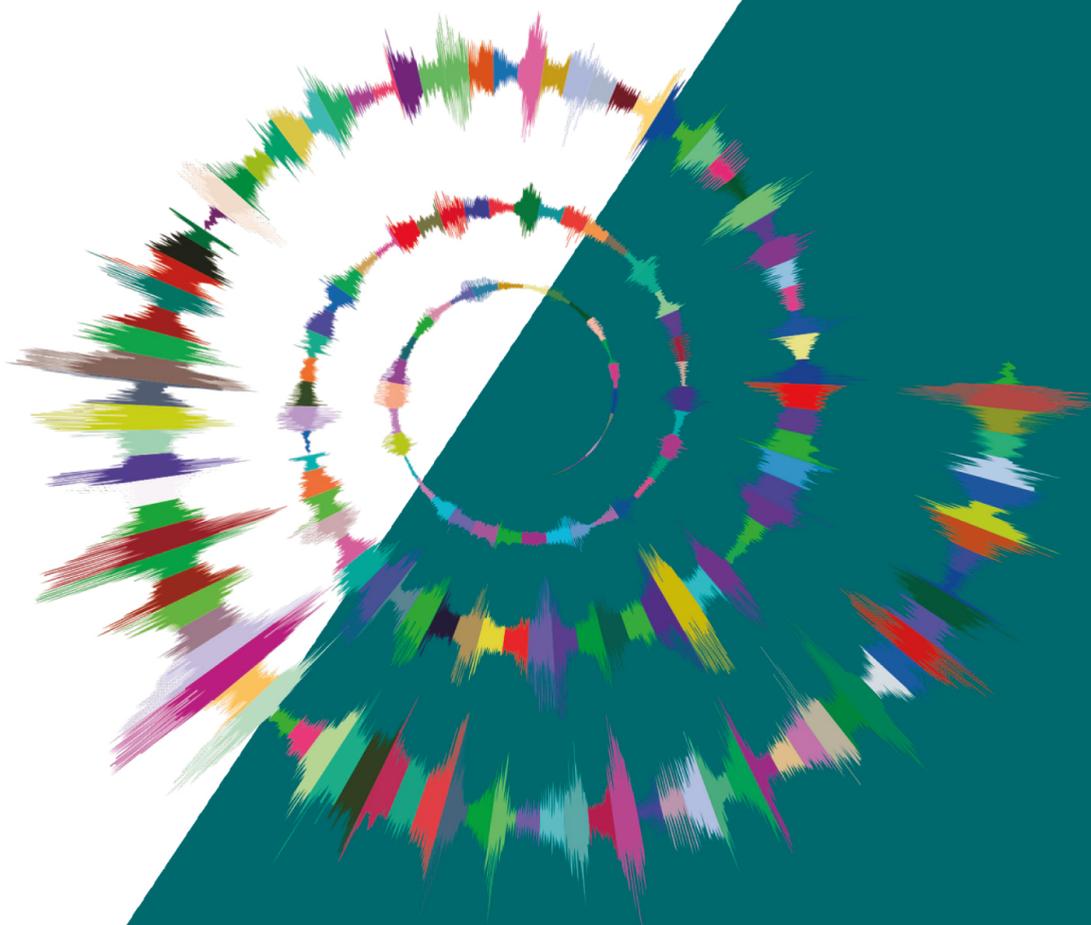


AUDIOLOGÍA BÁSICA

para estudiantes



Autores

Claudia Ximena Campo Cañar
José Luis Castaño
María Consuelo Chaves
Elvia Patricia Escobar
Laura González

VIGILADA
MINEDUCACION

USC
UNIVERSIDAD
SANTIAGO
DE CALI

EDITORIAL



Cita este libro

Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. (2018). *Audiología básica para estudiantes*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Palabras Clave

Anatomofisiología, audiolgía, Izogaudiometría, sistema auditivo, enseñanza, diagnóstico audiológico.

Contenido relacionado:

<https://investigaciones.usc.edu.co/>

AUDIOLOGÍA BÁSICA para estudiantes

Claudia Ximena Campo Cañar
José Luis Castaño Bernal
María Consuelo Chaves Peñaranda
Elvia Patricia Escobar Franco
Laura González Salazar

(Autores)



EDITORIAL
2019

Audiología básica para estudiantes / Claudia Ximena Campo Cañar [y otros]. ~ Edición Edward Javier Ordoñez. ~ Bogotá : Universidad Santiago de Cali, 2019.
300 páginas : 24 cm.
Incluye índice de contenido.
I. Audiología 2. Oídos - Fisiología 3. Audiometría. I. Campo Cañar, Claudia Ximena, autora. II. Ordoñez, Edward Javier, editor.
617.8 cd 22 ed.
Al626275

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango



Audiología básica para estudiantes.

© Universidad Santiago de Cali.

© Autores: Claudia Ximena Campo Cañar, José Luis Castaño Bernal, María Consuelo Chaves Peñaranda, Elvia Patricia Escobar Franco y Laura González Salazar.

1a. Edición 100 ejemplares

Cali, Colombia - 2019

ISBN: 978-958-5522-89-3

ISBN (Libro digital): 978-958-5522-90-9

Fondo Editorial

University Press Team

Carlos Andrés Pérez Galindo

Rector

Rosa del Pilar Cogua Romero

Directora General de Investigaciones

Edward Javier Ordoñez

Editor en Jefe

Comité Editorial

Editorial Board

Comité Editorial

Rosa del Pilar Cogua Romero

Doris Lilia Andrade Agudelo

Edward Javier Ordoñez

Luisa María Nieto Ramírez

Sergio Molina Hincapié

Alejandro Botero Carvajal

Sergio Antonio Mora Moreno

Francisco David Moya Chaves

Proceso de arbitraje doble ciego:

"Double blind" peer-review

Recepción/Submission:

Octubre (October) de 2017

Evaluación de contenidos/Peer-review

outcome:

Febrero (February) de 2018

Correcciones de autor/Improved version

submission:

Junio (June) de 2018

Aprobación/Acceptance:

Septiembre (September) de 2018

Diseño y diagramación

Angie Juleiny Patiño Mejía (*carátula*)

Universidad Santiago de Cali

Tel. 5183000 - Ext. 9130

Cel. 315 772 6462

Juan Diego Tamayo Rivera (*diagramación*)

Universidad Santiago de Cali

Tel. 5183000 - Ext. 9131

Cel. 313 777 0964

Impresión

SAMAVA EDICIONES E.U.

Tel: (2) 8235737

Distribución y Comercialización

Universidad Santiago de Cali

Publicaciones

Calle 5 No. 62 - 00

Tel: 518 3000, Ext. 323 - 324 - 414



La editorial de la Universidad Santiago de Cali se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimientos

Los autores expresan agradecimientos a sus familias por su apoyo y dedicación, a los estudiantes que los motivaron para elaborar un texto guía que le servirá de apoyo para su formación profesional, a la fonoaudióloga Karina Alejandra Arenas por la revisión del texto y especialmente al Universidad Santiago de Cali y a la Universidad del Cauca por sus aportes científicos e investigativos.

CONTENIDO

Prólogo.....	9
Capítulo 1. Anatomofisiología del sistema auditivo	
Claudia Ximena Campo Cañar.	
María Consuelo Chaves Peñaranda.....	11
Capítulo 2. Psicoacústica	
José Luis Castaño Bernal.....	27
Capítulo 3. La otoscopia	
Elvia Patricia Escobar Franco.....	47
Capítulo 4. Audiometría tonal	
Laura González Salazar.....	57
Capítulo 5. Enmascaramiento contralateral	
Laura González Salazar.....	91
Capítulo 6. Acumetría	
Claudia Ximena Campo Cañar.	
María Consuelo Chaves Peñaranda.....	107
Capítulo 7. Logoaudiometría (audiometría verbal)	
María Consuelo Chaves Peñaranda.....	119
Capítulo 8. Inmitancia acústica	
Elvia Patricia Escobar Franco.....	141

Capítulo 9. Tamizaje auditivo infantil

Claudia Ximena Campo Cañar.....167

Capítulo 10. Distorsiones de la sensación sonora

Claudia Ximena Campo Cañar.....207

Capítulo 11. Acúfenos

Elvia Patricia Escobar Franco.....225

Capítulo 12. Habilidades auditivas

Laura González Salazar.....233

Acerca de los autores.....247

Pares evaluadores251

Prólogo

El libro de *Audiología Básica para Estudiantes* es el producto de la experiencia y la revisión sistemática de diferentes autores, realizado por un grupo de docentes interesados en proporcionar al estudiante de pregrado en Fonoaudiología los aspectos básicos de la audiolología. El texto está organizado a modo de capítulos en los que se detallan definiciones, técnicas y procedimientos, entre los que se encuentran: conceptos de psicoacústica, anatomofisiología del sistema auditivo, pruebas con diapasones, audiometría tonal, inmitancia acústica, técnicas para la logaudiometría, técnicas de enmascaramiento ilustradas desde las concepciones de las escuelas francesa y americana; pruebas de distorsión de la sensación sonora; y tamizaje auditivo infantil. Al final, se ubica un interesante capítulo sobre habilidades auditivas, en el que se destaca su aplicación mediante pruebas formales o informales.

Los temas son presentados de una manera didáctica y completa que busca que el lector comprenda, seleccione y aplique las diversas pruebas de diagnóstico audiológico que le servirán de apoyo en las prácticas académicas, asistenciales y de investigación. Los contenidos pretenden generar espacios de discusión teórico-práctica entre profesores y estudiantes, que faciliten y favorezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje en este campo disciplinar.

María Consuelo Chaves Peñaranda
Claudia Ximena Campo Cañar

Capítulo 1

Anatomofisiología del sistema auditivo

Claudia Ximena Campo Cañar

xcampo@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5352-3065>

María Consuelo Chaves Peñaranda

mchves@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4020-0341>

Cita este capítulo

Campo Cañar, C. X. y Chaves Peñaranda, M. C. (2018). Anatomofisiología del sistema auditivo. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 11-25). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo I

Anatomofisiología del sistema auditivo

María Consuelo Chaves Peñaranda

Claudia Ximena Campo Cañar

El oído humano está formado por oído externo, oído medio y oído interno, de donde salen conexiones nerviosas que tienen relación con el Sistema Nervioso Central, especialmente con el nervio coclear y el nervio vestibular (Caro et al, 2013).

Tabla 1. Descripción específica de las estructuras del oído

I. Oído externo	1. El pabellón auricular	
	2. Conducto auditivo externo	
II. Oído medio (Caja del tímpano)	1. Membrana timpánica	
	2. Ventanas oval y redonda	
	3. Trompa de Eustaquio	
	4. Cadena de huesecillos	Martillo
		Yunque
Estribo		
III. Oído interno (Laberinto)	1. Vestíbulo	Sáculo
		Utrículo
	2. Canales semicirculares	
	3. Caracol	Rampa vestibular
		Rampa coclear
		Rampa timpánica

Fuente: Anatomía y fisiología de oído. rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/.../anatomia%20y%20fisiologia%20del%20oido.htm.

