre 85 y 90 dB. Y en un concierto de rock se puede alcanzar los 100 dB. La regla práctica general es: si es necesario gritar para ser escuchado, el nivel de sonido está en un límite en que puede lesionar el oído.

Algunos trabajos como la construcción, el mantenimiento de aeronaves en tierra, la agricultura y los entretenimientos en los cuales hay ruidos de alto volumen, provenientes de la música o de maquinaria, conllevan un alto riesgo de sufrir una pérdida auditiva. En muchos países, el máximo nivel de ruido permitido en los sitios de trabajo es regulado por la ley y se presta atención tanto al período de exposición al ruido como a su grado (nivel de decibeles). En caso de que la exposición esté en el nivel máximo permitido o por encima de él, se deben implementar medidas protectoras de inmediato.

Dentro de este problema auditivo existen dos tipos de traumas acústicos producidos por la exposición al ruido que son:

TTS: *Temporal Treshold Shift*, o cambio temporal del umbral de audición. Generalmente se produce a causa de la exposición corta a niveles de ruido muy intensos. Es lo que comúnmente se conoce como el “beep” o pito en el oído automáticamente después de estar en un medio altamente ruidoso; el umbral vuelve a la normalidad después que el oído deja de estar expuesto a los altos niveles y es capaz de relajarse. Suele producirse durante la primera hora de exposición al ruido y su amplitud, es decir, la cantidad de variación del umbral depende de las características del ruido. Así, los de frecuencia elevada producen mayores desplazamientos que los de baja frecuencia a igual intensidad. Se ha demostrado que la recuperación del umbral auditivo es más rápida cuando su desplazamiento ha sido mayor, existiendo un límite del orden de los 50 dB en que esto es válido. A partir de los 50 o 60 dB el regreso a la normalidad del umbral es mucho más lento, pudiendo durar días, es más, para frecuencias mayores a 4kHz, es posible un desplazamiento permanente del umbral.

PTS: *Permanent Treshold Shift*. A diferencia del anterior, este es el cambio permanente del umbral auditivo debido a la alta exposición a niveles de ruido extremadamente intensos. Además no es posible que el umbral recupere su estado normal lo que puede llevar a la pérdida total de la audición. Está causada por lesiones cocleares y suele comenzar en la vecindad de los 4 kHz, que además con el paso de los años, se va acentuando en esta frecuencia y propagándose a las adyacentes.

3.1.4.- Pérdida de la audición en la vejez o Presbiacusia: envejecimiento fisiológico del oído. Manifestación involutiva propia de la edad avanzada. Los umbrales de audición van disminuyendo a medida que avanza la edad y cada vez es más acentuada en las frecuencias agudas.

La pérdida de la audición relacionada con la edad (presbiacusia) involucra una pérdida de la audición progresiva, empezando por los sonidos de alta frecuencia como los que se producen cuando se conversa. No se conoce si existe una causa específica como el trauma por ruido, sin embargo parece haber una predisposición genética y tiende a ser una condición familiar. Este trastorno se presenta aproximadamente en un 25% de las personas en edades entre los 65 y 75 años de edad y en el 50% de los que tienen más de 75 años.

3.1.5.- Enfermedad de Ménière: Hidropesía endolinfática; hidropesía.

Es el trastorno del oído interno caracterizado por una sensación anormal de movimiento (vértigo), pérdida de audición en uno o ambos oídos, y ruidos o repiqueteo en el oído.

Los canales semicirculares (laberinto) llenos de líquido del oído interno, junto con el octavo nervio craneal, controlan el equilibrio y el sentido de orientación. La enfermedad de Ménière implica una inflamación de la parte del canal (saco endolinfático) que controla la filtración y excreción del líquido del canal semicircular.

Se desconoce la causa exacta de la enfermedad de Ménière. Puede estar relacionada con infección del oído medio (otitis media), sífilis, o lesión de la cabeza. Otros factores de riesgo son: enfermedad viral reciente, infección respiratoria, estrés, fatiga, uso de drogas con o sin receta médica incluyendo aspirina y una historia de alergias, cigarrillo, y uso de alcohol.

3.2.- Problemas auditivos en la infancia.

3.2.1.- Dolor de oído: (Otalgia; dolor persistente en el oído).

Definible como un dolor persistente en el oído que puede ser agudo, sordo, urente, transitorio o constante.

El dolor en el oído es causado por la acumulación de líquido y por la presión en la porción del oído que se encuentra por detrás del tímpano (oído medio).

El oído medio drena mucosidades a través de la trompa de Eustaquio hacia las cavidades nasales. Un resfriado común o una alergia pueden producir la obstrucción de la trompa de Eustaquio debido a un edema, en especial en los niños pequeños en quienes esta estructura es más pequeña. Cuando la trompa de Eustaquio se cierra, impide el drenaje normal de líquido desde el oído medio y el líquido se acumula provocando una ventilación inadecuada, dolor y pérdida de la audición.

Las causas del dolor no son necesariamente las enfermedades del oído, ya que puede ser producido también por infecciones y otros problemas de la nariz, la cavidad oral, la garganta y la mandíbula.

Cuando se realiza el manejo de niños pequeños: el aumento de la irritabilidad o el tirarse los pabellones auriculares con frecuencia constituyen signos de dolor de oído en los bebés. Dentro de los síntomas de infección del oído se pueden considerar la fiebre, el dolor en el oído, la inquietud, el aumento del llanto, la irritabilidad y el tirarse los pabellones auriculares. Las infecciones de los oídos son muy comunes en la infancia y la niñez y con frecuencia se asocian con los resfriados comunes.

La mayoría de los niños sufren una pérdida de la audición leve y temporal durante e inmediatamente después de una infección del oído. En muy pocas ocasiones se presenta una pérdida auditiva permanente si el problema es tratado en forma adecuada por el médico.

3.2.2.- Infecciones del oído externo y medio: Una de las alteraciones auditivas más comunes en niños (y menos en adultos) es la llamada Otitis.

La otitis puede afectar el oído externo o medio y se clasifica de acuerdo con su aparición súbita o aguda, lenta o crónica.

Los tipos específicos de infección de oído son:

- otitis externa aguda
- otitis externa crónica
- otitis externa maligna
- otitis media aguda
- otitis media crónica

Otitis externa aguda: Infección aguda del oído externo; infección del oído externo; oído agudo de nadador.

Con este nombre se designa la enfermedad que surge de la infección o inflamación del oído externo y el conducto auditivo.

El oído de nadador (otitis externa) es una enfermedad muy común que afecta aproximadamente a 4 de cada 1.000 niños. Consiste en la inflamación, irritación y/o infección del oído externo y del conducto auditivo. Su desarrollo puede estar relacionado con antecedentes tanto de exposición al agua como de trauma mecánico del oído ocasionado por rascado o por objetos extraños en su interior.

En algunas ocasiones, la otitis externa puede verse asociada con infecciones del oído medio (otitis media) o del tracto respiratorio superior como los resfriados. La presencia de humedad en el oído es un factor predisponente a la infección de hongos o bacterias hidrófilas.

Otitis externa crónica: Infección externa crónica del oído.

Inflamación o infección del oído externo y del conducto auditivo de carácter persistente y recurrente.

Otitis externa maligna: Osteomielitis del cráneo.

Es una enfermedad que causa inflamación y lesión de los huesos y el cartílago de la base del cráneo y es ocasionada por la diseminación de la infección del oído externo.

La otitis externa maligna se considera una complicación poco común, tanto de la otitis externa aguda como de la otitis externa crónica (oído de nadador, infección del oído externo) y afecta aproximadamente a 5 de cada 10.000 personas. Los pacientes diabéticos y aquellos cuyo sistema inmune han sido afectados por enfermedades o medicamentos son especialmente sensibles a esta infección.

La otitis externa, causada frecuentemente por bacterias difíciles de combatir como las *seudomonas*, se disemina desde el piso del conducto auditivo hacia los tejidos adyacentes y los huesos de la base del cráneo. Los huesos pueden ser deteriorados o destruidos debido a la infección resultante y a la inflamación. La infección puede propagarse todavía más y afectar los nervios craneanos, el cerebro u otras partes del cuerpo.

Otitis media aguda: Infección aguda del oído; infección del oído medio.

Es una enfermedad donde se produce una inflamación y/o infección de las estructuras del oído medio. La otitis media aguda es la causa principal de consulta en los niños; la mayoría tiene más de tres infecciones al oído durante los tres primeros años de vida y es también la causa mas frecuente de sordera en la infancia.

La inflamación del oído (otitis estéril u otitis serosa) se presenta cuando hay una acumulación de líquido estéril en su interior. Tal acumulación es posiblemente causada por una sobreproducción de líquido de las estructuras del oído medio. Esta situación también se puede presentar por una obstrucción de la trompa de Eustaquio, la conexión

entre el oído medio y la parte posterior de la nariz y parte superior de la garganta. La presencia de exceso de líquido hace que el oído se irrite y se inflame.

La otitis media aguda (infección aguda del oído) se presenta cuando hay una infección bacteriana o viral del líquido del oído medio, la cual genera la producción de líquido o de pus. Esta condición puede estar acompañada de sangrado en el oído medio.

La presión de los líquidos asociados con la infección del oído puede causar ruptura de la membrana timpánica. A la inversa, un tímpano perforado puede ocasionar una infección del oído al permitir que las bacterias o virus entren directamente al oído medio. Las infecciones de oído se presentan con mayor frecuencia después de las infecciones respiratorias o si los senos paranasales o la trompa de Eustaquio se obstruyen debido a alergias o adenoides agrandadas.

Las infecciones del oído se presentan en aproximadamente 3 de cada 100 personas. Dichas infecciones pueden afectar a cualquier individuo, aunque son más comunes en niños ya que en ellos las trompas de Eustaquio son más cortas, más estrechas y más horizontales que en los adultos.

Los factores de riesgo comprenden: enfermedad reciente de cualquier índole (la cual disminuye la resistencia del cuerpo a la infección), hacinamiento y malas condiciones sanitarias, factores genéticos (susceptibilidad del oído a infección que puede ser común en la familia), altitudes elevadas, clima frío y alimentar los bebés con mamaderas, permitiendo que el líquido se acumule en la garganta cerca a la trompa de Eustaquio.

Otitis media crónica: Infección crónica del oído; infección del oído medio crónica.

Inflamación o infección de forma persistente o recurrente que compromete el oído medio.

Cualquier infección aguda del oído puede convertirse en una enfermedad crónica. La infección crónica del oído (otitis media crónica) tiene mayores implicaciones que la infección aguda porque sus efectos son prolongados o repetidos y conllevan al daño permanente del oído. Los síntomas que se presentan en este tipo de infecciones suelen

ser menos severos e incluso imperceptibles, de tal forma que la infección permanece largos períodos de tiempo sin recibir ningún tipo de tratamiento.

Existen otras causas relacionadas con la infección crónica del oído como el trauma u otros trastornos, dentro de los que cabe incluir la obstrucción, producida por la inflamación de los adenoides, en la trompa de Eustaquio. Esta alteración puede volverse crónica y terminar como una otitis serosa, lo que ocurre más frecuentemente en niños. Pero además de la obstrucción repetida de la trompa de Eustaquio causada por los adenoides, otros procesos también pueden ser motivo de daño como, por ejemplo, las infecciones previas que traen consigo cicatrizaciones, las alergias y los procesos inflamatorios de la parte posterior de la garganta.

La otitis media crónica, en la que el oído medio más que inflamado, está en realidad infectado por una bacteria (u ocasionalmente por virus), es más seria. Este tipo de enfermedad puede ser el resultado de una infección aguda del oído que no se ha resuelto por completo o de infecciones del oído recurrentes. En ciertas ocasiones, la infección se puede extender hacia sitios como la mastoides (mastoiditis), o el aumento de la presión del líquido contenido en el oído puede producir la ruptura del tímpano o dañar los huesecillos que conforman el oído medio.

La infección crónica del oído es menos común que la forma aguda y afecta aproximadamente 2 de cada 10.000 personas.

Otitis serosa: Supone la existencia de líquido en el oído durante períodos prolongados de tiempo; en su etiología intervienen varios factores, muchos de los cuales se traducen en una mala ventilación del oído.

Si la otitis serosa no evoluciona favorablemente en un corto período de tiempo, debe facilitarse la salida de líquido de la caja del tímpano mediante la colocación de un tubo de drenaje (Miringotomía).

3.2.3.- Mastoiditis: (Infección del hueso mastoides del cráneo).

La mastoiditis es una infección de las celdillas aéreas óseas ubicadas en la apófisis mastoides, la cual está localizada detrás del oído. Es poco común en la actualidad gracias al uso de antibióticos en el tratamiento de las infecciones óticas. En esta imagen, el niño presenta drenaje por el oído y enrojecimiento (eritema) detrás del pabellón auricular, sobre el hueso mastoides.

La mastoiditis es usualmente consecuencia de una infección del oído medio (otitis media aguda). La infección se puede diseminar desde el oído hasta el hueso mastoides del cráneo, al cual llegan materiales infectados que pueden deteriorar su estructura en forma de panal.

La mastoiditis afecta más comúnmente a los niños. Antes de que existieran los antibióticos, esta enfermedad era una de las causas principales de muerte infantil, pero en la actualidad es relativamente escasa y mucho menos peligrosa.

3.2.4.- Laberintitis: Laberintitis bacteriana; Laberintitis serosa.

Trastorno del oído que involucra inflamación de los canales del oído interno (canales semicirculares, laberinto) produciendo vértigo.

La causa de la Laberintitis es desconocida, pero se presenta frecuentemente en niños después de una otitis media o infección de las vías respiratorias superiores (IVRS), se cree que es consecuencia de una infección viral o bacteriana. También puede aparecer después de alergia, colesteatoma, o ingestión de drogas tóxicas.

Los canales semicirculares del oído interno (laberinto) se inflaman. Esto interrumpe su función, incluyendo la regulación del equilibrio. Los factores de riesgo son, entre otros, enfermedad viral reciente, infección respiratoria, o infección del oído; uso de drogas indicadas o no (especialmente la aspirina), estrés, fatiga e historia de alergia, fumar, o consumo de alcohol.

3.3.- Problemas auditivos independientes de la edad.

Fuera de los problemas auditivos que tienen relación directa con la edad, existen algunos que se presentan en cualquier momento de la vida.

3.3.1.- Ruidos o zumbidos en el oído: Conocidos también como silbido de oídos o tinnitus.

El tinnitus se puede describir como el sonido de un escape de aire, del correr del agua, del interior de una concha marina o como un sonido crepitante, musical o de zumbido.

Técnicamente es conocido como un tono puro de frecuencia normalmente media-alta.

Esta condición es un síntoma de casi todos los trastornos auditivos, dentro de los que se cuentan las infecciones de los oídos, los cuerpos extraños o la cera en el oído, la otosclerosis, la enfermedad de Ménière, el trauma acústico y otros. El tinnitus puede asociarse con la pérdida de la audición como por ejemplo la pérdida auditiva ocupacional, ya que una de las causas del tinnitus es la exposición prolongada a ruidos de alta intensidad. También es un síntoma de ciertas formas de enfermedades cardiovasculares como la oclusión de las arterias carótidas, la anemia, las malformaciones vasculares (vasos sanguíneos), los aneurismas y los tumores de la cabeza.

El tinnitus es común y casi todas las personas lo experimentan de una forma leve, pero hay casos en que los sonidos pueden ser tan intensos que los puede escuchar otra persona. Debido a esto existe la clasificación entre estos dos casos: El tinnitus subjetivo y el tinnitus objetivo o real.

Las causas pueden variar según la edad y el sexo de la persona y las características específicas del síntoma, tales como localización exacta, calidad, duración, factores agravantes, factores atenuantes y enfermedades asociadas. Las causas más comunes de tinnitus son: la ya nombrada exposición a ruidos de alta intensidad, anomalías fisiológicas, stress y consumo de drogas ototóxicas entre otras.

3.3.2.- Impactación del cerumen: Bloqueo del oído; impactación del oído; cera del oído. Se define como la obstrucción del canal auditivo con cerumen (cera).