1.1 Oído externo

Está formado por, el Pabellón Auricular (PA), que es una estructura constituida por cartílagos cubiertos de piel como: hélix, antihélix, trago, antitrago y concha. En el oído externo, el lóbulo del pabellón es la única región que no tiene cartílago. Esta zona está irrigada por ramas de la arteria temporal superficial y auricular posterior, y el nervio facial se encarga de inervar los nervios motores de los pequeños músculos que se encuentran en esta región. (Caro et al, 2013).

Por otra parte, se encuentra el Conducto Auditivo Externo (CAE), ubicado entre el Pabellón Auricular (PA) y la Membrana Timpánica (MT). La longitud en el adulto es aproximadamente de 23 a 29 mm. Tiene una porción cartilaginosa, que ocupa un tercio del conducto, y una porción ósea, que ocupa los dos tercios restantes. Está cubierto por piel y en su porción externa, contiene vellosidades y glándulas sudoríparas cuya función es producir el cerumen. Esta región esta vascularizada por las arterias temporal superficial y auricular posterior. La inervación sensitiva del PA y del CAE la da, el auricular mayor y occipital menor, auriculotemporal, nervio facial y el vago (Caro et al, 2013).

1.2 Oído medio

Esta parte del oído está limitada entre, el oído externo y el oído interno. Según Caro et al (2013), es un espacio de aire recubierto por mucosa respiratoria en cuyo interior se encuentra la cadena osicular formada por tres pequeños huesos: martillo, yunque y estribo. El martillo está fuertemente adherido a la MT, de modo que el movimiento de esta depende del movimiento del martillo. Las articulaciones del martillo con el yunque y de este con el estribo son rígidas, de tal manera que el movimiento de estimulación de la MT se transmite al estribo, el cual se encuentra en un espacio denominado ventana oval, cerrada por la platina del estribo. El ligamento anular se encuentra en el espacio entre la ventana oval y la platina y se encarga de cerrar este compartimento de aire.

La MT separa el oído externo del oído medio, es una estructura semitransparente que a su vez está formada por la pars tensa (constituida por piel, fibras elásticas radiales y circulares y por mucosa) y por la pars

flácida (piel y mucosa). La pars tensa tiene la mayor amplitud y se encuentra en los dos tercios de la MT. La pars flácida se ubica en la parte superior de la MT. La cuerda del tímpano, es una rama del nervio facial, pasa entre el martillo y el yunque cuya función es llevar la inervación del gusto a los 2/3 anteriores de la lengua ipsilateral. La cadena osicular está fija por varios ligamentos, y tendones; al martillo llega el tendón del músculo tensor del tímpano inervado por el V par y al estribo el tendón del músculo del estribo por el VII par.

La caja timpánica se relaciona con varias estructuras, las principales son las siguientes:

- La cara anterior, con la carótida interna y la Trompa de Eustaquio.
- La cara superior, separada por delgada capa de hueso, con la fosa media.
- La cara posterior, con la mastoides y porción descendente del nervio facial.
- La cara medial o interna, con el nervio facial, cóclea y canales semicirculares.
- La cara inferior, con el golfo de la vena yugular.
- La cara lateral o externa, con el CAE a través de la MT.

La Trompa de Eustaquio (TE) es un conducto que comunica la pared anterior del oído medio con la pared lateral de la rinofaringe. Es una estructura que se asemeja a un reloj de arena donde el cono faríngeo corresponde a la porción fibrocartilaginosa y el cono timpánico a la porción ósea. En la unión de los dos conos, se encuentra la porción más estrecha del conducto conocida con el nombre de istmo de la trompa. En el recién nacido, la trompa mide de 17 a 18 mm, mientras que en el adulto alcanza una longitud de 35 mm; de los cuales dos tercios corresponden a la porción fibrocartilaginosa y un tercio a la porción ósea. Las patologías de oído medio son más frecuentes en los primeros años de vida, esto debido a algunas diferencias entre la TE del lactante y la del adulto; la TE del infante es más corta, más recta, más horizontal y, relativamente, más ancha que la del adulto. En el niño el único músculo funcional es el tensor del velo del paladar (Ariza y Rivas, 2007).

1.3 Oído interno

Está formado en la región denominada hueso petroso, espacio que deja el hueso temporal, y al cual se le llama laberinto óseo, en cuyo interior se aloja el laberinto membranoso. Entre estos laberintos existe un líquido denominado perilinfa, un ultra filtrado sanguíneo de composición similar al líquido cefalorraquídeo y en el interior del laberinto membranoso se encuentra otro líquido, la endolinfa, producido por la estría vascular (Caro et al, 2013).

En el oído interno existen dos órganos, el auditivo o coclear (ubicado en la cóclea o caracol) y el órgano del equilibrio o vestibular. La región coclear es anterior y la vestibular es posterior. En el laberinto membranoso anterior (coclear), situado en la cóclea ósea por la inserción de dos membranas, la basal y la de Reissner, se conforman tres túneles alrededor de las dos vueltas y media del canal óseo de la cóclea. Un túnel superior o rampa vestibular, un túnel medio o canal coclear y un túnel inferior o rampa timpánica. El canal coclear es el que alberga los receptores sensitivos y contiene en su interior al órgano de Corti, que es un mecanoreceptor (Salesa et.al 2005). El órgano de Corti contiene a las células ciliadas, que descansan sobre la membrana basilar; en la base están las que responden a frecuencias agudas y en el ápice las de frecuencias graves (distribución tonotópica); estas células se dividen en dos hileras separadas; en la parte inferior, las células ciliadas internas se ubican en una única hilera compuesta por unas 3500 células que responden a intensidades superiores a 70 dB y tienen como característica que sus cilios no penetran en la lámina tectoria. En la parte exterior, se encuentran tres hileras de células ciliadas externas, compuestas por unas 13.500; son estimuladas a diferentes intensidades y sus cilios penetran en la lámina tectoria, de tal forma que su función es amplificadora.

El ganglio espiral inerva las células ciliadas, y la unión de estas terminaciones nerviosas forman el nervio coclear, que se dirige por el Conducto Auditivo Interno (CAI) al tronco encefálico. El laberinto membranoso coclear se continúa en la parte posterior con dos estructuras membranosas: el utrículo y el sáculo, las cuales se encuentran en un espacio del hueso petroso denominado vestíbulo. Hacia la parte posterior, se localizan los laberintos membranosos y óseos que son conocidos como los canales semicirculares (anterior, posterior y lateral) (Caro et al, 2013).

Los canales semicirculares se originan y regresan al utrículo, en uno de sus extremos se encuentra una dilatación llamada ampolla, donde se ubica la cresta ampular que aloja el neuroepitelio ciliado vestibular, cubierto por una sustancia gelatinosa. El sáculo, el utrículo y los canales semicirculares conforman el laberinto posterior o sistema vestibular (Caro, et al, 2013). A nivel del tronco encefálico existen en el piso del cuarto ventrículo, núcleos vestibulares, que a su vez se conectan con el cerebelo, la médula espinal y los pares craneanos oculomotores. Otro elemento nervioso del CAI es el nervio facial. La disposición de los nervios en el CAI es la siguiente: nervio facial (región anterior y superior), nervio coclear (región anterior e inferior) y los nervios vestibulares en la región posterior del CAI (Caro et al, 2013).

1.4 Fisiología del oído humano

El ser humano tiene la capacidad de percibir frecuencias ubicadas entre 20 y 20 000 ciclos por segundo (Hz), pero esta capacidad disminuye en ambos extremos, siendo las frecuencias entre 128 y 8000 Hz mejor percibidas (Caro et al, 2013).

El oído externo actúa en forma pasiva en el proceso de audición; su función es captar las ondas sonoras por medio del pabellón auricular, concentrarlas y conducirlas por el CAE hasta la membrana timpánica (Caro et al, 2013). El pabellón auricular tiene las siguientes funciones: capturar las ondas sonoras por su posición, localizar el sonido en el plano vertical, proteger al canal auditivo y funcionar como resonador, aprovechando los sonidos alrededor de 4500 Hz, con incrementos inferiores a 10 dB. El CAE tiene una longitud de 2.7 cm y en la unión de la porción ósea y cartilaginosa resuena la frecuencia de 2700 Hz, lo que incrementa su intensidad en 10 dB, favorece las frecuencias del lenguaje y reduce otro tipo de frecuencias. Para autores como Salesa et al (2005) y Gallego (1992), el CAE se encarga de transmitir las ondas sonoras hacia el tímpano y refuerza, por efecto de resonancia, las frecuencias de 2000 a 4000 Hz con incrementos en estas frecuencias de hasta 20 dB.

El oído medio es el encargado de amplificar la presión y la fuerza de la vibración sonora que llega a través del CAE a la ventana oval. Especialmente en las frecuencias graves de hasta 1500 Hz, permite transformar la onda sonora de un medio aéreo a un líquido localizado en el oído interno y así evitar la pérdida de energía en un 99%, lo que equivale a 27 dB (Gallego, 1992).

La fisiología del oído medio es particularmente la de acoplar las impedancias de las interfaces a través de dos mecanismos: el primero, y más importante, es la diferencia de superficie entre la MT (64.3 mm^2) y la platina del estribo (3.2 mm^2), por lo tanto, la superficie vibrátil o efectiva de la MT es 17 veces mayor que la de la platina, por lo tanto la energía que llega a la membrana timpánica se refuerza con igual frecuencia al reflejarse sobre la superficie menor de la platina (Ariza y Rivas, 2007), y el segundo es un mecanismo de palanca, dado por la diferencia de longitud entre el mango del martillo y la apófisis larga del yunque, lo que se origina por un eje de rotación de estos primeros huesos timpánicos permitiendo una amplificación de 1.3 veces. Ambos mecanismos evitan la pérdida de energía de alrededor de 26 dB (Letelier & San Martín 2013).

Cuando se presenta alguna alteración en la membrana timpánica o en el sistema osicular, se pierde energía sonora de transmisión; en el caso de una lesión de membrana timpánica se pierden aproximadamente 30 dB, al presentarse ausencia de huesecillos, la energía llega desfasada a la ventana oval y redonda (juego de ventanas), pues al llegar al mismo tiempo no se producirá un movimiento de los líquidos del oído interno, impidiendo la vibración del órgano de Corti y se pierde más de 30 dB, si la MT está intacta. Si la pérdida es mayor, significa que existe lesión en oído interno (Letelier & San Martín, 2013) y (Ariza y Rivas, 2007).

Lo anterior se aplica cuando la onda sonora es débil, pero, cuando esta es muy alta, ocurre otra función del oído medio que es la de protección, mediante el reflejo estapedial, donde los músculos del oído medio, se contraen, ponen más resistente a la cadena osicular y así protegen a las células ciliadas de unos estímulos muy fuertes. El reflejo se desencadena por estímulos auditivos intensos superiores a 75 dB (Salesa et al 2005).

La Trompa de Eustaquio tiene varias funciones, una es la de mantener la presión atmosférica dentro del oído medio (función de ventilación). Por este mecanismo, se compensa la capacidad de absorción de gases de la mucosa del oído medio, lo que impide una probable retracción de la MT, y que se presente una disminución de la función auditiva. Otras de las funciones son: eliminar secreciones, impedir la entrada de estas al oído medio y la protección ante sonidos fuertes. Normalmente la trompa está cerrada pero, cuando se deglute o bosteza, el músculo periestafilino interno (elevador del paladar blando) permite su apertura (Letelier & San Martín, 2013).

Ariza y Rivas (2007) mencionan que el oído interno es el órgano en el que la onda sonora hace vibrar la platina del estribo hasta que el mensaje es convertido en impulso nervioso y ocurren los siguientes fenómenos:

- Vibración del sistema tímpano-osicular
- Acción hidrodinámica
- Movimiento de la membrana basilar
- Fenómenos electroquímicos
- Actividad eléctrica de la cóclea
- Potencial de acción del VIII par

Cuando se mueve la cadena osicular, la platina del estribo desplaza con su movimiento la perilinfa; como los líquidos no son comprensibles, al empujar la platina, la membrana de la ventana redonda (tímpano secundario el cual es el punto elástico del sistema que permitirá la vibración) se moverá en sentido inverso. La onda sonora por movimiento mecánico ingresa en la rampa vestibular, para salir por la ventana redonda y ser transmitida al ductus coclear y de ahí a la rampa media; al entrar en vibración la membrana basilar la endolinfa es movida al mismo tiempo sin necesidad de que llegue al helicotrema.

Al moverse la perilinfa, se inicia una onda denominada *viajera*, que tiene su máximo desplazamiento en un determinado punto dependiendo de la frecuencia del estímulo. La onda viajera, a medida que progresa en el tiempo, sufre cierto desfaseamiento, pero su punto de desarrollo en cada vibración es muy preciso para cada frecuencia. Las más agudas se extinguen antes y solo las graves llegan al helicotrema (Ariza y Rivas, 2007).

El mayor desplazamiento indica un movimiento de la membrana basilar que sostiene al órgano de Corti, cuyo objetivo es desplazar los cilios de las CCE, las cuales se estimulan a diferente intensidad; a baja intensidad, las células ciliadas externas, a mayor intensidad las células externas en mayor número y las internas solo a intensidades superiores. Para Salesa et al (2005), estas células acercan la membrana tectoria sobre la CCI lo que propicia la despolarización. El movimiento de los cilios, al inclinarse hacia la estría vascular, estimula la apertura de los canales de potasio, que al entrar a la célula, provocan su despolarización.

La activación de los canales de calcio y, por ende, la liberación de neurotransmisores al espacio sináptico (mediado por el glutamato), estimula la despolarización de las dendritas del nervio coclear, trasladando el estímulo a la vía auditiva. Este proceso se denomina transducción y es el último proceso mecánico de la audición, cuando ocurre el cambio de un impulso mecánico en un impulso eléctrico.

1.5 Vía auditiva

El sistema de recepción auditivo periférico se encarga de descomponer los sonidos complejos en frecuencias simples, para elaborar una información que en forma de mensaje neural se transmita al Sistema Nervioso Central (SNC). A través de la vía auditiva, el mensaje llega a la corteza auditiva en la que se realiza el análisis final del mismo. Esta vía contiene una serie organizada de núcleos de neuronas, situadas en el tronco cerebral y el tálamo, que terminan en la corteza cerebral del lóbulo temporal. Se visualizan entonces dos vías: la vía auditiva ascendente (aférente), y la vía auditiva descendente (eferente) (Salesa et al, 2005).

La vía auditiva ascendente es un complicado sistema de filtros, donde se analizan y se comparan sistemas que se encargan de extraer al máximo información de los mensajes neurales que se inician en el sistema receptor auditivo (Salesa et al 2005).

El sistema está formado por las neuronas de primer orden correspondientes a las células del ganglio espiral de Corti, de aquí emergen en prolongaciones que se distribuyen, por un lado, en las células ciliadas y por el otro se unen con otras formando el nervio coclear. Este nervio se ubica en el CAI, e ingresa a nivel del ángulo pontocerebeloso en la región bulbo protuberancial donde se divide en dos troncos; unas se dirigen al núcleo coclear ventral y otras al dorsal.

Respecto a las neuronas de segundo orden, los cuerpos celulares están en los núcleos cocleares dorsal y ventral. El contingente ventral de las fibras que salen del núcleo ventral llega al complejo olivar homolateral por el cuerpo trapezoide, el contingente dorsal de fibras sale del núcleo coclear ventral y llega al complejo olivar

contralateral. Las fibras del núcleo coclear dorsal llegan en forma directa a los núcleos del lemnisco lateral y también al colículo inferior contralateral por la estría acústica dorsal. Las fibras del complejo olivar ascienden por el lemnisco lateral y se proyectan sobre los núcleos de este último y al colículo inferior de ambos lados (Gallego, 1992).

En las neuronas de tercer orden, los cuerpos celulares se encuentran en el colículo inferior, tienen axones que pasan a través del brazo de este colículo hacia el cuerpo geniculado medial, porción dorsal del tálamo.

Para las neuronas de cuarto orden, los cuerpos celulares se encuentran en el cuerpo geniculado medial, ingresan a través de las radiaciones auditivas geniculo-corticales hacia el área primaria auditiva de la corteza, giro transversal de Heschl, áreas 41 y 42 (Gallego, 1992).

La vía auditiva inicialmente está formada por las dendritas cuya información parte de las células ciliadas del órgano de Corti (Gallego, 1992). A nivel central estas neuronas convergen y constituyen la porción coclear del VIII par craneano. Cuando ingresan al tronco cerebral por el ángulo pontocerebeloso, las fibras se divergen y terminan en los núcleos cocleares ventral y dorsal del mismo lado. En los núcleos cocleares cada fibra aferente hace sinapsis con varios tipos de neuronas. Las fibras y sus contactos sinápticos emergen en forma ordenada lo que origina mapas tonotópicamente organizados, de tal forma que la representación de las bajas frecuencias se localiza lateralmente y las de altas frecuencias medialmente.

Las fibras que salen del núcleo coclear posterior y algunas del núcleo coclear anterior se dirigen por detrás del cuerpo restiforme, formando la estría acústica posterior y se decusan para unirse al lemnisco lateral contralateral. Una de las principales eferencias del núcleo coclear posterior la forman fibras de proyección y terminan en el colículo inferior contralateral.

Las fibras que se originan del núcleo coclear anterior en su mayoría, van por delante del cuerpo restiforme constituyendo el cuerpo

trapezoide. El núcleo coclear anterior tiene neuronas eferentes con características anatómicas y fisiológicas específicas que se dirigen por el cuerpo trapezoide y son el origen central de los canales que conforman información binaural, útil en la localización del sonido. Las neuronas en el núcleo anterior responden a los cambios en los niveles de presión del sonido y su información monoaural es directa hacia el colículo inferior contralateral. En la parte posterior del núcleo coclear anterior se localizan neuronas con dendritas prolongadas y menos ramificadas que integran información aferente coclear. Los axones de estas neuronas hacen sinapsis en el núcleo del lemnisco lateral contralateral, proyectándose al colículo inferior.

El Complejo Olivar Superior (COS) es el núcleo del tronco cerebral en el que la información de ambos oídos confluye. Es un proceso binaural esencial para la localización del sonido y la formación del mapa neuronal del hemicampo auditivo contralateral. El cuerpo trapezoide es un fascículo de fibras mielinizadas, que se originan en el núcleo coclear ventral y cursa ventral al núcleo olivar superior, un grupo de sus fibras terminan en el complejo olivar superior y el otro asciende por el lemnisco lateral contralaterales. En el COS se continúa manteniendo la organización tonotópica, en la que las neuronas relacionadas con los sonidos de alta frecuencia se localizan dorsales y las de baja frecuencia ventrales. Las señales que se originan en el núcleo coclear anterior contralateral al COS llegan muy cercanas en tiempo de aquellas que provienen del núcleo coclear ipsilateral; este mecanismo permite al COS computar la diferencia del tiempo interaural, lo que constituye la base de la localización del sonido. Del COS se originan fibras que ascienden por el lemnisco lateral ipsilateral y terminan en el núcleo central del colículo inferior (Osuna & Rubiano, 2017, p. 66)

Por el lemnisco lateral transcurren fibras que provienen de los núcleos cocleares, del COS y de los núcleos del lemnisco lateral. El núcleo anterior del lemnisco lateral está formado por neuronas distribuidas a lo largo de todo este; estas neuronas se proyectan al colículo inferior, completando la vía indirecta monoaural.

El núcleo dorsal del lemnisco lateral se localiza cercano al colículo inferior entremezclado con las fibras de este. Dicho núcleo recibe

información principalmente del COS y de él se originan fibras que se cruzan a través de la comisura tegmental posterior y terminan en el colículo inferior contralateral (Osuna & Rubiano, 2017, p. 66-67).

La mayoría de las vías ascendentes auditivas terminan en el colículo inferior. El núcleo central se encuentra en una base formada por fibras del lemnisco lateral. El núcleo central integra información originada de varias fuentes del mesencéfalo y envía fibras a la porción ventral o anterior del cuerpo geniculado medial (interno), tonotópicamente organizadas. Las neuronas del núcleo central reaccionan a estímulos de cada oído, de tal manera que las neuronas binaurales del colículo inferior son semejantes a las binaurales del COS, del que reciben mucha información. Las células en el núcleo paracentral reciben información de la corteza cerebral, el cordón espinal y el colículo superior. A partir de este núcleo, la información va al cuerpo geniculado medial, el colículo superior, la formación reticular y los núcleos precerebelosos (pónticos). Los núcleos paracentrales tienen relación con funciones de atención, integración múltiple y reflejos motores auditivos.

La porción anterior del cuerpo geniculado medial recibe aferencias que se originan del núcleo central del colículo inferior y manda proyecciones hacia la corteza auditiva primaria. La porción posterior recibe información de los núcleos paracentrales y proyecta fibras a la corteza auditiva secundaria. La porción medial proyecta fibras a las regiones de asociación temporal y parietal y al complejo amigdalino, el putamen y el globo pálido. La corteza auditiva primaria localizada en la parte posterior de la primera circunvolución temporal, se conoce como el giro de Heschl.

Los fascículos formados por las proyecciones descendentes proveen circuitos que modulan los procesos de información ascendentes. El cuerpo geniculado medial y el colículo inferior recibe fibras de la corteza auditiva; del colículo inferior se desprenden prolongaciones que terminan en la región periolivar del COS y a su vez dirige información eferente hacia la cóclea ipsi y contralateral mediante el haz olivo coclear.