La impactación por cerumen es una de las causas más comunes de la pérdida auditiva. En ocasiones existe una producción aumentada de cerumen producto de las glándulas sebáceas, ceruminosas, restos de descamación epitelial y pelo. Esta secreción (que es fisiológica y que posee función protectora del oído, atrapando el polvo, los microorganismos y las partículas extrañas y evita que penetren en él y lo lesionen) puede ser de tal magnitud que llega a bloquear el conducto auditivo externo. Su producción se estima en 2,81 mg/semana y se elimina gracias al movimiento migratorio de la piel del conducto auditivo externo estimado en 0,07 mm/día. El canal auditivo está revestido por folículos pilosos y glándulas productoras de un aceite denominado cerumen.

En algunas personas, las glándulas producen más cera de la que puede eliminarse fácilmente. Esta cera adicional puede endurecerse en el canal auditivo y llegar a obstruirlo. Es más común que el canal auditivo se obstruya con cera cuando al intentar limpiar el oído, la cera se empuja a un nivel más profundo del canal ocasionando el bloqueo.

Solo cuando existe un bloqueo es prudente eliminarlo. Para ello pueden emplearse maniobras con curetas especiales ojalá bajo visión microscópica, o bien la eliminación por un lavado con jeringa especial y agua a 37 grados Celsius de temperatura.

3.3.3.- Lesión del oído interno o externo o un objeto en el oído: Cualquier problema en el oído medio o interno exige atención médica. Se necesitan instrumentos especiales para poder examinar el oído apropiadamente. La falta de tratamiento puede provocar la pérdida de la audición.

Las funciones del oído interno están muy relacionadas con el cerebro, lo que representa una razón muy importante para aplicar un vendaje estéril sobre el oído lesionado hasta que se pueda recibir asistencia médica.

Causas:

- La causa más común de un tímpano perforado es el trauma que resulta de insertar en el oído, de forma deliberada o accidental, objetos puntiagudos como hisopos, ganchos para el cabello o palillos de dientes
- Los cambios repentinos y excesivos de presión como una explosión, un golpe en la cabeza, el volar en avión o el nadar pueden lesionar el oído
- La lesión también puede ser producto de una infección del oído medio u otitis.
- Objetos que se hayan introducido al oído, insectos u objetos que vuelan.

3.3.4.- Tímpano roto o perforado: Tímpano perforado; tímpano roto; perforación de la membrana timpánica.

Se define como la apertura en la membrana timpánica (tímpano).

La membrana timpánica (tímpano) separa el oído externo del oído medio y vibra cuando es golpeada por las ondas sonoras, dando inicio al proceso que convierte las ondas sonoras en impulsos nerviosos que viajan hasta el cerebro. Cuando el tímpano sufre daños se interrumpe el proceso auditivo.

El tímpano también actúa como una barrera que evita que los materiales externos, como las bacterias, penetren en el oído medio. Cuando el tímpano es perforado, las bacterias viajan con facilidad hasta el oído medio causando una infección. Y a su vez las infecciones del oído pueden causar una ruptura del tímpano al aumentar la presión del líquido en el oído medio.

Los daños al tímpano pueden ocurrir a consecuencia de un trauma acústico, por una lesión directa o por un barotrauma (daño provocado por presión). La inserción de hisopos con puntas de algodón (Q-tips) o de objetos pequeños en el oído para limpiarlo podrían perforar el tímpano. Los objetos extraños en el oído son otra de las causas de un tímpano perforado.

3.3.5.- Pérdida de la audición: Sordera; disminución de la audición.

Incapacidad total o parcial para escuchar sonidos a través de uno o ambos oídos.

La disminución leve de la audición, en especial para las frecuencias más altas, es normal después de los 20 años. Algún grado de sordera nerviosa (o pérdida de la audición) afecta a 1 de cada 5 personas a la edad de 55 años. Esta condición por lo general se desarrolla gradualmente y muy rara vez termina en sordera completa. En ocasiones se puede sospechar erróneamente la enfermedad de Alzheimer u otras enfermedades neurológicas en las personas de edad avanzada, debido a sus problemas de audición.

Posiblemente algunos niños presentan un desarrollo lento del lenguaje a causa de los problemas de audición.

Existen muchas causas para la pérdida de la audición y se pueden agrupar de varias maneras. Una de ellas divide las causas en 2 categorías: pérdida conductiva y pérdida nerviosa. La pérdida conductiva ocurre cuando los tres huesos del oído (osículos) no pueden transmitir el sonido hasta la cóclea o cuando el tímpano no logra vibrar de forma normal en respuesta al sonido debido a algunos problemas mecánicos, como por ejemplo la presencia de líquido en el oído, el taponamiento del conducto auditivo externo con cerumen o cuerpos extraños, el rompimiento de los huesecillos, el engrosamiento del tímpano a causa de infecciones repetidas en el oído medio y la rigidez anormal de las inserciones del estribo en la ventana oval. Por otro lado, la pérdida nerviosa se produce cuando el nervio auditivo es lesionado por medios físicos o de otra naturaleza. La pérdida conductiva es a menudo potencialmente reversible, mientras que la nerviosa no.

Capítulo 4.

Evolución del comportamiento auditivo del niño.

Desde antes de nacer es posible determinar respuestas auditivas en el niño. En efecto, en prematuros de 8 meses se han podido desencadenar reflejos, como el de Moro*, por estímulos auditivos adecuados. Es evidente, por otra parte, que puede determinarse por medio de técnicas apropiadas reacciones reflejas ante algunos estímulos auditivos. Resulta evidente que la determinación de sordera en el recién nacido puede llegar a ser muy importante para los planes que se realicen de adquisición del lenguaje. Las dificultades de estas determinaciones residen en la complejidad de las respuestas que los niños recién nacidos pueden llegar a dar, así como también en la confiabilidad de las apreciaciones subjetivas de los observadores y en la diferencia de los métodos de pesquisa (*screening*) que actualmente están en uso. En efecto, todo niño recién nacido actúa como si estuviera decorticado, con gran cantidad de movimientos involuntarios que pueden merecer interpretaciones erróneas por parte de cualquier observador que no tenga una real experiencia en este tipo de actos motores.

Puede ser importante en algunos casos enmascarar los oídos del observador para evitar interpretaciones erróneas. También el observador puede ser llevado a error ante el convencimiento de que enfrenta a un recién nacido normal, olvidándose que algunas patologías pueden manifestarse luego de varios días del nacimiento.

A la edad de 3 meses se suelen presentar reacciones evidentes que empiezan a escapar del simple reflejo involuntario: puede haber reacción al nombre (como sonido, no como significado), también hay respuestas a sonidos que tienen el carácter de “íntimos” (como por ejemplo el sonido producido por una cucharita dentro de una taza lo que puede ser asociado con la preparación de la mamadera). Por otra parte el reflejo de Moro deja de producirse ante el estímulo sonoro, pero aparece el reflejo oculógiro y también pequeños resaltos musculares.

* El reflejo de Moro se verá en el capítulo 6.

Alrededor del quinto mes de vida, el niño suele evidenciar con claridad todos los reflejos mostrados anteriormente (oculógiro, muscular) a excepción del reflejo de Moro que definitivamente desaparece al tercer o cuarto mes de vida. Poco a poco se observa que las reacciones del niño van siendo cada vez más evidentes frente a la voz y el habla humana.

Entre el séptimo y octavo mes de vida, su reacción al nombre es muy distinta de la obtenida a los cinco meses y la selectividad de reacción a la voz de la madre hace muy conveniente el empleo de este estímulo específico.

Pero es alrededor de los nueve meses que el niño evidencia una modificación neta en su conducta auditiva: inicia imitaciones fónicas, primeramente de sus propias emisiones y luego de las provenientes del ambiente.

El niño a los diez meses suele estar usando alguna palabra con sentido social y de los 18 meses en adelante, además de las palabras, puede ser capaz de traducir la audición de una melodía o de un ritmo con un balanceo apropiado. Aparece una reacción evidente hacia nuevos estímulos como podría ser la música.

Con respecto a la maduración de las vías que intervienen en el proceso de audición, el órgano de Corti comienza su diferenciación a los tres meses y medio de vida fetal, coincidiendo poco más o menos con la terminación de la mielización de las fibras de los canales semicirculares. La mielización del órgano de Corti se produce bajo la forma de un engrosamiento pseudoestratificado que se realiza en la parte basal de la pared posterior del canal coclear. El órgano de Corti alcanza su pleno desarrollo ya en el sexto mes de vida fetal.

El nervio auditivo es sensitivo y su mielización puede observarse al final del quinto mes en ambas divisiones, esto es, en la rama vestibular y en la coclear.

En el momento de nacer, las respuestas auditivas pueden ser poco definidas debido, entre otras cosas, a la presencia de un tejido mucoso que llena el oído medio (cuya reabsorción se inicia de inmediato, pero suele tardar algunas semanas) y a la presencia de residuos epiteliales que ocluyen el conducto auditivo externo, cuyo diámetro en el recién nacido es de 7½ mm a 9 mm.

La normalidad aérea de la caja del tímpano se va logrando con los primeros movimientos respiratorios y de deglución o tragado.

Con el nacimiento se agregan a los reflejos auditivos preexistentes, reacciones y respuestas que indican verdaderos aprendizajes condicionados. Durante el primer mes de vida existe una reacción lenta hacia la fuente sonora, considerando al primer mes del niño como el mes de los reflejos auditivos innatos. Al mes de edad los sonidos pueden adquirir significaciones a través de condicionamientos (reflejo de orientación, reacción de alerta o de detención, investigación de lo imprevisto o novedoso). En la medida en que los aprendizajes van teniendo lugar, los mecanismos de habituación generan desinterés por algunas señales acústicas, empezando el niño a elegir aquellas señales cuyo valor significativo debe ser retenido para satisfacer sus propios intereses. A los 2 meses, distingue las características sonoras y tímbricas de la voz, mientras que recién a los seis meses el niño diferencia las características tonales y melódicas con sentido -o no- afectivo que se le dirigen. El noveno mes es trascendente, ya que implica la discriminación auditiva necesaria para captar el sentido de las primeras palabras familiares, en cuanto ellas representan estímulos auditivos.

Durante los 8 ó 9 primeros meses es prácticamente independiente del lenguaje y luego comienza a interrelacionarse con la comprensión del lenguaje y el habla, iniciándose este período con autoimitaciones silábicas. Es durante el segundo y tercer año de vida que se desarrollan enormemente las discriminaciones consonánticas y vocálicas y que se distinguen detalles diferenciadores de algunas voces. La gran flexibilidad de captación auditiva del niño le permite fijar engramas auditivos y facilitar luego su reproducción. Así como al año el niño comienza a comprender pequeñas frases, a los tres años están dadas todas las bases para que las sucesivas informaciones parlantes suministradas por el medio, puedan haber sido fijadas en la memoria y representadas elementalmente en las realizaciones fónicas infantiles.

El niño tarda bastante, sin embargo, en desarrollar su sensibilidad tonal definitiva. Aun a los 7 y hasta los 8 años se puede observar con claridad la sensibilidad preferencial para las frecuencias agudas. Mas tarde, y hasta los 15 años, tiende a atenuarse esta particular sensibilidad y a equilibrarse con la mejoría de la percepción de los sonidos graves. En el niño mayor la existencia de audición puede manifestarse a través de cambios de conducta y entre las edades de 5 y 6 años, a través de manifestaciones voluntarias.

En cualquier edad, por medio de procedimientos especiales, se puede llegar a obtener respuestas evocadas ante estímulos auditivos, esto es, modificaciones de las ondas cerebrales cuyo estudio nos permite presumir las condiciones auditivas de un niño. Entonces, de acuerdo a lo anteriormente dicho, en el niño recién nacido existe la audición como sensación, y entre el sexto y noveno mes de vida existe la audición como percepción.

Capítulo 5.

Hipoacusia Infantil.

La Hipoacusia infantil constituye un importante problema por sus repercusiones en el desarrollo emocional, académico y social del niño. El potencial discapacitante y minusvaliente de esta enfermedad se atenúa, en gran medida, con la precocidad con que se llegue al diagnóstico y se inicie el tratamiento y rehabilitación. El retraso en la identificación produce una indiscutible alteración en el desarrollo del lenguaje, la comunicación, el nivel educacional y la calidad de vida del niño hipoacúsico.

5.1.- Posibles causas.

Este capítulo se referirá a las causas por las cuales el niño podría tener alteraciones auditivas, éstas pueden ser atribuidas a padecimientos previos de la madre que espera un hijo y a circunstancias que ocurren en el momento del nacimiento, pero también existen riesgos para desarrollar problemas auditivos después del nacimiento, o bien, teniendo audición normal un niño podría súbitamente perder su audición.

Las distintas causas de hipoacusia se pueden clasificar según diferentes criterios:

- *Cuantitativo*, cuando la audiometría indica el grado de sordera
- *Cualitativo o topodiagnóstico*, que indican el sitio del daño
- *Cronológico*, que indican aproximadamente en que momento surgió el problema.

Según el criterio Cuantitativo se puede construir la siguiente tabla[15]* que indica los diferentes niveles auditivos y los diferentes grados de pérdida auditiva:

* La división de umbrales auditivos que se muestra en la tabla, puede variar respecto a las encontradas en otras bibliografías. No existe un criterio normalizado que certifique cuál división de umbrales es la que se debe utilizar.

10 a 15 dB	Audición normal
16 a 25 dB	Ligera pérdida auditiva
26 a 40 dB	Pérdida leve
41 a 55 dB	Pérdida moderada
56 a 70 dB	Pérdida moderadamente severa
71 a 90 dB	Pérdida severa
91 dB en adelante	Pérdida profunda hasta la sordera total

Según el topodiagnóstico de la lesión, la hipoacusia puede ser de *Transmisión o Conductiva*, de *Percepción o Neurosensorial* y *Mixta*.

En la *Hipoacusia de transmisión* existe una deficiencia de la transformación de energía en forma de ondas sonoras a ondas hidráulicas en el oído interno que impide que el sonido llegue a estimular correctamente las células sensoriales del órgano de Corti por lesiones localizadas en el oído externo o medio. Las malformaciones severas del oído externo y del oído medio, tales como la ausencia de conducto auditivo externo y membrana timpánica y la fusión de los huesecillos, si la cóclea es normal, pueden provocar una pérdida auditiva cercana a los 60 dB como máximo.

En la *Hipoacusia neurosensorial* existe una inadecuada transformación de las ondas hidráulicas en el oído medio en actividad nerviosa, por lesiones en las células ciliares o en las vías auditivas. Las *Hipoacusias mixtas* son las que participan de ambos mecanismos mencionados.

Según el criterio Cronológico, la hipoacusia puede producirse antes y después del nacimiento[15]. En éste punto existe una diferencia con otras divisiones* que las clasifican en antes de la adquisición del lenguaje (prelinguales), durante la adquisición del lenguaje (perilinguales) y las que se producen después de haber adquirido lenguaje (postlinguales). Sólo me referiré a las causas antes y después del nacimiento.

* J.J. Delgado Domínguez; *Hipoacusia Infantil*. 1998.

Los riesgos en el vientre:

- Infecciones virales o bacterianas durante el embarazo: las más comunes: la rubéola y el sarampión, sobre todo si se padecen en los primeros tres meses, las menos comunes: el SIDA y la sífilis, padecimientos que deben alertar a quien los padezca del riesgo que corre su hijito de nacer sordo.
- La desnutrición: condiciona que el desarrollo del niño en el vientre de la madre tenga problemas que podrían ocasionar malformaciones del oído.
- Las enfermedades metabólicas de la mamá: como la diabetes y el hipotiroidismo (mal funcionamiento de la glándula tiroides).
- Si recibe medicinas que son tóxicas para el oído (algunos antibióticos como la gentamicina, kanamicina o estreptomycin, diuréticos y medicamentos para controlar el cáncer). Esto se denomina **ototoxicidad**.
- La mamá que acostumbra fumar o beber durante el embarazo tiene riesgo de ocasionar mala oxigenación al bebé que espera y el órgano de la audición es muy sensible para dañarse por estos motivos.