Las fibras ipsilaterales se dirigen hacia las células ciliadas internas en las que hacen sinapsis con las neuronas aferentes y las contralaterales terminan en las células ciliadas externas. Las conexiones eferentes originan cambios en la altura de las células ciliadas y en la rigidez de los estereocilios. Estos cambios permiten la motilidad de la membrana basilar e influyen sobre la función coclear (Osuna & Rubiano, 2017).

Referencias

Ariza, H. y Rivas J.A. (2007). *Tratado de Otología y Audiología: diagnóstico y tratamiento médico-quirúrgico*. Segunda edición. Bogotá: Amolca.

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). *Audiología, visión de hoy*. Manizales: Litografía Cafetera.

Letelier, J. C & San Martín, J. S (2013). Anatomía y Fisiología del Oído. Chile: Universidad Católica de Chile. Escuela de Medicina Otorrinolaringología. Disponible en <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/otorrino/apuntes-2013/Anatomia-fisiologia-oido.pdf>. Consultado noviembre 2015

Osuna, D.E., & Rubiano, D.A. (2017). *Guía de Neuroanatomía Estructural y Funcional*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia

Salesa, E., Perelló, E. y Bonavida, A. (2005). *Tratado de Audiología*. Barcelona, España: Masson.

Capítulo 2

Psicoacústica

José Luis Castaño Bernal
jose.castano00@usc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-0001-8636>

Cita este capítulo

Castaño Bernal, J. L. (2018). Psicoacústica. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 27-46). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 2

Psicoacústica

José Luis Castaño Bernal

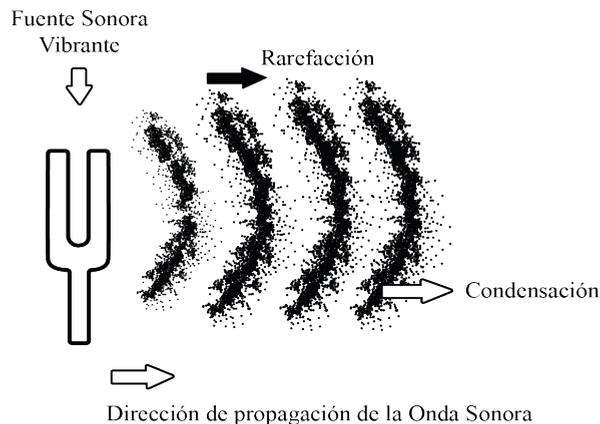
Este capítulo introduce el concepto de psicoacústica, su fenomenología y principios básicos. Se describen fenómenos tales como sonoridad, intensidad, tono y relaciones básicas con la percepción sensorial.

1. Conceptos básicos.

¿Qué es una Onda Sonora?

Imaginemos un sistema que vibra (un altavoz, un diapasón, la cuerda de una guitarra, la membrana de un tambor, la voz humana, etc.) que denominaremos *fente sonora*. Esta vibración provoca una interacción entre el aire que circunda con el sistema vibrante que transfiere al aire energía mecánica. Esta interfaz entre la fente sonora y el medio provoca que el aire cambie su presión muy brevemente y se genere una perturbación que se transfiere por choques sucesivos de unas moléculas de aire con otras. A este fenómeno lo denominaremos *onda sonora*.

Figura 1. Esquema de propagación de una onda sonora donde se destacan las zonas de bajas presiones (rarefacciones) y las zonas de altas presiones (condensaciones).



Fuente: Castaño, 2018

De tal manera que *el sonido* puede describirse como las fluctuaciones de la presión (compresión y rarefacción) del aire a partir de la vibración mecánica de cualquier tipo de fuente sonora (ver Figura 1). La sensación de sonido sólo será audible si se guardan ciertas condiciones tales como unos rangos específicos de amplitud y de frecuencia. Si por ejemplo el sonido propagado tiene una amplitud baja, no será audible. Por el contrario, si la onda sonora tiene una alta amplitud (como las turbinas de un avión o un cohete), la sensación será de dolor. Por otro lado, si una frecuencia es baja (infrasonido) o muy alta (ultrasonido), no podrá ser detectada por el oído humano. Por lo que la zona donde puede ser detectada una onda sonora se denomina *rango audible*.

La frecuencia más alta audible es altamente dependiente de la edad. Niños pequeños pueden escuchar frecuencias más altas que las que podría detectar un adulto, sin embargo, a medida que se avanza en edad, estas frecuencias caen hasta cerca de los 15 kHz (Rossing, 2007). La pérdida de sensibilidad se incrementa con la edad (presbiacusia) que empieza a notarse más en frecuencias altas que en bajas.

Entonces resumiendo, una onda sonora audible requiere tres elementos fundamentales para ser detectada: el primero es una fuente sonora vibrante; el segundo un medio por el cual se propague la onda sonora¹; y tercero un receptor como el oído. Este último es un sensor bastante sensible: tiene la capacidad de separar y distinguir frecuencias de manera muy nítida y puede detectar amplitudes muy pequeñas.

¿Qué es la psicoacústica?

La psicofísica describe los estímulos físicos y su relación con nuestros sentidos. En el caso de la percepción del sonido, esta área se denomina *Psicoacústica*. Podemos definir la psicoacústica como la relación que une

¹.En nuestro caso siempre trabajaremos en aire, pero una onda puede propagarse por cualquier medio elástico.

². Se advierte aquí el uso de la palabra *volumen*. En física, volumen es la extensión en tres dimensiones de un cuerpo en una región del espacio. Por lo que se evitará el uso de esta palabra y se usará la palabra **intensidad**, siendo esta mucho más adecuada y precisa para el fenómeno psicoacústico.

la acústica y la psicología, de tal modo que su campo de estudio se orienta al estudio de los fenómenos acústicos y su unión con las sensaciones auditivas. Por lo que la psicoacústica requiere que las relaciones causales entre el estímulo físico entrante y su respuesta psicológica sean establecidas a partir de experimentos (Roederer, 1997), como en el caso de la percepción de cuan “agudo” o “grave” podría ser un sonido particular para una persona, que será discutido más adelante.

En el caso acústico, si se estableciera una relación entre un estímulo acústico y su respuesta sensorial directa (es decir uno a uno), se podrían cuantificar las características del estímulo acústico sin necesidad de intervenir la respuesta sensorial. Lo que implicaría que cualquier cambio en la magnitud del estímulo resultaría en un cambio con la misma magnitud en su percepción (Gelfand, 2010). Sin embargo sabemos que esto no es cierto. Por ejemplo, al subir el tono puro (frecuencia definida) de un sonido, notaremos que se incrementa su intensidad o “volumen”²² (sonoridad) sin haber subido la potencia acústica de la fuente.

De tal manera que, en el caso de la audiolología es importante destacar que la percepción sonora de algún parámetro acústico es dependiente del sujeto al cual se le hace una prueba audiológica. Esto es clave para cualquier tipo de prueba de evaluación auditiva en individuos.

2- Ley de Weber-Fechner.

Los fenómenos de la audición están regidos por la Ley psicofísica de Weber-Fechner, que se resume en el siguiente enunciado: la sensación crece en progresión aritmética y la excitación crece en progresión geométrica (la sensación crece como el logaritmo de la excitación medido en unidad física) (Roederer, 1997).

Un ejemplo de esta Ley que cuantifica el cambio de percepción consiste en tomar la luz de una lámpara y compararla con dos lámparas. Claramente la sensación de luminosidad en el ojo cambiará. Pero, si se tienen 100 lámparas, no se notará el cambio a 101 o 99 lámparas. La percepción de cambio se dará al tener 200 lámparas. Análogamente, al tener una flauta siendo soplada en la nota do a la que se le sobrepone otra flauta con la nota

fa, será percibida la diferencia de notas. Sin embargo, si una flauta toca una nota do y 100 flautas tocan otra muy distinta, la percepción sensorial no permitirá distinguir la nota de esta única flauta.

Así, para entender mejor los cambios en la sensación auditiva en frecuencia (o tono) e intensidad, se describirán a continuación ambas con sus diferentes implicaciones perceptuales.

3- Frecuencia y tono.

Físicamente, la frecuencia representa el número de ciclos, vueltas, oscilaciones vibratorias repetidos en un intervalo de tiempo. Para el caso específico de la Psicoacústica, la frecuencia dará la sensación de “agudos” o “graves” en una onda sonora particular. En el momento que se discute si la frecuencia percibida es más alta o baja que otra *por el oído*, la percepción de la frecuencia se denomina *tono*.

La unidad física de la frecuencia es el ciclo o período por segundo o Hertz (Hz). En una persona normal, los rangos de audición se encuentran entre 16 Hz y 16 000 Hz. Sin embargo, estos rangos dependen de factores como la edad, la fisiología del oído y la percepción musical individual entre otros.

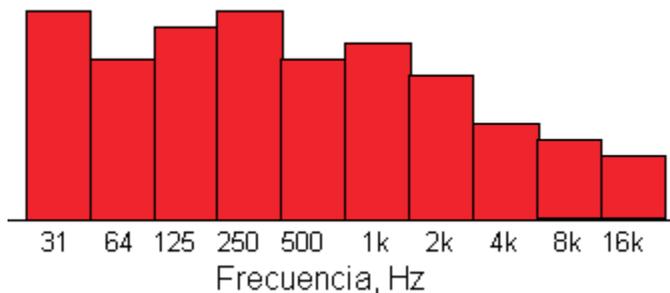
Adicionalmente, definamos el término *octava*. Este se utiliza para designar un intervalo de frecuencias comprendido entre una determinada y otra igual al doble de la anterior. Se llama así porque la escala musical es de siete notas y la siguiente, es decir, la octava, tiene la frecuencia igual al doble de la primera. Ejemplo: la frecuencia de la nota la es de 440 Hz. Las frecuencias de 880 Hz y 1760 Hz también corresponden a la nota la pero en octavas superiores.

Ahora bien, al tener un tono determinado y, se dobla su frecuencia (es decir que se aumenta una octava), la región de resonancia en la membrana basilar se mantiene constante (alrededor de 3.5 ± 0.3 mm). Por este motivo, al multiplicar la frecuencia por un factor determinado, por ejemplo, pasar de 440 Hz a 880 Hz la zona de resonancia se mantendrá trasladándose cierta distancia constante.

Por esta razón, la unidad audiométrica conveniente es la *octava*. De tal manera que la octava está relacionada con el ciclo/segundo por una relación logarítmica: se puede decir, en efecto, que la sensación de altura crece como el logaritmo (de base 2) de la frecuencia.

Ahora bien, el grupo de frecuencias audibles se ha dividido en diez bandas o segmentos de frecuencias. La frecuencia central de cada banda es el doble de la frecuencia central de la banda inmediatamente anterior (se denominan también bandas de octavas de frecuencia), y la frecuencia superior de cada banda es el doble de la frecuencia inferior. Las bandas de octavas se definen por su frecuencia central son: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16 000 (ver Figura 2).

Figura 2. Espectro típico por bandas de frecuencias en octavas.



Fuente: Castaño, 2018.

Ahora bien, ¿cómo un individuo discrimina y ordena dos tonos diferentes con la misma intensidad? Es claro que, si la diferencia entre las frecuencias es muy pequeña, la sensación de ambos tonos será igual. El rango de sensibilidad de percepción en el cambio en la frecuencia depende de la duración del tono, la intensidad y de la frecuencia. Además de variar de individuo a individuo, es dependiente de la preparación musical y del método de medición empleado (Roederer, 1997).

4- Intensidad y sonoridad.

Antes de introducir el concepto de intensidad, discutamos previamente el concepto de presión. Sabemos que una fuerza puede generar la deformación de un cuerpo cualquiera y para demostrar esto tomaremos el siguiente ejemplo. Tomemos un globo que presionaremos con un dedo y con la palma de la mano. Al presionar con un dedo, la presión sobre el dedo será completamente diferente a hacerlo con la palma de la mano, ya que la fuerza que ejercemos es dependiente del área donde hacemos la fuerza y el globo se deformará más o menos dependiendo del área elegida. Podemos decir entonces que:

$$Pr = \frac{F}{A}$$

donde Pr es la presión ejercida con una fuerza F aplicada a un área A determinada. Sus unidades físicas serán Newton [N] para la fuerza, metros cuadrados [m²] y la presión se dará en Pascales [Pa].

El concepto de presión es muy importante para entender las ondas sonoras. Si una onda sonora genera cambios en la presión, a partir de las rarefacciones y las condensaciones en el aire, estos cambios serán detectados por el oído. Específicamente al llegar al tímpano (membrana altamente sensible a los cambios de presión) transformará los cambios de presión en movimientos mecánicos transportados por los huesecillos (martillo, yunque y estribo) hasta la cóclea. El proceso de transformar los cambios de presión hasta el movimiento mecánico en el tímpano y pasarlo a la cóclea requiere *energía*. Cualquier sistema gasta su energía en un tiempo determinado, de tal manera que es posible determinar qué tan *rápido* es el gasto de la energía en un tiempo determinado. Esta razón de cambio entre la energía y el tiempo se denomina *potencia*. Siendo:

$$Pt = \frac{E}{t}$$

donde E es la energía dada en Joules [J], t es el tiempo en segundos [s] y la potencia tiene unidades de Watts [W]. Con el fin de dar a entender los gastos de energía mírese la Tabla 1; en ella se muestran algunos ejemplos de la potencia usada en cada caso. Es interesante destacar la potencia del

grito humano (de 1 mW, léase “un mili Watt”). Si se uniera la población de Bogotá y se le pidiera un grito al unísono, se daría una potencia completa promedio entre 60 y 80 W, ¡apenas para encender una bombilla!

Tabla 2. Ejemplos de potencia suministrada en diversas situaciones.

Ejemplo	Potencia
Subir un piso corriendo por escaleras	~320 W
Bombillo de filamento	40-200 W
Carro a máxima velocidad	~130 W
Trompeta a máximo soplido	~ 6 W
Grito humano	~10 ⁻³ W

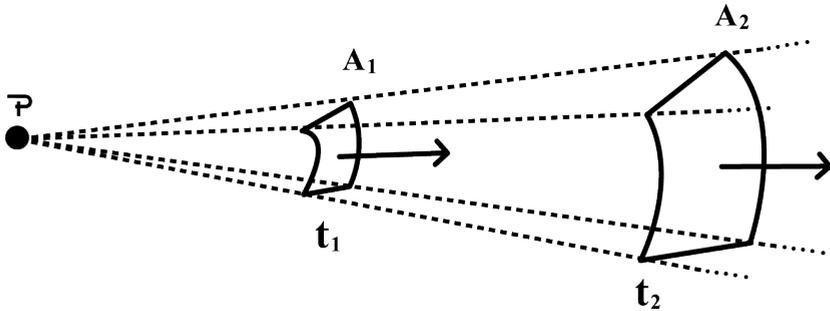
Fuente: Seeber (2016)

Ahora, introduzcamos un concepto complementario a la potencia denominado *intensidad* o flujo de energía. Se define como la cantidad de energía transferida por unidad de tiempo y por unidad de área. En el caso específico de una onda sonora, esta propaga una energía que fluye en un segundo a través de una unidad de área (ver Figura 3). Esto es equivalente a tomar la potencia Pt y dividirla por el área A :

$$I = \frac{Pt}{A}$$

donde la intensidad I se da en [W/m²]. El Gráfico 2 muestra la manera en que puede fluir la energía desde una fuente sonora ubicada en P y que cambia en el tiempo inicial t_1 con área A_1 a otro tiempo t_2 con área A_2 . En general una fuente sonora transmite ondas sonoras en todas direcciones y la cantidad de energía que fluye depende de la dirección de propagación considerada.

Figura 3. Flujo de energía sonora de una fuente cualquiera.



Fuente: Castaño, 2018.

Nótese la Tabla 3, donde se comparan intensidades en diferentes situaciones en el habla humana. Si se toma como ejemplo el habla humana, la intensidad de un susurro es mucho menor que la intensidad de un grito. Desde el momento en que se cierran los labios para susurrar, el área y la presión ejercida sobre las cuerdas vocales es mucho menor que para un grito donde la apertura de la boca y la fuerza para gritar será mayor.

Tabla 3. Gama de intensidades del habla y su respectiva intensidad. (Elejalde, 2003)

Tipos de habla	Intensidad [W/m^2]
Nivel mínimo voz humana	10^{-10}
Mujer conversando en voz baja	3.16×10^{-10}
Hombre conversando en voz baja	10^{-9}
Mujer conversando normalmente	10^{-7}
Hombre conversando normalmente	3.16×10^{-7}
Mujer hablando públicamente	10^{-6}
Hombre hablando públicamente	3.16×10^{-6}
Mujer hablando en ambiente ruidoso	10^{-5}
Mujer hablando en ambiente ruidoso	3.16×10^{-5}

Mujer cantando	10^{-4}
Hombre cantando	3.16×10^{-4}
Grito (Intensidad máxima de la voz)	10^{-3}

4.1 Nivel de intensidad y presión sonora

La intensidad mínima detectada por el oído humano está en 10^{-12} W/m². Mientras que el umbral de dolor se encuentra en 1 W/m². Sin embargo el rango que usa la intensidad de pasar el umbral de audición al umbral de dolor es muy grande, ya que el cambio del exponente es notable. Por lo que se usará una función logarítmica que permite describir mejor el cambio entre las intensidades tomando como referencia el umbral de audición humana. Por lo que podremos definir el nivel de intensidad sonora L_w como

$$L_w = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Donde I es la intensidad del sonido particular e $I_0=10^{-12}$ W/m² se define como la intensidad mínima detectada por un humano o umbral audible. El nivel de intensidad sonora tiene unidades de decibeles. Es importante tener presente que el decibel siempre es una medida respecto a un valor de referencia por lo que, en nuestro caso, se usará el umbral auditivo como patrón referencial.

Un aumento en un factor de diez veces en la intensidad I con respecto a la referencia implica un aumento de 10 unidades (10 dB) aditivas en la escala logarítmica (intensidad subjetiva). Y, al aumentar al doble (un factor de 2), la intensidad I con respecto a I_0 significa un aumento aditivo de 3 dB en la escala logarítmica ($\log_{10} 2=0.301$ B=3.01 dB)

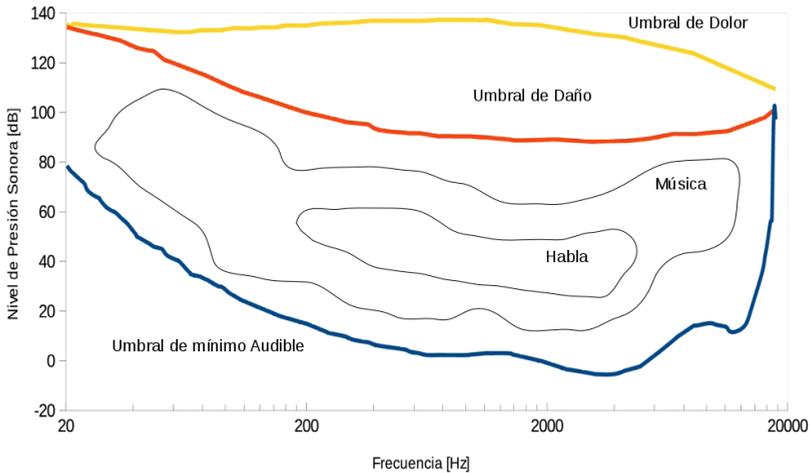
Ahora bien, las *ondas sonoras* producen un aumento de presión en el aire, por lo que otra manera de medir físicamente la amplitud sonora es en unidades de presión (Pascuales [Pa]). Entonces puede definirse el *nivel de presión sonora*, L_p , como:

$$L_w = 10 \log \frac{P_1^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P_1}{20 \times 10^{-6} \text{ Pa}}$$

En donde P_i es la presión del sonido a estudiar, y P_o es el valor de referencia que, para sonido en el aire es igual a 20×10^{-6} Pa ($20 \mu\text{Pa}$). Este valor de referencia se aproxima al umbral de audición en el aire (Schuler, 1994).

En la Figura 4 se dan algunos rangos de referencia para la música y el habla. Se ubican los umbrales de mínima audición, daño y dolor en función del nivel de presión sonora. Nótese en la línea del umbral audible el cambio de nivel de presión sonora con la frecuencia. A frecuencias medias (entre 600 Hz y 2000 Hz), el oído no requiere de mucha intensidad sonora para escuchar este campo de frecuencias, comparado con la zona entre los 20 Hz y los 40 Hz, donde la intensidad es más alta. Se destaca que el habla se encuentra entre 200 Hz y 2200 Hz

Figura 4. Rango audible donde se muestran los rangos de frecuencias y nivel de presión sonora audible para el habla humana, la música y los umbrales de dolor, daño y dolor.



Fuente: Seeber, 2016

A continuación, en la Tabla 3 se muestran algunos rangos de valores para la presión sonora con una descripción aproximada de la sensación audible experimentada. Algunas comparaciones pueden variar con dependencia del lugar y de las normativas ambientales; sin embargo los umbrales de presión audible y de dolor son completamente independientes del lugar y varían de persona a persona.

Tabla 4. Descripción comparativa de algunos niveles de presión sonora junto con su presión sonora.