Los riesgos en el nacimiento:

- Si el niño al nacer no respiró bien y se mostró con un llanto débil o estuvo "morado" o "pálido". Lo que se llama **hipoxia**, que es una función respiratoria retardada o inadecuada en el momento de nacer.
- Si nació con un peso bajo por debajo de los 1500 gr.
- Aumento importante de las bilirrubinas llamada **hiperbilirrubinemia**, que produce una coloración anormal del cutis y las mucosas.
- Ventilación mecánica por más de cinco días.
- Si tiene alteraciones de nacimiento en la cara o en el cráneo.
- Si hay antecedentes familiares de sordera.

5.2.- Incidencias y repercusiones de la Hipoacusia infantil.

La incidencia de la hipoacusia severa o profunda en el recién nacido se dice que es de aproximadamente 1 por mil recién nacidos. Para la hipoacusia moderada a profunda se señalan niveles que oscilan entre los 1 y 3 por cada mil. Si se incluye otros grados de hipoacusia, 5 de cada mil recién nacidos padecen algún grado de pérdida auditiva.

Las repercusiones producto de una evaluación tardía en el niño pueden provocar ciertas limitaciones en el desarrollo y crecimiento de éste. Cuando el diagnóstico es tardío, y se considera tardío después de los 12 meses de edad,

El diagnóstico auditivo tardío:

- Provoca restricciones en el desarrollo de la comunicación oral.
- Sin una buena base en el lenguaje oral se le dificultará muchísimo su desarrollo personal. No podrá expresarse y por lo tanto
- El resultado será la desigualdad socio-educativo-laboral y el aislamiento social.

Por último la siguiente tabla* muestra un resumen de lo incluido en éste capítulo: El grado de pérdida auditiva, las causas de la posible hipoacusia y que necesidad de tratamiento debe aplicarse.

Umbral (dB)	Descripción	Causas habituales	Lo que se puede oír sin amplificación	Grado de minusvalía (si no se trata antes de cumplir un año)	Necesidades probables
0-15	Límites normales		- Todos los sonidos del habla	- Ninguno	- Ninguna

* Fuente: American National Standard Institute (ANSI) 1984.

16-25	Ligera hipoacusia	- Otitis serosa, perforación, membrana monomérica, pérdida neurosensorial, tímpanoesclerosis	- Las vocales se oyen con claridad; pueden perderse las vocales sordas	- Posiblemente, disfunción auditiva leve o transitoria - Dificultad para percibir algunos sonidos del habla	- Enseñanza especial - Logoterapia - Asiento preferente - Cirugía apropiada
26-40	Leve hipoacusia	- Otitis serosa, perforación, membrana monomérica, pérdida neurosensorial, tímpanoesclerosis	- Sólo algunos sonidos del habla, los más sonoros	- Dificultades para el aprendizaje - Leve retraso del lenguaje - Leves problemas con el habla - Falta de atención	- Audífono - Lectura de labios - Enseñanzas especiales - Logoterapia - Cirugía apropiada
41-65	Sordera moderada	- Otitis crónica, anomalía del oído medio, pérdida neurosensorial	- Pierde casi todos los sonidos del habla en una conversación normal	- Problemas con el habla - Retraso del lenguaje - Disfunción del aprendizaje - Falta de atención	- Las anteriores y además colocar al niño en un sitio especial en clase
66-95	Sordera grave	- Pérdida neurosensorial o mixta, producida por pérdida neurosensorial más enfermedad del oído medio	- No oye las conversaciones normales	- Problemas con el habla - Retraso del lenguaje - Disfunción del aprendizaje - Falta de atención	- Las anteriores y además colocar al niño en un sitio especial en clase
> 95	Sordera profunda	- Pérdida neurosensorial o mixta	- No oye el habla ni otros sonidos	- Problemas con el habla - Retraso del lenguaje - Disfunción del aprendizaje - Falta de atención	- Las anteriores; probablemente deba acudir a clases especiales - Implante coclear

Tabla resumen de Hipoacusia

Capítulo 6.

Técnicas de medición, control, seguimiento y rehabilitación.

Hay mucha variedad de exámenes auditivos y cada cual cumple su propósito. Cada evaluación le da nuevas indicaciones a la persona encargada de realizar los exámenes. En la mayoría de los casos, se necesitará una serie de evaluaciones sobre un período de meses, un año o más, para descubrir la naturaleza y extensión de la deficiencia auditiva. ¿Será causada por un problema en el oído medio? ¿En la cóclea? ¿Es una pérdida profunda? ¿Abarca sólo ciertas frecuencias? ¿Cuál es el sonido más suave que percibe el niño?.

Según la edad del niño, se realizan una serie de pruebas con el fin de establecer un seguimiento o *screening*, en aquellos con un alto riesgo de padecer problemas auditivos. Todos los que han sido considerados “sospechosos” deben investigarse en profundidad con el fin de determinar si la sospecha es correcta por una parte y para determinar, por otra, tan temprano como sea posible, el tipo y el grado de la pérdida auditiva eventualmente existente. Las técnicas audiométricas que existen para ello se agrupan como a continuación se describe.

6.1.- Técnicas de medición y control.

6.1.1.- Clasificación de los procedimientos audiométricos utilizables en la niñez.

a) Según las edades cronológica y evolutiva.

Para poder evaluar un niño presuntamente hipoacúsico es necesario conocer la maduración de las conductas auditivas de un niño normal. Los procedimientos audiométricos con cuyo concurso puede establecerse la capacidad auditiva pueden clasificarse de acuerdo con cuatro *estadios evolutivos*[5].

El primero dura desde el nacimiento hasta el momento en que el niño puede sentarse con libertad. Esto sucede por lo general a fines del sexto mes de vida; durante este tiempo las mediciones de la audición se limitan a la observación de las reacciones del niño ante estímulos acústicos de prueba ofrecidos. Pueden registrarse en este caso:

- *Reflejo cocleopalpebral o auropalpebral*. Los párpados abiertos se cierran clara y rápidamente. Si los párpados ya están cerrados, se los presiona aún más entre sí.
- *Alteraciones de la expresión facial o de la conducta*,
- *Movimientos corporales* (reflejo de Moro). El niño que reposa con tranquilidad lleva a cabo una manera repentina de movimientos de sacudida en las extremidades. A la elevación o la extensión de los brazos le sigue muchas veces un movimiento de abrazo.
- *Reflejo de llanto*. En un principio, expresión facial de malestar y de inmediato se instala un fuerte llanto.
- *Reflejo de sorpresa*. Aparece una corta interrupción del llanto y de los movimientos corporales. El observador tiene la impresión de que el niño quisiera preguntar ***¿qué pasa?***.
- *Reflejo respiratorio* y un aumento de la frecuencia cardíaca. Aparece primero un curso respiratorio muy profundo (fuerte excitación), al que le sigue la interrupción de la respiración. Luego de 5 a 10 segundos sigue la respiración normal.

Estas reacciones no siempre son claras, y por eso mismo a veces no son tan fáciles de interpretar, por tal razón, las mediciones auditivas deben ser llevadas a cabo en esta edad temprana sólo por examinadores verdaderamente experimentados.

El *segundo estadio evolutivo* se instala en lactantes de desarrollo normal aproximadamente en el sexto mes hasta los dos años de vida. En esta edad los niños pueden en su mayoría quedar sentados solos, manteniendo la cabeza en posición vertical. Por ésta época se ha instalado también el reflejo de orientación, que obliga al niño a girar su cabeza hacia la fuente de sonido que llama su atención,

aproximadamente entre los 9 y los 13 meses el niño es capaz de localizar directamente la fuente sonora. La capacidad auditiva ayuda a determinar la dirección desde la que percibió el fenómeno acústico, mientras que el sentido de la vista permite establecer la distancia. A los 24 meses de vida el niño es capaz ahora de ubicar la fuente sonora en cualquier ángulo en el que ésta se encuentre. Un lactante de seis meses gira su cabeza de inmediato hacia una fuente sonora interesante desde el punto de vista que se logre diferenciar del ruido ambiente y el niño no resulte interesado por otros fenómenos de su medio, por ejemplo, el niño reacciona al nombre y voz producida por la madre.

A los treinta meses de edad, y no antes, está posibilitado el niño bien desarrollado corporal y mentalmente para colaborar en forma activa con una medición auditiva. Se le puede indicar ahora que lleve a cabo una acción, una pequeña tarea o juego cada vez que haya percibido un estímulo acústico. En este momento se da comienzo al tercer *estadio evolutivo*. Con la ayuda de la audiometría es posible ahora determinar con mayor seguridad el umbral auditivo del niño.

El cuarto y último *estadio evolutivo* es alcanzado por los niños generalmente sólo al inicio de la etapa escolar. La audiometría en esta etapa se instala cuando, en vez de continuar con un juego llamativo para ellos, son capaces de responder durante un tiempo mayor al estímulo acústico percibido sólo por medio de una señal preestablecida. Se trata de levantar el brazo, mover la cabeza o solamente decir sí al momento de escuchar el estímulo.

b) Según el tipo de ejecución metodológica.

De acuerdo a lo anteriormente dicho, para cada estadio existen métodos adecuados para evaluar el estado auditivo. Los más frecuentemente utilizados son:

De 0 a 2 años

- a) Examen con tonos puros y ruido blanco a campo libre.
 - Test del despertar
 - Test o audiometría de observación de la conducta

- b) Discriminación con instrumentos sonoros y ruidos familiares.
- c) Señal locutiva.
- d) Test de Suzuki y Ojiba o reflejo de orientación por refuerzo visual (ROC).

De 2 a 3 años

- a) Audiometría tonal por juego.
- b) Test de imágenes y pruebas objetivas.

Las cuales serán desarrolladas mas adelante y que son las llamadas “pruebas de participación”.

El modo en que se lleva a cabo desde el punto de vista metodológico un procedimiento audiométrico en niños depende de diversos factores, los cuales son, por ejemplo, la edad del niño, su madurez, su capacidad de concentración, su disposición para colaborar y su estado de salud[5].

c) Según las metas.

Las mediciones de la audición de los niños no sólo se diferencian entre sí respecto de sus posibles aplicaciones según la edad sino también por sus objetivos o metas.

I) De la mayoría de los niños o de un gran grupo en particular, como por ejemplo el de los denominados “niños de alto riesgo”, deben pesquisar a aquellos que no reaccionan de manera normal, en base a lo cual se origina una sospecha de merma auditiva. Estos niños deben ser seleccionados por medio de técnicas de ejecución rápida y fácil para su posterior examen más detenido. En este caso se hará uso de técnicas audiométricas simplificadas, que permiten seleccionar en un grupo los casos más sospechosos. Estos exámenes son los llamados *Screenings tests*.

II) Todos aquellos niños que con auxilio de esta técnica han sido catalogados como sospechosos de padecer una reducción de su audición, o aquellos otros en quienes existe una fuerte sospecha en ese sentido sin tal examen previo, deben ser investigados con minuciosidad a fin de poder determinar si la sospecha se confirma.

Los procedimientos audiométricos que se utilizan con este propósito se engloban bajo la denominación de investigaciones diagnósticas, nombre que actualmente no se utiliza. No importa el tipo de investigación que se haga, lo importante es que solamente será posible una medición auditiva satisfactoria y expresiva cuando se la efectúe en un ambiente amistoso y, sobre todo en el caso de niños pequeños, con la compañía de los padres, de manera que el niño no tenga nada que temer. Un niño atemorizado no reacciona en forma normal y puede ser perjudicial para las mediciones. La habitación en que se realiza el examen debe estar libre de ruidos de fondo y en general la atmósfera debe ser silenciosa y tranquila. Como los lactantes y los niños pequeños reaccionan ante cada cambio del ambiente y esta conducta se utiliza con el propósito de la medición, debe impedirse que se perciban otros fenómenos sonoros que no sean los estímulos acústicos de prueba que se ofrecen conscientemente, así como que no haya interrupciones indeseadas. De otra forma las posibilidades de que el lactante o el niño pequeño reaccione como se espera a los estímulos de prueba son poquísimas. Una habitación de examen adecuada, también poco estimuladora desde el punto de vista visual en su arreglo es, por consiguiente, un importante prerrequisito para las mediciones auditivas en niños de poca edad[5][6].

6.1.2.- Métodos Subjetivos. Precisan de la participación del niño en la elaboración de la respuesta al estímulo auditivo percibido.

6.1.2.1.- Audiometría infantil.

La audiometría infantil difiere, dependiendo de los casos, de la audiometría tonal tradicional para medir pérdidas auditivas en adultos. La audiometría infantil puede variar de acuerdo a la edad, la condición social, el desarrollo mental y el grado de concentración del niño, además de las características de la sala donde se realizan las mediciones.

Las audiometrías se pueden clasificar en:

6.1.2.1.a.- Audiometría de observación de la conducta sin reflejos condicionados.

Aquí, el encargado del test observa las reacciones y el cambio en las facciones del bebé ante los sonidos presentados para determinar lo que escucha. El audiólogo, o quien este a cargo del examen, está entrenado para detectar lo que el bebé hace, como cambiar su succión, abrir los ojos o tratar de encontrar la fuente del sonido. Se puede usar con infantes recién nacidos y niños hasta los seis meses.

6.1.2.1.b.- Audiometría de juego condicionado: Este tipo de examen se efectúa en niños donde hay sospecha de problemas serios de audición y en casos en que no hay seguridad de que el niño haya escuchado antes sonido alguno, y hacerlo obviamente de una forma didáctica y entretenida.

- **PEEP-SHOW:** Es un test basado en una técnica de condicionamiento que consiste en entrenar al niño a apretar un interruptor cuando oye un sonido; entonces, una imagen atractiva aparece en una televisión o un tren de juguete se pone en marcha. Si se aprieta en ausencia de sonido, no

sucede nada. El condicionamiento se obtiene rápidamente y el niño espera con impaciencia la señal sonora que le permita ver una nueva imagen atrayente o el avance del ferrocarril. Para edades entre 3 y 7 años.

- **JUEGO CONDICIONADO CON OBJETOS:** Similar al Peep-Show, pero en este caso se utilizan vasos o cubiletes y se juega con el niño condicionándolo al estímulo. Se utiliza en edades mayores entre 4 y 8 años.

6.1.2.1.c.- Audiometría Tonal Liminar, aproximadamente desde los tres años de edad. Trata de determinar los umbrales auditivos en conducción ósea (llamada también acumetría), por medio de los test de Rine y de Weber, y en conducción aérea, empleando sonidos puros emitidos a través de un vibrador y de un auricular, respectivamente.

6.1.2.1.d.- Audiometría de discriminación, audiometría vocal o logoaudiometría, tiene como finalidad comprobar la audición del niño y la discriminación de la voz. En esta prueba se emplean listas de vocablos fonéticamente equilibrados pronunciadas por el examinador, con los cuales puede establecerse y comparar el porcentaje comprendido por el niño en cada nivel de intensidad y que van también de acuerdo al grado de discriminación que el niño en cuestión pueda tener. En este examen el niño se coloca frente al examinador y éste, de manera tal que el niño no pueda verle los labios, comienza el dictado de las palabras.

6.1.2.1.a.- Audiometría de observación de la conducta sin reflejos condicionados.

Durante la ejecución de este examen, el niño está sentado frente a una mesa con juegos, acompañado de un asistente* en una habitación de tamaño suficiente y arreglada de acuerdo con la finalidad del test. Es necesario, ojalá que el niño esté sentado en las rodillas de la madre. En la mesa se le ofrecen juguetes que correspondan con su edad. Es tarea del asistente atraer la atención del niño ofreciéndole juguetes. En el momento adecuado, es decir cuando la atención del niño ha pasado su punto máximo, la persona a cargo del test produce, a espaldas del niño, diversos ruidos o tonos, en un principio leves, luego cada vez más intensos hasta que el niño permite el reconocimiento de una reacción inequívoca ante su percepción del estímulo de prueba[6]. Quizá interrumpa su juego y mire hacia adelante, quizá solamente se trate de un reflejo palpebral o de algún otro reflejo. En la mayor parte de los casos, sin embargo, la reacción del niño es mucho más llamativa: girará sobre sí mismo con el fin de comprobar el lugar de donde provienen los sonidos por él percibidos. Es tarea del examinador observar al niño con mucha atención durante todo el examen, registrando cada reacción.



* Es importante, para la validez de los resultados, la utilización de otra persona en el desarrollo de este tipo de exámenes.

No importa cuál sea la forma en que el niño reaccione ante los estímulos de prueba percibidos, en un punto son idénticas todas las reacciones: el niño es distraído de su juego por los estímulos de prueba por él percibidos y muestra cambios de conducta notorios. Por esto a veces también se denomina a este procedimiento *audiometría de distracción*.

En las audiometrías de observación de la conducta o de distracción el examinador debe utilizar una cantidad más o menos amplia de equipo instrumental, de manera de poder abarcar todas las necesidades requeridas para el examen, es decir, poder producir los diversos tonos o ruidos de prueba. Existe una técnica que consiste en la instalación de un audiómetro dotado con altavoces en campo libre con lo cual puedan administrarse tonos de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 y 6000 Hz, en intensidades determinables. Para la administración de otros tipos de sonidos se adecuan, según el grado de compromiso del niño, matracas, campanas, pitos, cajas de música, castañuelas, xilófonos, tamborcillos y otros objetos sonoros. Se entiende que los estímulos acústicos de los instrumentos nombrados deben ser reconocidos en sus parámetros físicos ya sea de intensidad y frecuencia, de manera de poder tener los datos necesarios para un mejor desarrollo de la medición. Si no es posible ofrecer por medio de un aparato sonoro intensidades exactamente regulables, es necesaria la utilización de algún elemento de medición de intensidad (un sonómetro, por ejemplo)[4].

En la audiometría de observación de la conducta se administran por separado los estímulos de prueba a los oídos derecho e izquierdo. Sin embargo, no siempre es posible con este método detectar diferencias entre ambos oídos. Esto es válido ante todo en diferencias muy pequeñas. Las reacciones desviatorias del niño hacia el lado opuesto al examinado pueden bien ser indicio de la presencia de una diferencia entre ambos lados, pero también puede no serlo. Afirmaciones más precisas son solamente posibles con el uso de auriculares, con los que se puede evaluar ambos oídos por separado. Cuando se usan audiómetros con parlantes no es fácil impedir que sean estimulados ambos oídos. Si la diferencia entre los lados existe, se obtienen obligatoriamente en la audiometría por observación de la conducta los valores

correspondientes al mejor oído, que generalmente es al cual el niño se ha dirigido con preferencia para localizar la fuente de sonido. Las diferencias en la reacción de localización deben observarse por consiguiente con mucho cuidado, ya que pueden significar una ayuda diagnóstica muy valiosa. Con todo, el examinador experimentado tratará, por otros métodos, de aclarar si existe una pérdida auditiva aproximadamente igual en ambos oídos o no.



Como toda técnica audiométrica infantil, la audiometría por observación de la conducta contiene algunas *fuentes de error*. Si se las conoce no será difícil evitarlas. A continuación creo correcto mencionar algunas de estas fuentes de error:

1. En la administración de algunos de los estímulos de prueba, el examinador debe tener especial cuidado de que su mano o el instrumento productor de sonido no aparezca en el campo visual del niño. Con una cooperación cuidadosamente planificada entre él y su asistente puede evitarse que el niño perciba ciertos estímulos visuales, reaccionando ante ellos. A dichos estímulos pertenecen también las sombras formadas por influencia de las luces.
2. El asistente o el examinador se moverá con extrema tranquilidad y cuidado. Toda vibración del piso y todo contacto con la mesa de juegos o con el lugar donde el niño está sentado debe evitarse. Por lo tanto es aconsejable cubrir el piso con alfombra y si no es posible tratar que el examinador y el asistente estén descalzos.

3. Una concentración exagerada del niño en los objetos de juego que se le han señalado es otra fuente de error que se comete con frecuencia. Es tarea del asistente atraer la atención del niño de manera tal que no centre su atención en los costados o hacia atrás. Un niño demasiado concentrado es difícil de distraer por medio de estímulos acústicos y no reacciona o solamente lo hace a intensidades muy elevadas de éstos.
4. Los niños que aún no cumplen el año de vida no estarán dispuestos a sentarse solos en una silla. Algunos de ellos solamente es posible examinarlos cuando están sentados en las rodillas de la madre, la cual debe también estar al tanto de los estímulos y no ser ella quien reaccione ante éstos[5][6].

6.1.2.1.b.- Audiometría de juego condicionado

La audiometría por juego tiene mucho en común con la audiometría tonal para adultos, que por regla general puede aplicarse también en niños de etapa escolar. Pero se diferencian por la forma en que el niño responde al estímulo tonal percibido y en que aprende la contestación por él deseada. Este aprendizaje transcurre de manera de juego y se cumple según el principio de premio. Se habla también en éste caso de acondicionamiento del niño[5].

1. Peep – Show.

Cada vez que el niño percibe un tono aprieta el pulsador; por éste medio se acciona un proyector de imágenes, mostrándole al niño, como premio, una figura (el proceso de condicionamiento del niño se describirá más adelante).

Existe, para algunos niños el peligro de que al observar las imágenes coloreadas olviden la tarea propuesta y pasen por alto el estímulo de prueba o sólo lo noten con intensidades fuertemente supraliminares.

También dentro de éste tipo de audiometría está la audiometría del ferrocarril, donde el niño debe apretar el pulsador cada vez que haya percibido un tono, se pone en marcha así un tren eléctrico. Tan pronto como completó una vuelta se detiene de manera automática y se procede a enviar el próximo tono. Acá ciertos niños se inclinan en no esperar la señal para poner en marcha el ferrocarril. El movimiento de éste los estimula de manera tan grande que querrán hacerlo andar antes que suene el tono.

2. Juego condicionado con objetos.

Tanto para el niño de accionar tranquilo como para el niño impaciente es adecuada como procedimiento de examen simple y confiable la audiometría lúdica con el método de objetos. Puesto que no sólo es fácil de operar y no necesita implementos instrumentales agregados, sino que permite una múltiple variación, es suficiente en general en niños en etapa preescolar el uso de éste procedimiento para efectuar una detallada audiometría de un niño sospechoso de trastornos auditivos.

En la audiometría por juego se aconseja utilizar cada vez sólo material de juego que permita, por un lado, pasos exactamente delimitables y, por otro, únicamente una cantidad controlable de dichos pasos. Es éste el caso de la mayoría de los juegos de encaje. La meta de la instrucción del niño es que éste comprenda con seguridad que sólo podrá ejecutar un movimiento cuando haya percibido un tono o un sonido. La fase de condicionamiento brinda al examinador valiosos conocimientos en lo que se relaciona con la atención y la cooperación esperables (tranquilo, intranquilo, concentrado, distraído, de atención dura o corta, capaz o incapaz). Por lo tanto lo ideal es que el propio examinador esté a cargo del condicionamiento y no lo deje en manos de otra persona, como puede ser un asistente.

Es necesario que los niños de corta edad sean acompañados por su madre, de manera de que no teman a cualquier situación y se sientan seguros.

Para algunas madres no es fácil llevar a sus hijos a una audiometría por la cual el resultado puede ser una sordera profunda. Además las madres al no conocer el procedimiento tienden a transmitir un tipo de temor y de desconcentración al mismo niño, para la madre es ya suficientemente difícil haber experimentado cuán grandes son las intensidades necesarias para provocar en su niño algún tipo de respuesta o reacción auditiva, lo que no produce resultados concretos y conlleva a fuentes de error en las mediciones. Es, por lo tanto, necesario antes de la examinación auditiva, y si es necesario también durante ella, una explicación comprensible para la madre presente en el examen acerca de los detalles de la audiometría y cómo va a llevarse a cabo.

El condicionamiento para estos exámenes es un procedimiento muy fácil de comprender y se desarrolla en los siguientes pasos[6]:

- El niño se sienta (si es muy pequeño ojalá en las rodillas de la madre) frente a una mesa o en el suelo donde se encuentra el juguete a utilizar. Frente a él se ubica el examinador quién está a cargo de administrar la señal sonora ya sea desde un audiómetro o por medio de un instrumento musical. El niño está ubicado de manera tal que pueda ver cuando el examinador envía la señal, de

ésta manera el mismo examinador le dirá al niño que ubique una pieza del juguete donde corresponda. Este procedimiento se repite varias veces hasta que el niño haya comprendido la relación entre la llegada del sonido y el colocar el juguete en su lugar.

- Ahora que el niño ya ha captado la mecánica hay que evitar que se produzca una reacción anticipada del niño, para ello el examinador debe dejarlo en posición de espera cuando todavía no haya enviado el tono y hacerle saber visualmente cuando lo haya hecho. Si luego de múltiples intentos se comprueba que el niño sabe esperar hasta recibir la señal se sigue con el próximo paso.
- Durante los pasos anteriores el niño podía tener contacto visual con el examinador en el momento del envío de la señal sonora, por lo tanto ahora el examinador debe ubicarse en un lugar donde el niño no pueda verlo. Tan pronto como el niño haya dado a conocer que puede proceder sin un contacto visual, a partir de ese instante se procede a la última etapa de preparación.
- Ahora el examinador va variando la intensidad del sonido entregado, además de la variación en el tiempo de administración, es decir, no enviar las señales sonoras en la misma cantidad de tiempo ni con una duración igual. De ésta manera se intenta detectar la menor intensidad a la que el niño es capaz de reaccionar.

Luego que se ha comprobado que el niño es capaz de reaccionar solamente después de haber escuchado sonido, es necesario saber también que puede ser capaz de reaccionar a diferentes tipos de sonidos, como por ejemplo los producidos por un audiómetro en campo libre. Para este caso se realizarán nuevamente los pasos antes mencionados, los que sucederán con una rapidez mucho mayor. Por otra parte hay ciertos niños que no permitirán que se les coloque los auriculares durante el examen, por lo que es necesario que el examinador se los coloque y lo haga ver al niño que no son ningún problema y que no producen ningún tipo de daño y que son necesarios para poder escuchar los sonidos.

Por ningún motivo se debe colocar los auriculares a la fuerza a un niño ya que puede ser el principio del fin del examen[5].

Por último si un niño ha reaccionado bien a un estímulo de prueba se disminuye la intensidad en 10 dB, hasta que no se obtiene reacción alguna, se incrementa entonces la intensidad en 5 dB cada vez, hasta que el niño vuelve a reaccionar. Como umbral auditivo se registra la mínima intensidad a la cual el niño ha reaccionado con seguridad dos veces seguidas. No existe una regla fija según la cual se determine una secuencia en las frecuencias de medición. Se puede pasar de los 1000 Hz a los 500 Hz y luego a los 2000 Hz, después efectuar las mediciones a los 250 Hz y terminar en los 4000 Hz. Una vez investigadas todas las frecuencias en el oído que se cree mejor se pasa a examinar el otro oído. Si el niño se muestra difícil a las mediciones, al ruido o a los auriculares o a cualquier otra situación de examen, hay que limitarse a las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, con el fin de obtener datos acerca de las que son importantes para la evaluación de la pérdida auditiva media.

En la medición auditiva de un niño no debemos conformarnos con la determinación de las curvas de audición vía aérea, sino además de determinar los umbrales por vía ósea*, con el fin de establecer si existe una posible hipoacusia de transmisión. La medición de la transmisión ósea se lleva a cabo en forma similar a la de transmisión aérea, y en general no presenta mayores dificultades en los niños que pasaron por la audiometría por juego vía aérea.

Sin embargo hay que tener cierto cuidado en algunas cosas, como por ejemplo:

- No es necesario realizar los pasos preparativos al examen ya que el niño se encuentra condicionado.

* Esta audiometría se verá con mayor detenimiento más adelante.

- El vibrador óseo debe colocarse con mucho cuidado sobre la apófisis mastoides del hueso temporal. Se observará que por debajo del audífono no haya pelo ya que amortigua las vibraciones.
- Se examinan en un comienzo las frecuencias de 500, 1000, 2000 Hz. Si se dispone de tiempo y el niño no se inquieta con las mediciones incluir las frecuencias de 250 y 4000 Hz.

6.1.2.1.c.- Audiometría Tonal Liminar.

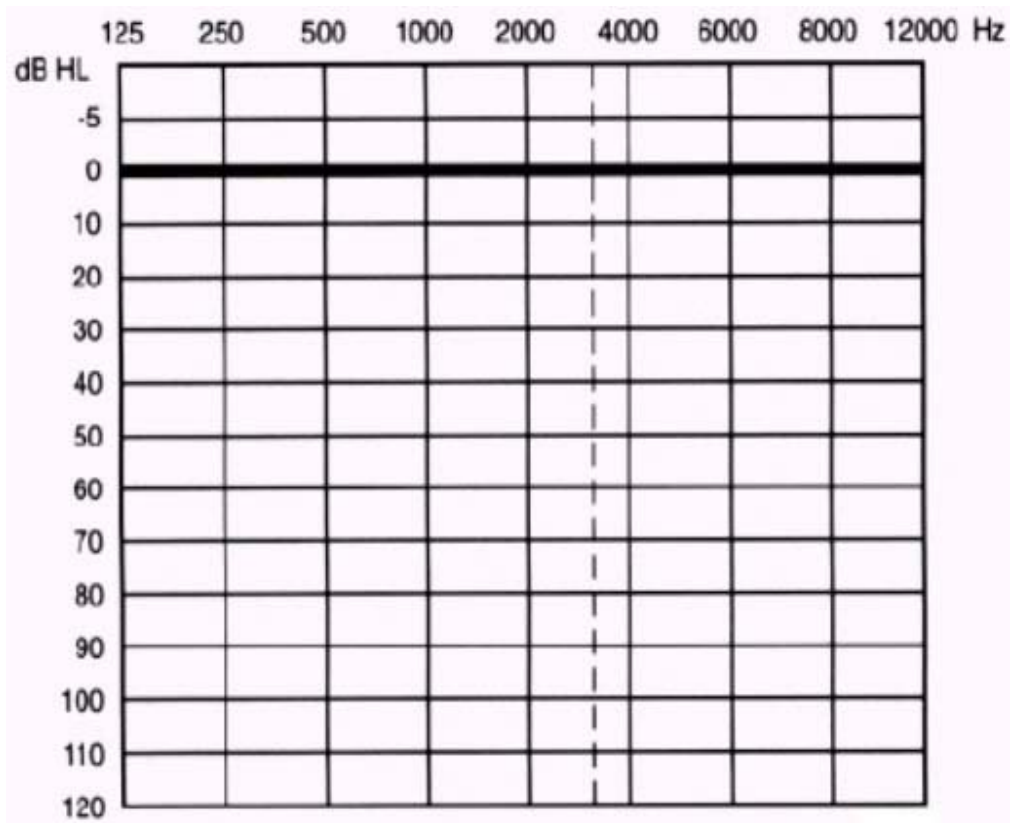
Vía Aérea: El objetivo de esta audiometría es obtener los niveles mínimos de intensidad a los cuales una persona es capaz de percibir estímulos presentados en forma de tonos puros por vía aérea. El umbral de audición para un tono puro es el mínimo nivel al cual es oído en un 50% del número de veces que se presenta.

Antes de comenzar con las mediciones, colocar los auriculares al niño atendiendo al código de colores (rojo para el oído derecho y azul para el izquierdo). Comprobar su perfecto acoplamiento, tanto si son de superposición sobre el pabellón auricular o de inserción en el conducto auditivo externo. Toda audiometría tonal debe ir precedida de una otoscopia, comprobación rutinaria del audiómetro y comprobación del nivel de ruido ambiente.