Presión Sonora [Pa]	Nivel de Presión Sonora [dB]	Descripción
2×10^{-5}	0	Umbral audible
2×10^{-4}	20	Habitación silenciosa en la madrugada
2×10^{-3}	40	Biblioteca
2×10^{-2}	60	Ruido de oficina/ conversación normal
2×10^{-1}	80	Calle congestionada de una ciudad
2×10^0	100	Sirena de una ambulancia/ Martillo hidráulico
2×10^1	120	Turbina de Avión
2×10^2	140	Umbral de Dolor

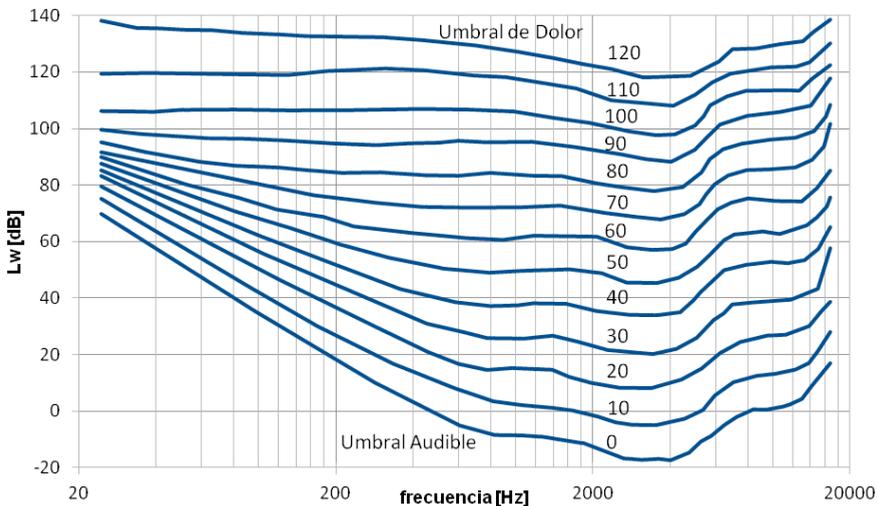
Para las aplicaciones acústicas, se asigna el valor de 0 dB al *umbral de audición* del ser humano que, como hemos enunciado anteriormente, se estima a una presión de 20 *micro pascales* (μPa), algo así como un cambio de la presión atmosférica normal de 1/5.000.000.000. Aun así, el verdadero umbral de audición varía entre distintas personas y para una misma persona y, claramente, depende de la *frecuencia* del sonido (ver Figura 4). Además, se considera el *umbral del dolor* para el ser humano a partir de 140 dB.

4.2 Sonoridad.

La figura 5 muestra los cambios en los niveles de intensidad respecto al cambio en tonos simples. Claramente los niveles de intensidad cambian respecto a la frecuencia escuchada, por lo que se escuchará con mayor intensidad una frecuencia que otra. Nótese el caso de la línea de 70 dB (que sería el caso del nivel de intensidad sonora de una conversación en una fiesta) a 2000 Hz; sin embargo, para una frecuencia de 40 Hz, la frecuencia apenas sería audible.

La gráfica de la Figura 5 muestra que, a medida que la frecuencia baja, el oído se vuelve mucho menos sensible y requiere una intensidad sonora mayor para ser escuchada. Mientras que para frecuencias entre 2kHz y 3kHz el oído es altamente sensible debido a las características de resonancia del canal auditivo y de los huesecillos (Roederer, 1997). De lo anterior entonces podemos definir la *sonoridad* como la capacidad de cada individuo de ordenar la intensidad sonora de la más alta a la más baja o viceversa. La sonoridad es dependiente no sólo de la frecuencia, sino de la duración del tono (la gráfica de la Figura 5 fue realizada con tonos continuos), del individuo, del enmascaramiento con otros tonos o ruidos, entre otros.

Figura 5. Diagrama de Fletcher y Munson que destaca los niveles de intensidad sonora y su cambio con la frecuencia aplicada entre los umbrales de dolor y audible.



Fuente: Fletcher H. y Munson, 1933.

Audiogramas y medidas de nivel de presión sonora.

En un audiograma se parte de una “línea cero”, es decir, del umbral de audición humana promedio: dB HL o bien la referencia se hace respecto del umbral individual de la persona evaluada para cada frecuencia correspondiente: sensación de audición = dB SL. En la clínica, la regulación del volumen o intensidad se realiza desde lo inaudible hasta el límite del volumen alcanzable por el audiómetro.

Como se mencionó anteriormente, el valor de la presión acústica de base (P_0) constituye la magnitud de referencia para todas las frecuencias y corresponde al “cero dB” absoluto. En la práctica audiométrica es interesante considerar la pérdida auditiva en decibeles por relación con el umbral auditivo de un sujeto normal tomado como nivel de referencia. El valor de la presión acústica necesaria para obtener el umbral para una frecuencia dada corresponde al “cero dB relativo” o dB de pérdida y es variable según sea la frecuencia del sonido. Para las frecuencias graves y más agudas, la sensibilidad del oído es mucho menor que para las frecuencias medias o del lenguaje y la presión acústica que será necesaria entonces desarrollar para alcanzar el umbral de una persona normal estará mucho más elevada. El cero relativo sólo coincide con el cero absoluto en la frecuencia de 1000 Hz.

Si una persona presenta en una determinada frecuencia una pérdida auditiva, es decir, una elevación de su umbral, la presión acústica P_2 necesaria para obtener este umbral será superior a la presión P_1 correspondiente al umbral de la persona normal. La pérdida auditiva estará definida por:

$$n = \log \frac{P_2}{P_1}$$

siendo n la pérdida auditiva en decibeles.

4.3 Campo auditivo normal

Si se estimula con un sonido de una determinada frecuencia (ejemplo 2kHz o 4kHz) con una intensidad creciente a partir de cero absoluto (ejemplo 0 dB, 5 dB, 10 dB), llega un momento en que la persona empieza a percibir el sonido. Este momento se define como “umbral de audición” o “umbral de audibilidad mínima”. Si se sigue aumentando la intensidad del sonido, se llega al momento en que la persona manifiesta molestia e incluso dolor por el estímulo. A esto se le denomina “umbral de molestia” o “umbral de audibilidad máximo”.

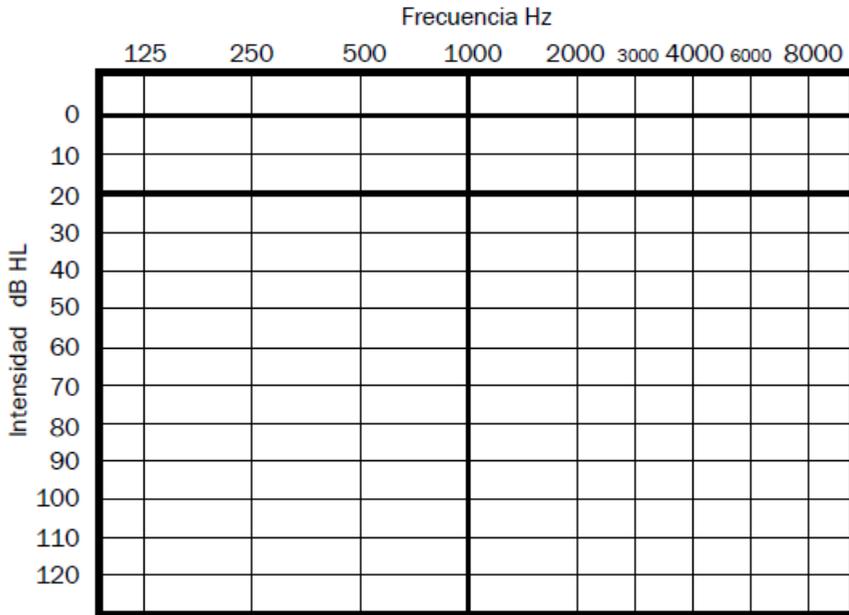
La zona conversacional la constituye la gama de frecuencias emitida en el momento de un sonido enunciado como palabra. Esta palabra humana está constituida por múltiples ruidos, unión de diversos sonidos puros transitorios de determinada frecuencia (unión de consonantes, vocales, sinfonías, etc.). Esta zona conversacional coincide con la zona hipersensible del campo auditivo y se extiende desde alrededor de la frecuencia de 250 hasta la frecuencia de 4000 Hz (ver Figura 4), con un máximo de utilización de las frecuencias medias 1000 y 2000 Hz. En cuanto a la intensidad, la palabra es emitida habitualmente entre 30 y 70 dB (35 dB con voz débil, 55 dB con voz normal y 70 dB con voz alta).

En la clínica o en el caso de una persona con patología auditiva, se puede utilizar la gráfica de base para transcribir los resultados, para comparar la curva de umbral auditivo obtenido con la curva de umbral mínimo normal. Sin embargo, esta gráfica es difícil de leer y no permite juzgar a simple vista una pérdida auditiva. Ésta es la causa por la cual se toman las gráficas clínicas en forma de pérdida de audición en relación con el umbral normal; es decir, con relación a un cero diferente para cada frecuencia evaluada: “el cero relativo”.

El eje de abscisas está graduado en octavas, de la misma manera que para la gráfica de base. El eje de las ordenadas, vertical, dirigido hacia abajo y no hacia arriba y está medido en dB en relación con el umbral normal, es decir, una pérdida de audición. El valor obtenido a nivel del umbral de audición de la persona en cada frecuencia evaluada no es la intensidad en relación con el cero dB absoluto, sino la diferencia entre esta intensidad y el umbral normal: la pérdida auditiva en dB.

La ventaja de la gráfica clínica es permitir rápidamente y sin ningún esfuerzo, la determinación de las zonas (graves, medias y agudas) de deficiencia auditiva particular de las personas evaluadas, así como determinar el Promedio de los Tonos Audibles (PTA) o Promedio de Tonos Percibidos (PTP) entre 500, 1000, 2000 y 3000 Hz que corresponden a la zona del lenguaje.

Figura 6. Audiograma



Fuente: Leyton, 2006.

En la práctica clínica se evalúan las frecuencias de 250 Hz a 8kHz. En casos de pérdida de audición congénita y para determinar si hay restos auditivos, se evalúa la frecuencia de 125 Hz. Desde el punto de vista de la intensidad, los audiómetros permiten enviar estímulos hasta de 110 o 120 dB en relación con cero de la gráfica clínica, sólo en la frecuencia de 1000 Hz. Para las demás frecuencias el nivel de salida del estímulo es menor.

En casos solicitados por los médicos otólogos, especialmente en estudios de acúfenos o tinnitus, se evalúa hasta la frecuencia de 16 kHz (audiometría extendida), para lo cual se requiere de un audiómetro clínico que lo permita y un juego de auriculares para evaluar frecuencias altas.

Referencias.