Como éste examen debe aplicarse a niños desde los tres años de edad es necesario, antes de empezar, dar las instrucciones necesarias: *“Vas a escuchar ahora unos sonidos, levanta la mano (o utiliza el pulsador) cuando estés seguro de haber escuchado el sonido, no importa que sea muy pequeño, y bájala (o deja de utilizar el pulsador) cuando creas que ya no hay sonido”*.

Se comienza el examen presentando tonos puros continuos, discontinuos o modulados en la frecuencia de 1000 Hz, continuando con los 2, 4, 8 KHz, después los 500 Hz y por último los 250 Hz, a unos 20-30 dB del umbral esperado y con una duración de aproximadamente 3 segundos. Si el niño no responde, hay que elevar el nivel del tono presentado en unos 20 dB hasta que responda adecuadamente. Reducir el nivel del estímulo presentado en pasos de 10 dB hasta que el niño deje de responder. Elevar entonces, ahora en pasos de 5 dB, el nivel del tono hasta que el niño conteste de nuevo, volver a bajar el nivel 10 dB y elevar en pasos de 5 nuevamente hasta obtener una respuesta ya mas segura que la primera. Se considera umbral por vía aérea a esa frecuencia a la cual el niño fue capaz de oír la mínima intensidad. En los niños que puedan presentar algunas dificultades para ser evaluados es necesario repetir la frecuencia de 1000 Hz para mayor seguridad.

Los resultados se registran en el audiograma:



Las líneas de unión de los umbrales de vía aérea se hacen con línea continua (para la audiometría vía ósea la línea es discontinua).

Si se utilizan colores, todas las anotaciones correspondientes al oído derecho deben ir en rojo y para el izquierdo en azul. A continuación se muestra la notación para los diferentes tests.



Todo éste procedimiento es para la examinación de un solo oído, para el oído contrario es exactamente el mismo procedimiento y se utilizará enmascaramiento cuando sea necesario.

Audiometría tonal vía ósea.

Antes de dar a conocer la audiometría vía ósea, es preciso definir en qué consiste la audición por esta vía.

Hasta los 800 Hz, el cráneo vibra como un todo rígido, de manera indeformable. Los huesecillos suspendidos por sus ligamentos y músculos siguen el movimiento del cráneo con un cierto retraso, debido a su inercia, provocando así un movimiento del estribo inverso al producido por la audición vía aérea (en vía aérea el cráneo está fijo y la platina es lo que se desplaza, en la ósea la platina está fija y es el cráneo el que se

desplaza), pero se cumple el mismo fin: *la deformación de la membrana basilar*. Por lo tanto se define así la conducción ósea inercial y se halla provocada por la inercia osicular producida frente a los movimientos del cráneo.

Para las frecuencias entre los 800 y los 1600 Hz, entra en juego la elasticidad del cráneo de acuerdo con la ubicación de los puntos sonoros, mientras de un lado se produce un movimiento hacia delante, en el lado opuesto ese movimiento va hacia atrás. Por encima de los 1600 Hz el cráneo vibra por secciones según la aplicación de la fuente sonora, produciéndose fenómenos de compresión y dilatación en las estructuras craneanas. Esta forma de conducción se denomina *por compresión*. Para poder llevarse a cabo esta forma compresional de conducción es necesario el juego de las ventanas laberínticas. La elasticidad con que se mueven es diferente: la redonda integrada por dos simples láminas mucosas, es cinco veces más elástica que la oval, cuya mayor rigidez es provocada por la presencia de la platina del estribo. Si la elasticidad de ambas fuera igual no habría movimiento de la membrana basilar.

En cuanto a las mediciones de la audiometría por vía ósea, se puede decir que la fabricación de los auriculares de vía aérea no presenta grandes dificultades técnicas, no pasa lo mismo con los vibradores o pastillas para la vía ósea. Fue necesaria la fabricación de mastoides y oídos artificiales para llegar a fabricar vibradores que se adapten perfectamente a la zona requerida[3].

En todo caso aún, después de tantos años de investigación, quedan algunos detalles a discutir como por ejemplo el sitio de aplicación del vibrador. La zona mastoidea es la más utilizada, bien separado del cartílago auricular cuyo contacto hay que evitar para no tener resultados falsos. Otro punto es la línea media frontal, en esta zona el contacto del vibrador y el hueso es mucho más íntimo y no hay peligro de tocar el cartílago, pero en cambio el umbral es siempre de 5 a 10 dB más bajo que el obtenido en la mastoides. En todo caso ambas zonas son de una aplicación bastante fiable y la elección queda a criterio del examinador.

Todo lo que concierne al perfil auditivo vía ósea es más complicado que lo que respecta a la vía aérea. No solamente el enmascaramiento (se verá más adelante), es un problema muchas veces difícil de solucionar, sino que en la simple adaptación del vibrador, como ya se dijo, hay que tener bastante cuidado para no variar los resultados.

Las pruebas audiométricas óseas más utilizadas son:

Prueba de Weber: Colocado el vibrador en el centro de la frente y procurando su exacta adaptación en la superficie de la misma, se comienza a pasar las diferentes frecuencias con una intensidad débil, aproximadamente unos 10 dB por sobre el umbral, para ser así más fácil la determinación de éste. En seguida se le pregunta a la persona, niño en este caso, en qué oído lateraliza el sonido[3] (si es que lo lateraliza), a medida que se va pasando desde los 250 hasta los 4000 Hz.

En las hipoacusias de conducción el Weber se lateraliza al oído peor, en cambio en las lesiones de percepción lo hace hacia el oído mejor; si la lateralización cambia de lugar al pasar de una frecuencia a otra, se manifiesta entonces una hipoacusia mixta.

Prueba de Rinne:

Consiste en comparar la audición vía aérea (vibrador ubicado cerca de conducto auditivo externo) y vía ósea (vibrador ubicado en la apófisis mastoides) en cada oído por separado. Lo normal es oír mejor o por más tiempo por vía aérea, lo que se denomina Rinne positivo.

Este test ayuda a determinar si la hipoacusia en un determinado oído es por un problema a nivel de transmisión del sonido o de tipo sensorineural. Cuando existe un problema en la transmisión del sonido, por ejemplo en una fijación de cadena osicular, el estímulo auditivo llegará directamente a la cóclea si se da por vía ósea (mastoides), pero si se estimula por vía aérea no se podrá transmitir el sonido en forma adecuada a la cóclea por el defecto en el oído medio, y se oirá más débil por esta vía, lo que se denomina Rinne negativo. En el caso de una hipoacusia sensorineural, el test de Rinne es positivo (mejor transmisión aérea).

Si se trata de una hipoacusia mixta, el resultado del test va a depender de la cuantía de cada uno de los componentes.

Enmascaramiento.

Se ha dicho que una de las causas de error en la audiometría es debido a la transmisión del sonido desde el oído peor al oído mejor[7]. Para evitar esta causal de error existe un procedimiento consistente en producir ruido en el nivel del oído mejor, en éstas condiciones el niño (paciente) no oirá el tono que se explora desde el oído mejor y se podrá determinar su umbral en el oído peor.

Está de más decir que la aplicación del ruido es transitoria y tiene la única finalidad de disminuir la sensibilidad del oído mejor y provocar un aislamiento adecuado en el nivel de dicho oído para que no interfiera en la correcta exploración del oído peor.

Se puede definir entonces la acción de enmascarar como *la aplicación del ruido necesario para cubrir el sonido que está percibiendo un oído*[3].

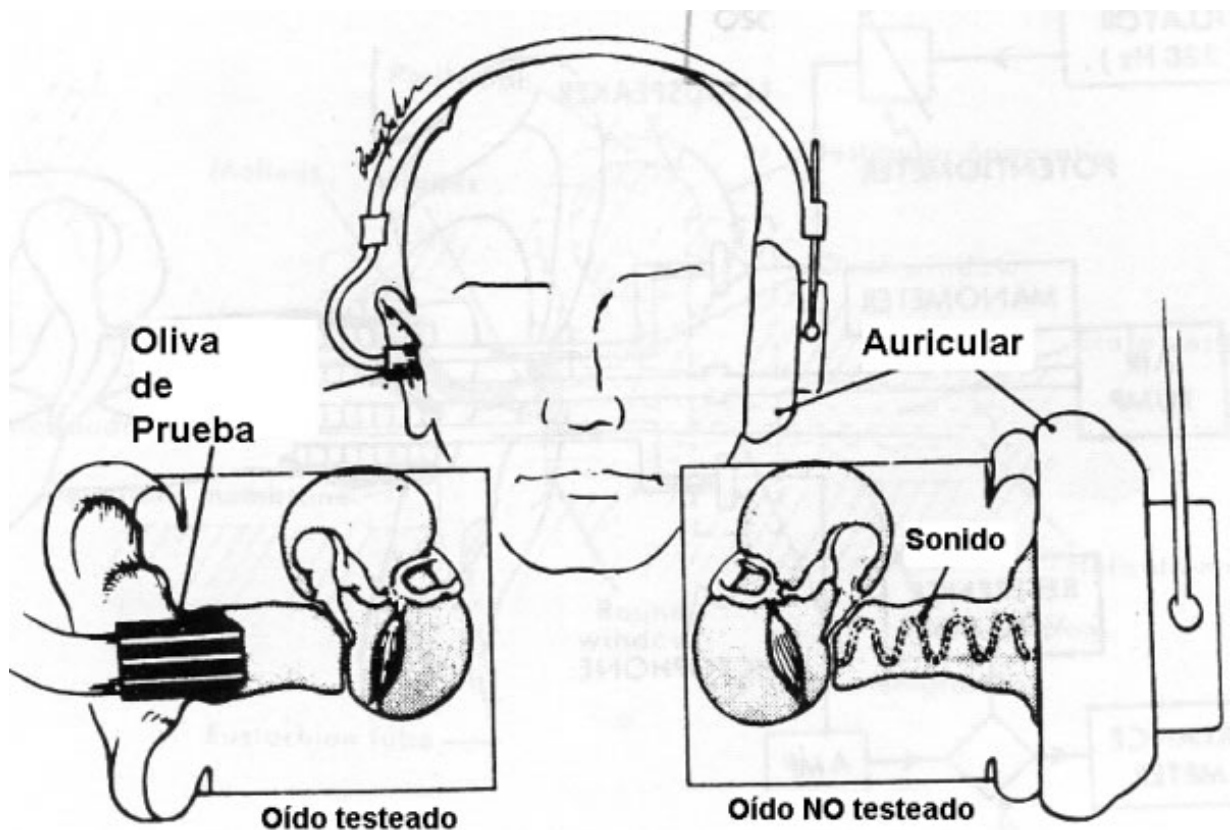


Imagen que muestra el proceso de enmascaramiento.

Para que un ruido sea efectivo en el enmascaramiento debe cumplir ciertos requisitos:

- **Un mínimo de intensidad** para que llegue a ensordecer el oído contrario, es decir, debe tener la suficiente potencia como para bloquear la sensación auditiva del tono que se está aplicando.
- **Un máximo utilizable** pues puede producir por audición cruzada no sólo el enmascaramiento del oído contrario, sino también el del que estamos explorando, si el ruido es demasiado intenso.
- **Que tonalmente sea distinto de la frecuencia que se está aplicando.** Puede ser por ejemplo un tono mas bajo o ser definitivamente un ruido de banda estrecha.
- **Que no provoque una disminución** apreciable de la sensibilidad del oído explorado.

El enmascaramiento se puede aplicar de dos maneras: aplicándolo al oído contrario al que se investiga, con objeto de eliminarlo auditivamente, o enviando el ruido y el tono al mismo oído simultáneamente hasta que el primero tape al segundo[3].

El enmascaramiento tiene una finalidad específica, que es la de eliminar los posibles datos o trazados falsos en las audiometrías ya que se puede obtener lo que se llama una *curva sombra* que consiste en que al explorar a fuerte intensidad el oído peor el sonido se transmite por el cráneo al oído mejor y el paciente responde como si lo hubiese escuchado correctamente[7]. Por lo tanto en el audiograma aparecerían dos curvas, una real que correspondería al oído mejor y otra descendida con respecto a ésta, pero prácticamente paralela, la del oído peor.

6.1.2.1.d.- Audiometría de discriminación, audiometría vocal o logaudiometria.

Es la determinación cuantitativa de los umbrales de reconocimiento de los sonidos del habla.

Se presenta una lista de palabras, fonéticamente equilibradas a diferentes intensidades, trazándose una curva de inteligibilidad que se representa en una gráfica. En el examen logaudiométrico se llevan a cabo dos mediciones:

- La pérdida auditiva de lo hablado.
- La pérdida de discriminación para lo hablado.

Como pérdida auditiva de lo hablado se considera el valor, en decibelios, que se encuentra entre el punto medio de quienes oyen normalmente y el valor patológico individual. Por el contrario, la determinación de la pérdida de discriminación intenta medir la capacidad de diferenciación del oído. La pérdida de discriminación indica el porcentaje de palabras que el niño no es capaz de entender bien por debajo del nivel sonoro óptimo para él. La diferencia entre la pérdida de discriminación y el 100% arroja el valor de comprensión[3].

Como las investigaciones logaudiométricas implican la presencia del habla, su uso en niños con problemas auditivos presenta muchas más dificultades, depende de parámetros individuales tan diversos como la edad, la inteligencia, el medio social y tipo, grado, extensión y momento del problema auditivo y cuán avanzado se encuentra el desarrollo del lenguaje en un niño con problemas auditivos. No se necesita explicar que es necesario considerar los casos de fatiga, capacidad de cooperación, concentración y disposición física y psíquica. Una de las mayores dificultades de la logaudiometría en los niños es que éstos, aún cuando han comprendido con exactitud una palabra de prueba, no siempre están en situación de repetirla ante la persona que le está examinando, de tal manera que éste la pueda comprender a su vez con totalidad.

Las investigaciones logoaudiométricas solamente pueden ser utilizadas en niños con problemas auditivos que posean un cierto vocabulario y este grado debe ser conocido por la persona encargada del test. Pero como esto varía de acuerdo a cada niño, no hay otra opción que establecer qué términos son conocidos para el niño. Esto es tanto más importante cuanto más pequeño es el niño. Es por esto también que casi no es posible investigar a niños con problemas auditivos preescolares, por lo que habrá que conformarse con una simple prueba audiométrica de juego.

Cualquiera sea el camino seleccionado, antes de dar comienzo a la audiometría vocal hay que dejar bien estipulado cuál será la intensidad con la que se le dirá al niño las diferentes palabras y oraciones. Un punto de referencia para esto es la pérdida auditiva media calculada a partir del audiograma tonal. Si ésta es de 30 a 50 dB, está indicada el habla con alrededor de 80 dB. Para pérdidas auditivas medias de 50 a 75 dB se propone una intensidad de 100 dB. Deben registrarse todas las palabras de prueba empleadas, anotándose las comprendidas y por supuesto debe recordarse con qué intensidad y en qué condiciones se le presentaron al niño las palabras para que las percibiese.

6.1.3.- Métodos Objetivos.

En oposición a los exámenes audiométricos subjetivos, que implican la participación del niño, existen otros métodos llamados "objetivos", cuyas respuestas al estímulo sonoro son independientes de la conciencia y conducta del niño. Se fundamentan en el análisis, con una tecnología apropiada, de modificaciones fisiológicas provocadas por estímulos acústicos a nivel del oído o de las vías y centros nerviosos. Estos métodos tienen por objeto estudiar los mecanismos fisiológicos del aparato de transmisión, los mecanismos reflejos motores o neurovegetativos a los estímulos sonoros, y por último, el funcionamiento neurofisiológico de las vías auditivas a partir de los potenciales eléctricos emitidos por estas estructuras en el momento de su estimulación.

6.1.3.1.- Timpanometría:

Se utiliza para comprobar el estado del oído medio y de la membrana timpánica durante la variación de presión del aire. La timpanometría consta de dos exámenes los cuales están relacionados entre sí.

a) ***Impedanciometría***

b) ***Reflejos estapediales***

a.- Impedanciometría:

La impedancia acústica se define como la resistencia que ejerce el oído al paso de la onda sonora[3].

Cuando una fuerza se ejerce sobre un cuerpo, cuando una corriente continua recorre un circuito, una y otra deben vencer un factor de oposición constituido por los rozamientos en el primer caso y la resistencia eléctrica en el segundo.

El Impedanciómetro.

El impedanciómetro trae una cánula auricular (oliva), provista de tres tubos finos que se ajustan estrechamente al conducto auditivo externo.

El primero está comunicado a un generador integrado en el instrumento y envía por el conducto auditivo un sonido de frecuencia fija (220 Hz) que moviliza al tímpano, mientras una onda reflejada residual queda retenida en la cavidad.

El segundo tubo, gracias a un sistema de detección, mide esta onda de reflexión, cuyo valor es inversamente proporcional a la energía sonora absorbida por el oído.

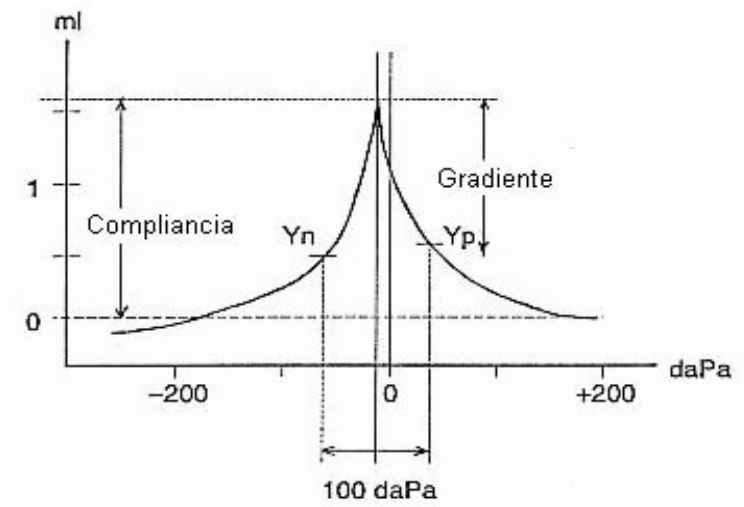
El último tubo está en relación con una bomba que hace variar las presiones en el conducto herméticamente cerrado por la cánula.

Un electromanómetro indica el nivel de presión y permite verificar la calidad del sello.

Impedancia dinámica.

Es el estudio de las variaciones de la compliancia en función de alteraciones artificiales del sistema tímpano-osicular. Se dispone de un modo de acción para alterar sus características físicas: la modificación de la presión del aire en el conducto (timpanometría). Se somete al tímpano a presiones de aire variables y se anotan las variaciones simultáneas de la compliancia. El máximo de flexibilidad timpánica se obtiene cuando las presiones endo y exo timpánicas están equilibradas.

Si por ejemplo la presión de aire en el canal auditivo cambia de +200 a -200 mm, la compliancia en el oído medio normal cambiará de baja a alta y a baja nuevamente. Con lo que se obtiene la siguiente curva[8] :



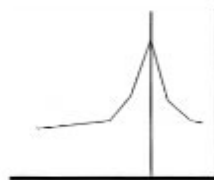
Componentes de un timpanograma normal.

Cualquier oído que no produzca una curva (timpanograma) comprendida dentro de este patrón timpanométrico puede tener alguna anomalía.

A continuación se muestra una serie de ejemplos obtenidos de resultados timpanométricos:

1.- Oído normal:

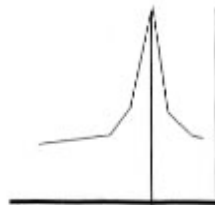
La curva de compliancia dibuja un peak agudo, centrado sobre la presión 0. **Timpanograma tipo "A".**



En este ejemplo se encuentran los valores de compliancia máxima bien definidos a una diferencia de presión de 0 mm H₂O. Esta curva es la que se observa más a menudo en personas con audición normal o hipoacusia neurosensorial.

2.- Ruptura o interrupción de la cadena osicular:

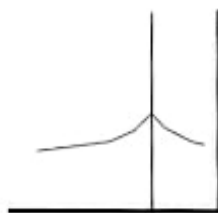
Importante aumento de la amplitud del peak de compliancia. **Timpanograma tipo "A_D".**



Este timpanograma es una variación del tipo A, en él se obtiene un pico alto y abierto (compliancia elevada) dada la hipermovilidad de la membrana timpánica; la presión se encuentra dentro de lo normal. Este tipo de curva es característico en una discontinuidad de la cadena osicular.

3.- Otosclerosis:

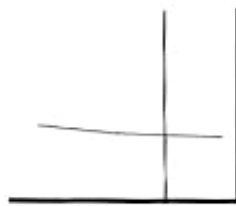
El peak queda centrado en la presión 0, pero disminuye en amplitud. **Timpanograma tipo "A_s"**



El timpanograma muestra una compliancia limitada en relación con la movilidad normal, manteniendo la presión de aire dentro de parámetros de normalidad. Es característico de la otosclerosis.

4.- Oído medio totalmente obstruido por secreciones:

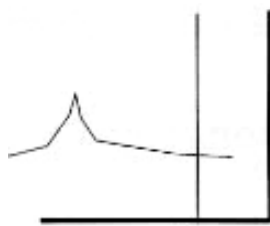
Timpanograma plano, ausencia de peak en razón de la extrema rarefacción aérea en el oído medio. **Timpanograma tipo "B"**.



El timpanograma se caracteriza por la poca variación de la compliancia cuando hay cambios de presión del aire. En él no se observa máximo de compliancia definido a ninguna presión de aire. Este timpanograma es común en las personas con líquido en el oído medio (otitis media serosa).

5.- Obstrucción tubárica simple:

El peak se desplaza hacia la zona de presiones negativas. **Timpanograma tipo "C"**.



La cima de la compliancia se encuentra bien definida a presiones negativas. La presencia de un tímpano intacto pero retraído sugiere una alteración en la trompa de Eustaquio.

Impedancia estática.

Las variaciones de compliancia producidas por la timpanometría, carecen de significado numérico absoluto; no obstante, es posible, refiriéndose a las cifras obtenidas en unas cavidades cerradas de volumen conocido, deducir los valores absolutos de la compliancia.

Gracias a una maniobra simple, se puede obtener una cavidad tal que nos sirva de referencia. En efecto, se sabe que una presión de 200 mm de agua en el conducto tensa lo suficiente al tímpano como para oponer al sonido una barrera que presiones más elevadas no reforzarían más.

Una vez obtenida esta presión de aire, se establece en esta cavidad una presión sonora de valor arbitrario y conocido, y se lee la cifra de compliancia correspondiente, admitiendo que esta medida interesa al conducto únicamente. Seguidamente se deja al tímpano retornar a su posición de reposo, y para la misma presión sonora que antes, se lee una cifra de compliancia nueva, que corresponde entonces al conjunto conducto y oído medio. La diferencia de los valores obtenidos de las dos operaciones entrega la compliancia del oído medio en centímetros cúbicos.

b.- Reflejo acústico (reflejos estapediales) :

En un oído medio que funcione normalmente, la contracción de cualquiera de los músculos ejercerá un tirón en la cadena de transmisión (la unión de enlace que comprende la cadena ósea y la membrana timpánica), y de este modo aumentará la impedancia del sistema. Tal fenómeno conocido como el reflejo acústico o estapedial puede ser ipsilateral (contracción del estapedio del lado estimulado) o contralateral (contracción del estapedio del lado contrario) determinando una variación de la rigidez del sistema membrana-osículos, la que es registrada en el impedanciómetro.

Si un estímulo sonoro de alta intensidad, alrededor de los 70 o 90 dB sobre el umbral, se aplica al oído, el músculo estapedial (del estribo) se contraerá en ambos oídos. Cuando el músculo se contrae, da un leve tirón en los osículos, el cual se transmite a la membrana timpánica dando como resultado un pequeño cambio de compliancia. Ya que éste cambio de compliancia es muy pequeño, es importante que la presión en el

conducto auditivo iguale exactamente la presión en el oído medio, en orden de asegurar que la membrana esté en su posición más complaciente.

Cuando el estímulo sonoro se presenta a un solo oído, la señal acústica se transmite vía oído medio al nervio coclear y del sistema nervioso al cerebro. Si la sensación de intensidad de sonido es suficientemente alta, el cerebro hará que el músculo del estribo de ambos oídos se contraiga. Cuando esto sucede, hace que todo el sistema se vuelva menos complaciente.

Analizando las respuestas a estímulos enviados de una cierta intensidad, primero en el oído examinado y más tarde en el oído contrario, se puede tener información ya sea sobre la movilidad osicular y sobre la funcionalidad del oído interno.

6.2.- Técnicas de seguimiento o *screening* auditivo.

Debido a la importancia de detectar a tiempo una hipoacusia, para la implementación auditiva y lograr un control precoz de las deficiencias que esta causa, es recomendable realizar un estudio de potenciales evocados auditivos de tronco cerebral y de otoemisiones acústicas a los recién nacidos y niños de alto riesgo. Para esto existe un protocolo para la realización de seguimientos auditivos[♦]:

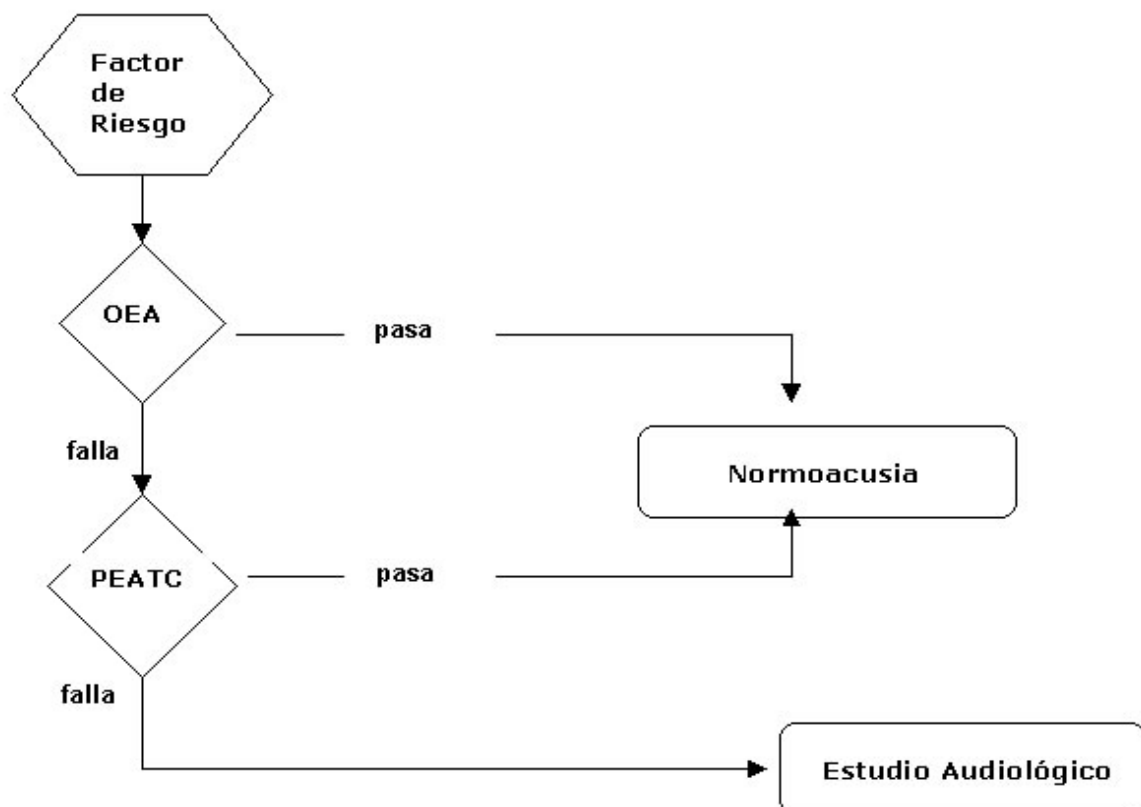


Fig. Protocolo para el screening en el niño con factores de riesgo

[♦] Fuente: Teresa Rodríguez, “*Screening Auditivo*”. Comisión para la detección precoz de la Hipoacusia 1996.

6.2.1.- Potenciales evocados auditivos:

Los potenciales auditivos constituyen la prueba audiológica más sensible para la detección de lesiones auditivas. Es una prueba totalmente objetiva y muy fiable, sin embargo es larga y compleja, requiriendo que los niños duerman durante la prueba, bien por sí mismos, o mediante la administración previa de algún tipo de sedante lo que no es muy conveniente ni seguro en muchos casos[13].

Como cualquier resultado audiológico, es necesario contrastarla con otros datos para así poder emitir un diagnóstico lo más certero posible. Se utiliza fundamentalmente para diagnóstico del tipo y grado de hipoacusia en niños.

Su desarrollo consiste en el registro mediante electrodos del potencial generado por un estímulo auditivo, de alta frecuencia a nivel de tronco cerebral, durante los 10 ms siguientes. Para esto se requiere de un complejo sistema de medición que computacionalmente "borre" el registro eléctrico del cerebro y sólo muestre el correspondiente al estímulo auditivo.

Luego de la aplicación del estímulo auditivo se grafican las ondas generadas en las diferentes porciones de la vía auditiva. Estas ondas son específicas, siendo las cinco primeras las más constantes (I a V). Cada una tiene una latencia* e intensidad propias; de su análisis se puede inferir el estado del oído y sus conexiones centrales.

- Onda **I** y **II** reflejan la activación del segmento distal y proximal del nervio auditivo, respectivamente.
- Onda **III** y **IV**: reflejan la activación del complejo de núcleos cocleares y el complejo olivar superior.
- Onda **V**: es la onda más clara y la más constante del registro, por lo que es muy importante para fines diagnósticos.

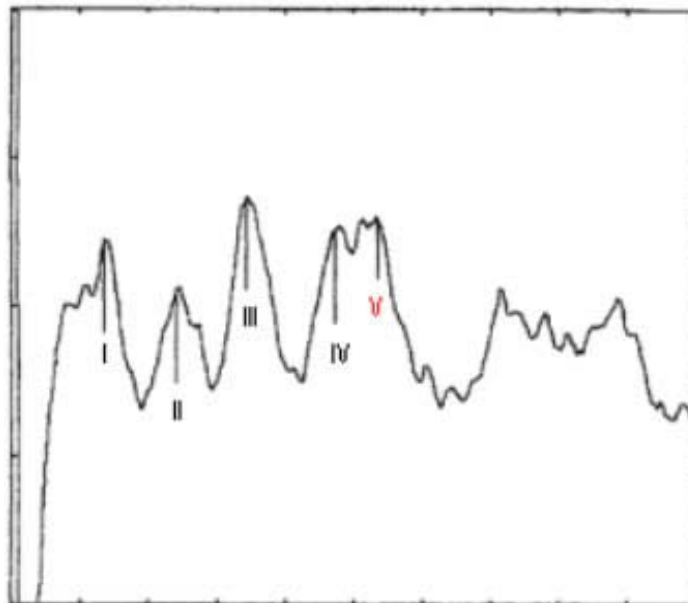
* Se define Latencia como el *intervalo de tiempo que media entre la presentación del estímulo y el inicio de la respuesta*. Y la interlatencia es *el intervalo de tiempo entre una onda y otra*.

La latencia entre el estímulo y el peak de la onda I refleja el tiempo de conducción periférica y es normalmente entre 1.6 y 1.8 ms, que se prolonga en hipoacusias de conducción.

El tiempo de conducción central es entre el peak de la onda I y el de la onda V, su valor normal es de 4 ms y se alarga cuando hay un obstáculo en el nervio y en enfermedades degenerativas.