- Beranek, L. (1954). *Acústica* (2a Edición). McGraw Hill Book Company.
- Damaske, P. (2008). *Acoustics and Hearing*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Elejalde García, M. J. Franco García, A., Janariz Larumbe, J., Macho Stadler E. (2003). *Curso Básico de Acústica. La Voz Humana*. Universidad del País Vasco. España. <http://www.ehu.es/acustica/espanol/musica/vohues/vohues.html>
- Fahy, F., & Walker, J. (2004). *Advanced Applications in Acoustics, Noise and Vibration*. New York: Taylor & Francis Group.
- Fant, G. (2004). *Text, Speech and Language Technology* (1a edición). Dordrecht: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fletcher H. y Munson, W. A. (1933) Loudness of a Complex Tone, Its Definition, Measurement and Calculation. *Journal of the Acoustical Society of America*. Volumen 5, Issue 1, p. 65.
- Gelfand, S. A. (2010). *Hearing An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics* (5a ed.). London: Informa Healthcare.
- Gerges S.N.Y & Arenas, J.P. (2010). *Fundamentos y Control del Ruido y Vibraciones*. (2a edición). NR Editora.
- Howard, D., & Angus, J. (2009). *Acoustics And Psychoacoustics* (4a edición). Oxford: Elsevier Ltd.
- Leyton, Juan. (2006). *Evaluación Audiológica Subjetiva Básica*. <https://es.scribd.com/doc/270144035/Primera-Parte-Manual-Leyton-1>
- Pisoni, D. B., & Remez, R. E. (2006). *The HandBook of Speech Perception*. (D. B. Pisoni & R. E. Remez, Eds.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Roederer, J. G. (1997). *Acústica y Psicoacústica de la Música* (1a edición). Ricordi Americana.

Rossing, T. D. (2007). Springer HandBook of Acoustics. *IEEE Industry Applications Magazine* (First, Vol. 1993). Stanford: Springer Science & Business Media.

Seeber, Bernhard. (2016) RWTHx: CA101 Communication Acoustics. Psychoacoustics. Technical University of Munich. <https://courses.edx.org/courses/course-v1:RWTHx+CA101+3T2016/>

Stach, B. A. (2010). *Clinical Audiology An Introduction* (2a edición). Detroit: Delmar, Cengage Learning.

Capítulo 3

La otoscopia

Elvia Patricia Escobar Franco
patricia.escobar00@usc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-6955-9342>

Cita este capítulo

Escobar Franco, E. P. (2018). La otoscopia. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 47-55). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 3

La otoscopia

Elvia Patricia Escobar Franco

La otoscopia es el procedimiento de primer nivel que se realiza para explorar la morfología, las características y las posibles obstrucciones del Conducto Auditivo Externo (CAE) y de la membrana timpánica, con el fin de descartar o confirmar las diferentes patologías del oído externo (Oticon University, 2008).

El examen del CAE está indicado en todos los pacientes como requisito para la realización de los diferentes procedimientos audiológicos: pruebas diagnósticas, tamizajes, manejo de conservación auditiva, toma de impresión para la elaboración de protectores auditivos o moldes para audífonos, mediciones de oído real y pruebas electrofisiológicas.

Habitualmente, se utiliza el otoscopio con fuente de luz y lentes de aumento con espéculos intercambiables. También puede hacerse utilizando el video-otoscopio que consta de una videocámara, fuente de luz fría y monitor de televisión.

El otoscopio ilumina y amplía el campo visual, aunque solo queda una mano libre para la manipulación. Los otoscopios más completos permiten retirar la lente, lo que facilita la utilización de instrumentos para la limpieza del CAE a través del espéculo y tienen la posibilidad de añadir una pera de presión para realizar la otoscopia neumática.

El video-otoscopio ofrece una magnífica visión del tímpano, aunque la superficie y la definición de la imagen dependen de la calidad del equipo. Tiene la ventaja de poder fijar, archivar e imprimir las imágenes, conectándole los periféricos adecuados, y el inconveniente de no poder utilizarlo mientras se manipula el conducto.

3.1 Observación otoscópica en los niños

Los niños muy pequeños se exploran mejor cuando están dormidos; si están despiertos, es necesario que mantengan la cabeza quieta y hay que sujetársela. El padre o la madre, sentados, sostienen al niño sobre sus muslos y le sujetan el cuerpo con un brazo apoyándolo hacia él; con el otro brazo le sujetan la cabeza, de perfil, hacia su pecho, inmovilizándolo y posibilitando así la exploración de uno de sus oídos. Una vez observado, se debe cambiar de posición para permitir la observación del otro oído.

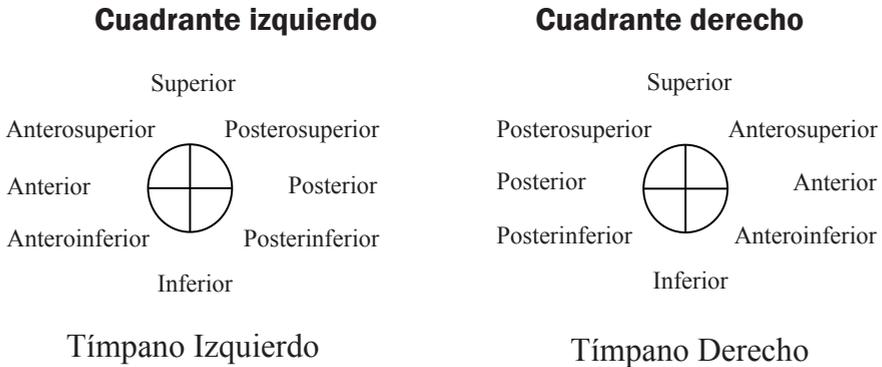
En los niños se tira suavemente del pabellón hacia afuera y hacia abajo, al contrario que en los adultos. Dada la menor longitud del CAE y la elasticidad del cartílago, el tímpano se ve con bastante facilidad y se puede hacer una exploración correcta. El tamaño del espéculo que se escoja estará en función del tamaño del canal a explorar.

3.2 Observación del tímpano

En la membrana timpánica observaremos que esté íntegra y con buena coloración y que se aprecien el triángulo luminoso, la pars flácida, el mango del martillo, el anillo fibroso, etc., según la descripción anatómica.

Si existe líquido en la caja del oído medio, sangre (se ve morado o azul), cicatrices o esclerosis (manchas blancas), revisamos en la anamnesis si se nos ha informado de la causa de dichas anomalías; de igual manera, se debe anotar si hay hallazgo de perforaciones. Para situar los hallazgos en el tímpano, cuando se realiza la descripción de los mismos, se utiliza la división por cuadrantes así:

Figura 7. División de cuadrantes para la otoscopia



Fuente: Oticon University, 2008

3.3 Errores más frecuentes

La práctica de la otoscopia es sencilla aunque requiere un cierto entrenamiento. Los errores más frecuentes se derivan de la elección inadecuada del espéculo y de la mala ubicación del otoscopio.

Las primeras otoscopias hay que realizarlas tomándonos tiempo suficiente para poder observar los máximos detalles de la membrana timpánica. Primero, ubicamos el otoscopio sin mirar a través de él, fijándonos en la posición del extremo del espéculo que debe quedar en el centro de la sección del conducto; posteriormente, pasamos ligeramente la primera curva del CAE, que habremos enderezado en lo posible tirando de la oreja como se describió.

Si miramos ahora a través del otoscopio, encontraremos el reflejo de la luz en el tímpano, introducimos un poco más el otoscopio en el CAE para observar la membrana timpánica. Efectuamos un movimiento circular del otoscopio, de forma muy suave, para ir observando la mayor superficie timpánica posible.

Los errores que se cometen cuando no se tiene experiencia consisten en introducir mucho el espéculo y ubicarlo frente a una porción de cerumen, de tal manera que se obtiene la imagen de un tapón que no es tal. También,

puede ser que se ubique mirando la pared del conducto y se confunde la piel con la superficie del tímpano, o se identifica como tal pero no se puede ver el tímpano porque la ubicación del otoscopio no lo permite. Una vez que se ha alcanzado práctica suficiente, la otoscopia se realiza en poco tiempo, sin molestias y podemos anotar en la anamnesis las observaciones hechas.

3.4 La otoscopia neumática

Se realiza con un espéculo que selle el CAE y una pera de goma para proporcionar presión en el interior del mismo. Es un procedimiento sencillo en el que se observa la movilidad de la membrana timpánica. Al aumentar de forma suave y controlada la presión de aire en el conducto auditivo externo, se produce la depresión de la membrana timpánica; debemos fijar la atención en el cambio de posición de la apófisis larga (mango) del martillo y del triángulo luminoso. Al relajar la presión, el tímpano vuelve a su posición normal. La ausencia de movimiento o si este es casi imperceptible puede deberse a problemas de oído medio.

3.5 Eliminación del cerumen del CAE

El manejo del cerumen se realiza a individuos de todas las edades que requieran la remoción de cerumen o cuerpo extraño del canal auditivo externo. Con este procedimiento se busca eliminar la obstrucción parcial o total del mismo para lograr la máxima confiabilidad en los resultados de los procedimientos mencionados, debido a que un tapón de cerumen nos impide conocer los problemas que pueda tener la membrana timpánica o la piel del conducto detrás del tapón. El fonoaudiólogo no debe realizar lavados de oído.

La otoscopia o la remoción de cerumen o cuerpo extraño tienen una duración aproximada de cinco a quince minutos. Hay varias técnicas para la limpieza del CAE:

- Inyección de agua templada
- Limpieza instrumental
- Aspiración

La extracción de cerumen o cuerpos extraños del CAE mediante la inyección de agua es la técnica más invasiva y la que puede, por tanto, causar infecciones graves en caso de que exista una perforación del tímpano. Consiste en inyectar agua con una determinada presión y una temperatura de 37°, dirigiendo el chorro de agua a la parte superior del conducto, de manera que sobrepase el tapón de cerumen y el reflujo de agua lo expulse del conducto. Debe evitarse dirigir el agua directamente hacia el tapón, ya que lo introduciría aún más.

La limpieza instrumental puede ocasionar hematomas en las paredes del conducto pero casi no tiene riesgo de producir o agravar infecciones en el oído medio. Por último, la aspiración requiere un equipamiento especial y se utiliza para extraer cuerpos extraños, líquidos, etc. Es una técnica, básicamente, clínica.

3.6 Protocolo de la otoscopia

1. Explicar al paciente en qué consiste el procedimiento.
2. Realizar una observación rápida de la oreja por su parte exterior e interior y de la parte más externa del conducto que informe de heridas, problemas en la piel, etc. Se debe estar seguro de que se puede manipular la oreja sin causar daño.
3. Explicar al paciente la exploración que se va realizar, asegurándole que no es en absoluto dolorosa, para obtener su colaboración.
4. Solicitar al paciente que gire la cabeza hacia el lado contrario del oído que se va a explorar y que mantenga esa postura, hasta que se termine la exploración de ese oído.
5. Se debe estar situado a la misma altura que el paciente que se está examinando, lo más recomendable es estar sentados.
6. Coger el pabellón del oído a explorar, con los dedos índice y pulgar de la mano contraria al oído explorado (oído derecho-mano izquierda) apoyando los otros tres dedos en la mastoides.