La tabla siguiente muestra los valores de latencia e interlatencias normales para los cuales se consideran válidos los resultados:

ondas	latencia (ms)	interlatencias	latencia (ms)
ONDA I	1,5 - 1,8 ms	interlatencia I-III	2,38 - 4,4 ms
ONDA II	2,5 - 3 ms	interlatencia I-V	4 - 4,6 ms
ONDA III	3,6 - 4,1 ms	interlatencia III-V	1,8 - 2,5 ms
ONDA IV	4,8 - 5,2 ms		
ONDA V	5,6 - 6 ms		
ONDA VI	> 7,6 ms		



Grafica de un Potencial Evocado Normal donde se muestra las ondas antes nombradas

Este examen nos indica además el umbral auditivo, que corresponde a la mínima intensidad a la que aparece la onda V. Desde el punto de vista de la detección, la deficiencia auditiva se identificará cuando no se obtenga una onda V de amplitud y latencias normales con estímulos de 40 dB por lo menos[14].

Algo importante y que hay que tener en cuenta es que un examen de potenciales auditivos que muestra ausencia de ondas no implica ausencia de audición, ya que con este examen no se estudian las frecuencias graves (investiga frecuencias sobre los 3000 Hz), y que la curva de respuesta se modifica de una manera muy significativa con la pérdida auditiva.

6.2.2.- Otoemisiones acústicas.

Normalmente, la cóclea se describe como un receptor de sonido y un transductor que transforma las vibraciones acústicas o mecánicas en actividad neural. Pero hubo estudios que comprobaron que la cóclea no solamente cumple la función de recibir sonidos sino que también la de emitir sonidos, es decir, transforma un estímulo bioeléctrico fisiológico en una señal sonora registrable en el conducto auditivo externo[9].

Una cóclea sana emite sonidos hacia el conducto auditivo externo en respuesta a una estimulación acústica; además, ésta es responsable de una exquisita sensibilidad, una fina selectividad de frecuencia y un amplio rango dinámico del sistema auditivo normal.

Las proteínas estructurales contráctiles identificadas dentro de las células ciliadas externas, indican que están dotadas de una capacidad motriz que propaga parte de la energía del amplificador coclear hacia el oído medio y, a través de éste, hacia el canal auditivo externo donde son detectadas como emisiones acústicas.



Esta técnica de medición de la audición cuenta con algunas ventajas, son de rápida ejecución oscilando entre los 2 a 3 minutos por cada oído. No producen ningún tipo de daño al niño, presentan una buena reproducibilidad y estabilidad, de manera que dos otoemisiones de un mismo individuo repetidas inmediatamente o tras el paso de unos días e incluso meses presentan un espectro frecuencial básicamente igual.

No requiere de un manejo especializado ya que no posee una técnica difícil de manejar y, debido a que pueden analizar cada oído por separado, detectan si la posible pérdida de audición es uni o bilateral. Tienen una larga latencia y por lo tanto no son un mero eco. La posibilidad de realizarlas después de las 48 horas de vida la convierte en el único estudio audiológico que se puede implementar desde los primeros días de vida.

Las otoemisiones también presentan algunas limitaciones al ser usada como técnica de screening auditivo, requiere que el niño esté completamente dormido y debe realizarse en una sala con escaso ruido ambiental ya que el registro se afecta por el ruido ambiente y el ruido biológico del niño.

Tipos de Otoemisiones.

Como se dijo anteriormente, las otoemisiones acústicas son sonidos producidos por la cóclea en respuesta a una estimulación sonora externa, pero también pueden producirse aún cuando no exista tal estimulación. Por lo tanto se pueden clasificar en:

- a) **Otoemisiones espontáneas** (S.O.A.E.S.) son emisiones producidas por la cóclea, en ausencia de estimulación sonora.
- b) **Otoemisiones evocadas** (E.O.A.E.S.), son emisiones producidas por la cóclea en respuesta de una estimulación sonora de corta duración.

6.2.2.a.- Otoemisiones Acústicas Espontáneas.

Son señales tonales emitidas naturalmente por la cóclea en ausencia de una estimulación sonora. Son de bajo nivel, de banda angosta. Usualmente no son audibles para las personas ya que son un tipo de señal muy débil, en general su amplitud oscila entre -25 y 10 dB SPL, teniendo un tope máximo que no excede los 15 dB.

Estas emisiones son fáciles de obtener, la sonda es colocada en el conducto auditivo externo tratando de sellar el mismo lo mejor posible, ya que no es necesario que sea un sellamiento hermético pero si el suficiente para que no puedan penetrar ruidos externos. El micrófono deberá tener un filtro pasa-alto y un preamplificador. El filtro actuará eliminando los ruidos externos e internos (como por ejemplo los del cuerpo), por debajo de los 300 a 400 Hz. La señal obtenida será analizada a través de un software, que contiene un analizador frecuencial espectral FFT (Fast Fourier Transform), que puede realizarse “on” u “off line”, es decir mientras se efectúa la prueba o después de finalizada y grabada. Este tipo de Otoemisiones aparece rápidamente pero siempre en frecuencias específica que se concentran entre los 1 y 3 kHz.

Estudios recientes dicen que el 75 % de las personas con un sistema auditivo normal, presentan este tipo de otoemisión, pero no siempre aparece esa misma cantidad de emisión espontánea en los dos oídos de una misma persona, o en la misma frecuencia.

Aparentemente las mujeres presentan más otoemisiones espontáneas que los hombres, esto puede deberse al menor tamaño del conducto auditivo externo (éstas relaciones no son consideradas en los niños)[9].

Se ha encontrado más presencia de SOAE en oídos derechos que en izquierdos, y también se esta estudiando la relación entre las diferentes razas, encontrando más presencia de respuestas en la raza de color en relación a la blanca que es la menor y la asiática es intermedia. Son vulnerables a la falta de oxígeno o hipoxia, a los medicamentos ototóxicos y al ruido.

No se ha encontrado diferencias en la presencia de respuestas en niños, jóvenes o adultos, pero si parece decrecer a partir de los 60 años. Se puede decir que las otoemisiones acústicas espontáneas son una especie de *huella digital* del oído de un

individuo y posiblemente reflejan algún, aunque sea muy pequeño, malfuncionamiento coclear que no es posible verlo desde el punto de vista de una audiometría convencional.

6.2.2.b.- Otoemisiones Acústicas Evocadas.

Las Otoemisiones provocadas (E.O.A.E.S.), son sonidos producidos por la cóclea en respuesta de una estimulación sonora de corta duración[11]. Al igual que en las espontáneas, las evocadas pueden ser registradas en la mayoría de las personas normoyentes.

Según el estímulo utilizado encontramos:

- a) Otoemisiones evocadas transitorias: (TEOAE), El estímulo sonoro utilizado es un click, de banda frecuencial ancha.
- b) Otoemisiones producto de distorsión: (DPOAE), son sonidos emitidos por la cóclea, en respuesta a una doble estimulación sonora de 2 tonos puros continuos y simultáneos, producidos a una misma intensidad.
- c) Otoemisiones estímulo-frecuencia: (SFOAE), son sonidos emitidos por la cóclea en respuesta a la estimulación de un tono puro continuo, de larga duración, de baja intensidad, no pueden ser utilizadas en la clínica, pues es difícil separarlas y medirlas.

6.2.2.b.1.- Otoemisiones evocadas transitorias.

El resultado de las TEOAE's depende de diversos factores como el espectro del mismo estímulo, la duración de éste y la resonancia del oído a examinar. Por esto, cada espectro es único para cada persona ya que contiene peaks de frecuencia que pueden variar individualmente en número y en frecuencia. Estos peaks dominan el espectro entre las frecuencias de 0,5 y 4 kHz, y tienen una notable estabilidad en el tiempo.

La otoemisión que posee un gran período de latencia o de retardo respecto al estímulo enviado son las evocadas transitorias, mientras que para las otoemisiones producto de

distorsión (que se verán a continuación), se dice que no tienen latencia o que tienen una respuesta instantánea.

Al momento de medir, dependiendo de qué instrumento se utilice, se sugiere que el click de prueba sea de banda ancha y de una duración de 80 μ s aproximadamente, enviados a una razón de 50/s y con un nivel de 80 dB SPL.

El registro de las TEOAE's es un indicador de la evolución de los problemas del oído interno y es clínicamente aplicable en el diagnóstico diferencial de la pérdida auditiva y su progreso, aunque juega también un papel dentro del seguimiento infantil. La utilización de las TEOAE's como método de screening auditivo infantil no excluye la presencia de falsos negativos en las mediciones (sujetos que pasan el test, pero que en realidad tienen algún grado de hipoacusia), ya que, como se dijo, están presentes en la mayoría de los niños sanos, pero están ausentes en niños con pérdidas auditivas por sobre los 30 dB. Este tipo de examen por lo tanto no es muy utilizado ya que no existe mucha fiabilidad en cuanto a la selectividad en los resultados

6.2.2.b.2.- Otoemisiones producto de distorsión.

Las otoemisiones producto de distorsión, a diferencia de las TEOAE son más utilizadas ya que permite una observación y una discusión más acertada en los resultados. Es un examen objetivo y al igual que las demás otoemisiones, es propia para cada individuo.

Son respuestas distorsionadas producidas por el oído en respuesta a dos tonos puros simultáneos, es decir, producen frecuencias adicionales que no son las primarias. Cuando dos tonos puros de diferentes frecuencias pasan a través de un amplificador no lineal, como lo es la cóclea, la señal de salida contiene otras frecuencias que no son parte de los tonos puros originales. Estos tonos son los producto de distorsión y a través de ellos es posible evaluar la actividad coclear a frecuencias específicas.

Como se dijo, las DPOAE's es energía registrada en el canal auditivo originada por la interacción de dos tonos puros de diferente frecuencia (f_1 y f_2), llamados tonos primarios. Por defecto, la intensidad del tono más bajo (f_1) se denomina L1, mientras que para la frecuencia más alta (f_2) su nivel se expresa como L2.

La mayor cantidad de distorsión se produce a una frecuencia más baja que la menor de las frecuencias de estimulación (f_1) y está definida por la expresión $2f_1 - f_2$ [9][10][11][12].

Las DPOAE's se registran y analizan a través del gráfico de entrada/salida (I/O) o en el llamado DPGrana. En el primer caso la frecuencia se mantiene fija mientras varía la intensidad del estímulo, así se obtiene el umbral de emisión otoacústica.

En el uso del DPGrana (que es el más común en muchos estudios), se evalúa la respuesta obtenida a diferentes frecuencias, pero a intensidades fijas de L1 y L2.

Existe controversia en cuanto qué intensidad debe ser empleada en f_1 y f_2 . Algunos estudios muestran que si se fija L2 más bajo que L1 resultará una mejora en la relación señal ruido e incrementará la detección de pequeñas amplitudes de respuesta. Otros mantienen constante una diferencia entre las intensidades de f_1 y f_2 de 10 dB, comenzando en L1=30 dB y L2=20 dB, aumentando en pasos de 5 dB hasta llegar a 60 dB y 50 dB respectivamente. Con respecto a la relación señal ruido, se considera que existe DPOAE si ésta está al menos 3 dB por sobre el ruido de fondo. En esto también hay mucha controversia ya que para unos basta los 3 dB, para otros es necesario 4 – 5 dB y otros necesitan 6 dB. Por último hay autores consideran que la respuesta $2f_1 - f_2$ debe estar al menos 3 dB por sobre el ruido de fondo en dos mediciones consecutivas. Durante las mediciones, dependiendo del instrumental utilizado, es posible monitorear y cuantificar el ruido de fondo y esos niveles son graficados junto con los resultados.

Como razón entre las frecuencias primarias se sugiere $f_2/f_1 = 1.2$ o mayor, tal que pueda obtenerse una mayor cantidad de energía en las mediciones. En todo caso hay evidencia que la máxima amplitud de distorsión que produce esta razón puede variar de una persona a otra y de la intensidad de cada estímulo (L1 o L2).

Por último, con la utilización de las DPOAE's es posible diferenciar una audición normal de una hipoacusia neurosensorial a frecuencias discretas, pero aún no es posible una estimación exacta de los niveles de umbral auditivo.

6.2.2.b.3.- Otoemisiones estímulo-frecuencia.

Las SFOAE's son señales continuas, de bajo nivel a las frecuencias de un estímulo de tonos puros ininterrumpidos, aparentemente generados por el mismo mecanismo con que se producen las TEOAE's. Las propiedades son similares al resto de las OAE's, están presentes en la mayor parte de los oídos normales, son de gran intensidad en las frecuencias en las que lo son las TEOAE's y demuestran una latencia y una no-linealidad similar a éstas. Debido a que el estímulo está presente en la mayor parte del tiempo, este tipo de emisión es uno de los más difíciles de medir y por lo tanto no tienen mayor aplicación ni utilización como medio de seguimiento ni uso clínico[9].

6.3.- Técnicas de rehabilitación.

Cuando se confirma la existencia de un daño auditivo irreversible debe procederse inmediatamente a la adaptación de audífonos, en primera opción, para posibilitar la maduración de las vías auditivas y el desarrollo del niño porque, como ya se ha dicho, el sistema auditivo madura en la medida en que recibe una estimulación adecuada. Y en segunda opción, la más extrema, es la implantación de una cóclea artificial, lo que se llama Implante Coclear.

En los primeros años de vida se obtienen los mayores progresos intelectuales y la plasticidad del sistema nervioso central auditivo posibilita el desarrollo de las funciones auditivas superiores durante los 2-3 primeros años. Pasada esta etapa las alteraciones de los centros superiores de la audición se tornan irreversibles.

La elección de las prótesis auditivas debe responder siempre a cada necesidad personal. Para que el niño acepte esta prótesis es fundamental que los padres adopten una actitud perseverante - y muy paciente - de forma que la colocación diaria del audífono llegue a ser un acto tan natural como el vestirse. De no ser así, un continuo "quita y pone" creará en el niño una inestabilidad que va a perjudicar tanto su función auditiva como su estado emocional.

La elección de las prótesis, por tanto, es de suma importancia. Esta tarea es especialmente delicada en niños menores de tres años y requiere un cierto tiempo hasta que el niño se familiarice con ella y encuentre útil y ventajoso su uso cotidiano. Por otra parte, el niño no va a desarrollar espontáneamente el habla por el hecho de llevar puesta una prótesis, sino que tendrá que aprender a "oír" a través de la misma. No obstante, la sola posibilidad de percibir el sonido va a facilitar y a favorecer el proceso de aprendizaje del habla y de desarrollo del lenguaje.

6.3.1.- Prótesis auditivas o audífonos.

Una prótesis auditiva, es considerada como una ayuda auditiva, ya que el niño afectado por un déficit de la audición, puede mejorar la percepción de la voz humana y de diversos sonidos, intentando recuperar un nivel auditivo cercano al normoyente, o por lo menos es ésta la finalidad y último objetivo.

Todos sabemos y entendemos que la prótesis es un elemento sustitutivo de un órgano, pero en éste caso, entenderemos como prótesis auditiva al elemento tecnológico que actúa sobre el estímulo sonoro, no sobre el órgano auditivo. Un sinónimo de prótesis auditiva es el **audífono**. La función esencial del audífono es restablecer la pérdida auditiva de la mejor manera posible y devolver al hipoacúsico la capacidad de oír y entender las palabras.

6.3.1.1.- Clasificación.

Un primer criterio de clasificación puede ser la posición respecto del pabellón auricular, determinante desde el punto de vista estético. Según la posición, existen dos familias de audífonos:

- Retroauriculares
- Intrauriculares

Desde el punto de vista tecnológico, las principales diferencias residen en los circuitos que procesan la señal. El principio de funcionamiento de los audífonos puede asimilarse al de los ecualizadores de los equipos de alta fidelidad. Permiten aumentar o disminuir la amplificación en bandas de frecuencia individuales en función de la pérdida auditiva obtenida de la audiometría tonal.

Con la regulación del audífono se obtienen amplificaciones mayores o menores según la gravedad de la deficiencia.

Entonces, dependiendo del punto de vista tecnológico, existen tres tipos de audífonos:

- Analógico
- Programable
- Digital

Posiciones del Audífono.

Retroauriculares :

Se posicionan detrás del pabellón auricular y transmiten los sonidos al tímpano a través de un tubo conectado a un molde hecho a medida que se introduce en el conducto auditivo. Dadas sus dimensiones, son fáciles de regular y utilizar, por lo que resultan indicados para personas con problemas de motricidad. Son los únicos audífonos capaces de suministrar intensidades sonoras suficientes para corregir pérdidas auditivas graves o totales.

Intrauriculares :

Como su nombre lo indica, los audífonos intrauriculares se colocan en el interior del conducto auditivo. Corrigen las deficiencias auditivas sin descuidar la estética, ya que son mucho menos visibles que los retroauriculares.

Al estar dentro del conducto auditivo, la necesidad de limpiarlos y mantenerlos es mayor. Debe evitarse la formación de depósitos de cerumen o humedad que podrían dañar los circuitos electrónicos. Los audífonos intrauriculares se distinguen por la profundidad a la que se pueden insertar.

Además de los anteriores, que son del tipo más común, se pueden encontrar los audífonos:

Intra concha. El audífono llena toda la cavidad del pabellón auricular. Puede corregir problemas auditivos graves porque sus dimensiones le permiten contener receptores potentes y baterías capaces de suministrar corrientes elevadas.

Intra canal. Como es más pequeño que el de intra concha, la potencia máxima de salida y la ganancia son limitadas.

Mini canal. Se introduce casi totalmente en el conducto auditivo, por lo que resulta menos visible que los modelos anteriores. Sobre la parte exterior del audífono, que queda oculta por el trago, pueden colocarse el control del volumen y el pulsador para cambiar de programa (si hay más de un programa). Desde el punto de vista estético es la mejor solución para corregir problemas auditivos de gravedad media y media-alta.

Intracanal de inserción profunda CIC. Es el único audífono que queda totalmente oculto, ya que se coloca dentro del conducto auditivo. Se extrae con un hilo de nailon transparente muy fino que queda fuera pero no se ve.

En las últimas dos categorías (minicanal e intracanal de inserción profunda) la posición del micrófono dentro del conducto auditivo permite al audífono aprovechar la dirección normal del pabellón auricular y localizar los sonidos en forma extremadamente natural. Por su pequeño tamaño pueden corregir sólo problemas auditivos de gravedad media.

6.3.2.- Implantes Cocleares.

En el contexto de los problemas sensoriales o sensorineurales existen dos grupos: el de pacientes con lesión limitada al órgano de Corti, pero en quienes el nervio acústico está en posibilidades de funcionar y el de pacientes que tienen lesionado tanto el órgano de Corti como el nervio auditivo. Es el segundo grupo el que está más limitado para el proceso auditivo y es el grupo para el cuál está diseñado el implante coclear.

El *Implante Coclear* es un "puente" por medio del cual los sonidos son procesados y después enviados a diversos grupos de fibras del nervio auditivo[▲]. Las ondas sonoras son captadas por un receptor similar a un audífono para sordera, y enviadas al procesador. En éste, la señal acústica es separada en diversas bandas de sonidos graves, medios y agudos. El estímulo acústico, es entonces convertido en señales eléctricas que se envían al implante colocado en el oído interno, para estimular zonas específicas del nervio. Estas señales eléctricas son procesadas a través de las diferentes partes de que consta el implante, las cuales se dividen en Externas e Internas.

Externas: El micrófono, que recoge los sonidos y los envía al procesador. El procesador, que selecciona y codifica los sonidos más útiles para la comprensión del Lenguaje. El Transmisor que envía los sonidos, ya codificados, al receptor.

Internas: El receptor-estimulador que se implanta en el hueso mastoides, detrás del pabellón auricular, y envía las señales eléctricas a los electrodos. Los electrodos que se introducen en el interior de la cóclea (oído interno) y estimulan las células nerviosas que aún funcionan. Estos estímulos pasan a través del nervio auditivo al cerebro, que los reconoce como sonidos y se tiene - entonces- la sensación de "oír".

[▲] Fuente: Comité Español de Fonoaudiología (C.E.A.F) 2000.

Ambas partes (externa e interna) se ponen en contacto por un cable y un imán. La programación del procesador exterior es individualizada a través de un computador.

Es así como se proporcionan sensaciones auditivas a la corteza cerebral con lo que se pueden dar a los pacientes con sordera total informaciones acústicas que son indispensables para su inserción normal al medio que los rodea[1]. Los implantes cocleares están indicados a personas que padecen una sordera profunda o total, lo que se comprueba por la existencia de un promedio de pérdida auditiva en la audiometría tonal superior a 90 dB en las frecuencias del habla (0.5 a 3.0 Khz.).

Después del procedimiento quirúrgico, el personal audiológico, programa y activa el implante a las 4-6 semanas de la cirugía. El denominado "mapeo", permite determinar los niveles de estimulación eléctrica de cada uno de los electrodos del implante, para que esos niveles ni sean insuficientes ni tampoco excesivos. La estimulación eléctrica determina una sensación acústica cuando el flujo de corriente eléctrica entre los electrodos excita las fibras neurales del nervio auditivo. En este punto, es importante saber a partir de cuál momento existe estimulación de las fibras del nervio y a partir de cuál se inicia la sensación de molestia. Los niveles de actividad deberán corresponder a niveles intermedios entre esos dos parámetros.

Cuando el implante ya ha sido instalado y activado, se debe iniciar el programa especializado de educación especial y/o rehabilitación auditiva. Con este se deberán aprovechar las nuevas claves de estimulación acústica que proporciona el implante coclear. Por ello, siempre deberán estudiarse con parámetros precisos que permitan ejercicios de comparación para valorar el progreso de los pacientes. Las nuevas habilidades perceptuales auditivas para estímulos no lingüísticos y lingüísticos, así como el desarrollo o la conservación de los mecanismos expresivos deberán ser motivo de estos estudios, cuando se trate, respectivamente, de personas menores de edad con sorderas congénitas o de adultos en quienes la sordera fue adquirida después de haberse desarrollado el lenguaje oral[†].

[†] Fuente: Comité Español de Fonoaudiología (C.E.A.F) 2000.

IV. CONCLUSIONES

- Es importante mencionar, después de lo visto en esta tesis, que la sordera o hipoacusia profunda es una discapacidad tratable. Los resultados de los diferentes tratamientos, en términos de incorporación a la sociedad, dependen en buena medida de lo precoz que sea el diagnóstico, teniendo como límite la etapa pre-lingual del niño. Un diagnóstico tardío puede ser muy perjudicial para el correcto desarrollo evolutivo de la audición y del desarrollo personal del niño.
- En el campo de la Acústica es muy importante el control de la audición, pero no se tiene mucho conocimiento en lo que a control de audición infantil se refiere. Cada vez este campo está tomando una relevancia significativa y se han incorporado muchas técnicas nuevas a las ya tradicionales audiometrías. Las diferentes técnicas y la utilización de elementos nuevos se han hecho mucho más cercanas a los niños pequeños, que generalmente son reacios a cualquier tipo de intervención, utilizando juegos, elementos distractivos, imágenes en movimiento, un ambiente grato y reconocible para ellos de tal manera que así puedan obtenerse resultados válidos esperados sin interferencias que los falseen.
- Dentro de todos los métodos de seguimiento vistos, los métodos objetivos son los únicos seguros durante el período de lactancia y los primeros años de vida. En ausencia de un buen método de seguimiento en niños con factores de riesgo es recomendable que la detección de problemas auditivos se base en un alto grado de sospecha por parte de los padres hacia sus hijos.

- En el ámbito del implante coclear, hay estudios que demuestran que la mejoría en el lenguaje y desarrollo del niño es considerable luego de realizado el implante y es comparable con el desarrollo de otros niños que fueron tratados con los métodos mas tradicionales. El implante en niños sordos profundos que todavía no han desarrollado el habla es la mejor solución para modular la propia voz y reconocer palabras.
- La prueba de otoemisiones acústicas tiene muchos puntos a favor :
Es fiable, tiene un costo al alcance de la mayoría de las personas, es rápida y no es invasiva ni cruenta, sencilla de realizar y no necesita de personal especializado para ser efectuada. Pero lo malo es que solamente es un examen que muestra si hay funcionamiento normal o no en la cóclea y del órgano de Corti, y el no obtener respuesta no implica que éstos no funcionen; por lo que nos podemos hacer las siguientes preguntas: Un niño cuyos resultados en la audiometría tonal estuvieron dentro de lo normal y no tiene respuesta al test de otoemisiones ***¿tiene pérdida auditiva? ó ¿cuáles son los límites de pérdida auditiva que puede estimar un test de otoemisiones?***
Tampoco el no obtener respuesta de otoemisiones implica que nunca se obtendrán, es decir, el niño normal puede no presentar respuesta en una primera intervención pero dentro de algunos meses (de 3 a 6), es muy probable que si se obtenga.
- Por lo anterior, es preferible que el seguimiento de los recién nacidos y niños de primera infancia se realice mediante la otoemisiones, pero que la fase diagnóstica de la hipoacusia sea mediante los potenciales evocados. Estos tienen la ventaja de ser más exactos, al requerir de mayor tiempo de ejecución y de un personal con más capacidad en el tema.

- Por último, es importantísimo el papel que juega la familia en todo el proceso de detección, seguimiento y rehabilitación del niño hipoacúsico. El hogar debiera ser el primer centro de detección y rehabilitación del niño. La parte diagnóstica le corresponde a los especialistas. Y no olvidar que, el éxito de una rehabilitación exitosa depende de la precocidad de la detección.

V. APENDICE

Algunos resultados experimentales.

Lo que se muestra a continuación son algunos resultados de audiometrías tonales, otoemisiones acústicas y potenciales evocados auditivos desarrollados en la Clínica Surmédica de Valdivia por la especialista Ana Peralta.

1. El primer test muestra los resultados de una audiometría tonal vía aérea de un niño de 10 años. Puede verse que los niveles se encuentran dentro del rango normal de audición no sobrepasando los 15 dB de umbral. Además de los resultados de la audiometría tonal vía aérea, se muestran los de la audiometría vía ósea usando el test de Weber con valores normales. Por último los resultados de una logaudiometría muestra también niveles dentro de lo normal con un 100% de discriminación en ambos oídos. Todos estos exámenes se realizaron usando el audiómetro MADSEN ELECTRONICS Model ZS76.

2. El segundo test muestra los resultados para una medición de otoemisiones tanto espontáneas como de producto de distorsión. Las otoemisiones espontáneas, como se dijo antes, son propias de cada individuo y son el resultado de la normal acción celular en la cóclea. Las otoemisiones producto de distorsión muestran que existe un intervalo en que hay respuesta al estímulo, no implicando que en las otras frecuencias no exista tal, ya que puede deberse a muchos factores. Las mediciones fueron realizadas con el instrumento de otoemisiones “VIRTUAL CORP. Model 330 Otoacoustic emissions test instrument.”

3. El último test es de potenciales evocados a diferentes niveles de excitación. Se observa que los resultados para el oído izquierdo (LI) están dentro de lo normal para la aparición de las diferentes ondas, siendo la V la más importante. El resultado para el oído derecho (LC 80) muestra que no hay presencia de ninguna onda en los 80 dB de nivel de excitación, lo que daría un diagnóstico de sordera severa para ese oído. Las mediciones para este examen fueron realizadas con el sistema “CHARTER EP System”.

BIBLIOGRAFIA

Referencias.

- [1].- Robert T. Meyer; *Sounds of our Times – Two Hundred years of Acoustics*. 1999.
- [2].- Manuel Recuero, *Ingeniería Acústica*. 1995.
- [3].- Gonzalo de Sebastián, *Audiología práctica*. 1979.
- [4].- William Ganong, *Fisiología Médica* (14ª Edición). 1994.
- [5].- Armin Löwe, *Audiometría en el niño, implicaciones pedagógicas*. 1981.
- [6].- Armin Löwe, *Detección y diagnóstico prematuro en niños con problemas de audición*. 1982.
- [7].- Julio Quirós, *Introducción a la audiometría*. 1973.
- [8].- Madsen Electronics, *Curso y manual de Impedanciometría*. 1974.
- [9].- Acta de Cirugía de Cabeza y Cuello, *Clinical applications of Otoacoustics Emissions*. 1994; 110:22-38.
- [10].- Journal of Acustical Society of América (A.S.A.), *A rewiew of Otoacoustic Emissions*. 1991; 89: 2027-2067.

- [11].- Claus Elberling & Poul Aabo Osterhammel, *Auditory electrophysiology in clinical practice*. 1990
- [12].- Brenda Lansbury-Martin, *Otoacoustic Emissions in clinical practice*.
- [13].- J. Rodríguez Gómez & M.R. Rodríguez, *Significado clínico de los Potenciales evocados en neonatos*. Revista de neurología 1997, 25: 1031-1033.
- [14].- Cristina Sánchez, *Potenciales evocados en recién nacidos*. Revista Neonatología, Hospital Clínico Universitario; San Carlos, Madrid. 1994.
- [15].- Nelly Delgado, José R. Delgado, Aura Díaz de Palacios, *screening auditivo en niños de primera infancia*, Acta Otorrinolaringológica 2000.

Además de la bibliografía citada, es posible detallar los temas incluidos en esta tesis consultando los siguientes títulos y direcciones electrónicas en la red de Internet.

1.- Leo Beranek

1969

“Acoustics”.

2.- M. Moro; An Esp. Pediatric Journal

1993; 38: 1-3

“Detección precoz del a sordera en la infancia”

3.- Julio Quirós

1974

“La audiometría en el niño y en el adulto”

4.- Poly Behmann

1978

“Actividades para el desarrollo de la percepción auditiva”

5.- Bernhard Langenbeck

1966

“Manual de audiometría práctica”

6.- T.S. Litter

1965

“The phisics of the ear”

7.- William Shearer

1972

“Illustrated speech anathomy”

8.- Wolf Keidel

1974

“Auditory system”

9.- Stanley Smith, Halloween Davis

1966

“Hearing: its psychology and its physiology”

10.- Jens Blauert

1997

“Spatial hearing”

11.- J.C. Lafon

1966

“The phonetic test and the measurement of hearing”

12.- Jorge Perelló

1972

“Sordomudez”

13.- Jorge Perelló; José Dalman; M^a Dolores Suriá

1973

“Exploración fonoaudiológica”

14.- M^a Dolores Suriá

1982

“Guía para padres de niños sordos”

15.- Michael Paparella

1980

“Otolaryngology”

- 16.- Ettore Rossi
1974
"Trastornos en la audición del niño"
- 17.- Peter Fine
1977
"La sordera en la primera y segunda infancia"
- 18.- Dominique Colin
1980
"Psicología del niño sordo"
- 19.- Loreto Bustos (Doctora Otolaringología)
Pontificia universidad Católica de Chile; 1995
"Evaluación auditiva"
- 20.- International Federation of Otorhynolaryngology (I.F.O)
1998
"Pediatric otorhynolaryngology Manual"
- 21.- Thomson Mehl
Pediatrics Journal; 1998
"Newborn hearing screening: the great omisión"
- 22.- Journal of Acustical Society of America (A.S.A.)
1990; 88: 821-839
"The behavior of the acoustic distorsion product"

23.- Journal of Acustical Society of America (A.S.A.)

1989; 85: 220-229

“Acoustic distorsion products in humans”

24.- Acta de cirugía de cabeza y cuello

1991; 105: 120-123

“Evoked otoacoustic emissions in differential diagnosis:a case report”

25.- Virtual Corporation

1999

“Model 330 otoacoustic emissions test instrument Manual”

26.- ICS Medical Corporation

2000

“CHARTR Evoked Potenciales Software Manual”

Referencias en Internet.

1. www.audiosalud.com
2. www.ihsys.com
3. www.elmedico.net
4. www.unife.it/oe/main.html
5. www.newbornhearing.com
6. www.amplifon.es
7. www.sinfomed.com.ar
8. www.elotorrino.com
9. www.auditio.com
10. www.centreorl.net/temas/oido
11. www.sitiodesordos.com.ar
12. www.pediatrics.com
13. www.vanaga.es
14. www.oae.it
15. www.otorrinolaringoiatria.it
16. www.boystownhospital.org
17. www.epanorama.net/audiohearing.html