7. Tirar del pabellón hacia atrás, arriba y afuera, sin hacer daño, para que se enderece, hasta donde sea posible, la primera curva de la porción cartilaginosa.

8. El pelo y los pendientes voluminosos deben retirarse antes de comenzar la exploración.

9. Sostener el otoscopio con los dedos pulgar e índice de la mano correspondiente al oído a explorar, apoyando el mango en la parte superior de la mano y permitiendo la movilidad de la cabeza del otoscopio y el espéculo con los dedos. Los otros tres dedos se apoyan en la mejilla o en el cuello del paciente.

10. Introducir suavemente el espéculo por el conducto auditivo en su parte central y mirar a través de él para observar la membrana timpánica cuidando de no rozar las paredes.

11. Una vez alcanzada la posición que nos permite visualizar el tímpano, realizar un movimiento giratorio del otoscopio para observar la mayor superficie de tímpano posible.

12. Para hacer la otoscopia a un niño, es necesario explicarle que debe mantener la cabeza quieta y que hay que sujetársela.

13. El niño debe estar sentado, en la medida de lo posible, en las piernas de alguno de sus padres, que deberá sujetarlo por el brazo y atraerlo hacia él; con el otro brazo le sujetan la cabeza, de perfil, hacia su pecho inmovilizándolo y posibilitando así la exploración de uno de sus oídos. Una vez observado, cambiar de posición para permitir la observación del otro oído.

14. Tirar de pabellón hacia afuera y hacia abajo.

15. El tamaño del espéculo estará en función del canal a explorar, en caso de duda, empezar con un diámetro inferior, cambiando a uno mayor si es necesario.

16. Realizar limpieza y desinfección de espéculos.

Referencia

Ariza, H. y Rivas J.A. (2007). *Tratado de Otolología y Audiología: diagnóstico y tratamiento médico-quirúrgico* (Segunda edición). Bogotá: Amolca.

Gómez, O. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá: Universidad Nacional

Katz, Jack. *Hand Book of clinical Audiology*. Edición 1994, Capítulos 19, 20 y 21.

Oticon University. (2008). La Otoscopia, módulo 2. Curso Audioprótesis. Disponible en www.oticonuniversity.com

Capítulo 4

Audiometría tonal

Laura González Salazar

laura.gonzalez@correounivalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6231-2374>

Cita este capítulo

González Salazar, L. (2018). Audiometría tonal. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 57-89). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 4

Audiometría tonal

Laura González Salazar

El objetivo de realizar una audiometría tonal es hallar la sensibilidad auditiva de una persona mediante el registro de los umbrales de percepción de tonos puros calibrados, que son presentados en cada oído, en forma continua o pulsada, en una gama frecuencial que va entre los 125 y los 8000 Hz, frecuencias audibles e importantes para la comunicación humana, cuya intensidad se mide en decibeles (dB). Con la tecnología de punta la gama frecuencial de los audiómetros actuales va hasta los 12.000 o 16.000 Hz. Es un examen que se les puede realizar a niños mayores de seis años, adolescentes, adultos jóvenes y adultos mayores. Para niños menores de seis años, se realiza la audiometría infantil con metodologías diferentes a la audiometría tonal comportamental para adultos. En este capítulo no se abordarán estas últimas.

El alcance que tiene la audiometría tonal es el de emitir el diagnóstico audiológico clínico, determinando normalidad en la audición y/o tipo y grado de pérdida auditiva como examen obligatorio de ingreso al ambiente escolar o laboral y como ayuda diagnóstica para definir conducta médica en todo tipo de población. Además, permite al fonoaudiólogo dar en forma individual o grupal, las recomendaciones pertinentes sobre los cuidados de la audición.

El fonoaudiólogo no emite diagnóstico médico así lo presuma por la historia auditiva y por los resultados de la audiometría.

4.1 Exigencias para la realización de la audiometría tonal clínica

La audiometría tonal clínica debe realizarse siempre en ambiente de sonoaislamiento especial y con audiómetros debidamente calibrados. Se requiere de:

- **Cámara sonoamortiguada**

El ruido ambiental produce un efecto de ensordecimiento, motivo por el cual es indispensable aislar al paciente del ruido externo, para ello se diseñaron cámaras o cabinas sonoamortiguadas.

La cámara sonoamortiguada, también llamada insonorizada o silente, es un cuarto relativamente silencioso para evitar influencia del ruido externo. Es un espacio físico en el que el ruido es atenuado y la reverberación es controlada para poder hacer mediciones confiables y exactas de la audición; sus paredes y piso deben estar elaboradas en materiales de aislamiento acústico. La cámara consta de : iluminación interior, panel de conexiones con interruptor adaptable a todo tipo de audiómetros, ventana con doble vidrio que permita ver desde adentro y desde afuera lo que ocurre o un sistema de circuito cerrado de televisión, unidad silenciosa de ventilación, una puerta sin chapa, fácil de abrir y estar apoyada sobre bases anti vibratorias. Tienen variaciones en cuanto a sus dimensiones físicas. Existen cámaras con compartimiento sencillo (para una sola persona) o doble (con cámara y antecámara) (Olmo, 2011).

Otro aspecto a tener en cuenta es el adecuado control tanto para el paciente como para el audiólogo, de aspectos como: humedad, intercambio de aire y temperatura. Algunas cámaras sonoamortiguadas están provistas de avisos o señales tanto visuales como auditivas. Estos sistemas de alarma están conectados con los sistemas de alarma del edificio donde se ubica. Es indispensable que la persona a evaluar, esté claramente visible para el fonoaudiólogo y que no vea los controles del equipo ni los ajustes que se hagan al momento de su evaluación (Ladie, 2011).

Los niveles de ruido de fondo no deben sobrepasar los niveles establecidos por la legislación colombiana en la resolución 8321 de agosto 4 de 1983, artículo 53, en la que se establecen para la gama frecuencial los niveles máximos de presión sonora del ambiente donde se realiza la prueba (Arbeláez et al, 2006). La confirmación de la idoneidad del ambiente de prueba se realiza mediante el sonómetro al menos una vez al año.

• Audiómetro clínico

Hoy día, se concibe el audiómetro clínico como un instrumento de avanzada tecnología digital y diseño moderno y ergonómico que permite realizar audiometrías tonales por vía aérea, por vía ósea y logoaudiometría a viva voz o por muestra gravada, con dos canales separados, uno para señal sonora y otro para enmascaramiento.

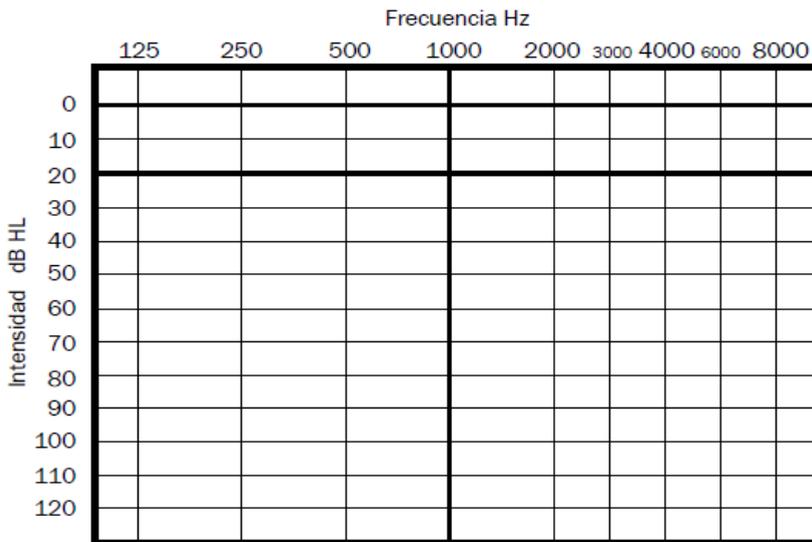
El audiómetro consta de un oscilador o generador de tonos, que permite la generación eléctrica de frecuencias que pueden ser variadas a voluntad; desde la frecuencia de 125 Hz hasta las de 8000, 12.000 a 16.000 H; un amplificador, que aumente o disminuya la intensidad del tono mediante un potenciómetro o control de volumen, calibrado en decibeles, que permita variar la intensidad de cada frecuencia generada por el oscilador, desde 0 dB hasta poder alcanzar los 110 o 120 dB, graduado de 5 en 5 dB. La escala de intensidad de los audiómetros actuales está hecha de manera que, para cada frecuencia, la intensidad 0 dB corresponde al valor del umbral de audibilidad mínima de la persona con audición normal. Igualmente, debe tener generador para ruido enmascarante, que incluye diversos tipos de ruido. Algunos tienen una pantalla para visualizar los resultados, memoria interna y ofrecer la posibilidad de imprimir los resultados de la audiometría. Otros aditamentos son los transductores de copa con protectores de alta atenuación o de inserción para evaluación de vía aérea, y vibrador óseo para evaluación de vía ósea, micrófono para logoaudiometría, micrófono para retorno de paciente, cable de conexión a PC, auriculares para monitor, pulsador de respuesta de paciente, cable interconexión grabador-audiómetro y altavoces externos para pruebas a campo libre (American Speech-Language-Hearing Association, s.f.).

Los audiómetros actuales, junto con un software opcional, permiten transferir los resultados del audiómetro a una PC a través de la interfaz, ya sea en modo “on line” (es decir en tiempo real, mientras se está usando) u “off line” (se guarda en la memoria no volátil del audiómetro y luego se ingresa a la PC en el momento deseado). De ese modo, se puede disponer de una base de datos de pacientes, que se podrá visualizar, imprimir, agregar o actualizar, no solo con información de audiometrías sino también de impedanciometrías, historia clínica, datos personales, etc. (Henanmedical, s.f.).

- **Audiograma**

Los resultados de la pruebas audiométricas se registran en una gráfica que tiene dos dimensiones o coordenadas, consignando en las abscisas las frecuencias exploradas y en las ordenadas las intensidades (dB).

Figura 8. Audiograma



Fuente: Clinical Audiology, 1998.

Las convenciones universalmente usadas para registrar la respuesta de la persona evaluada en el audiograma se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Convenciones para registrar audiograma

	SIGNIFICADO
○	Vía aérea del OD
X	Vía aérea del OI
[Vía ósea del OD (OI enmascarado)

	Vía ósea del OI (OD enmascarado)
	Vía ósea del OD (OI sin enmascarar)
	Vía ósea del OI (OD sin enmascarar)
	Vía aérea del OD con OI enmascarado
	Vía aérea del OI con OD enmascarado
	Umbrales de discomfort
	Ausencia de umbral

Fuente: American Speech-Language-Hearing Association –ASHA, 2012.

Los signos de la vía aérea se unen a través de líneas continuas y los de la vía ósea a través de líneas discontinuas.

4.2 Procedimientos antes de iniciar la audiometría

Historia Clínica audiológica:

Para llegar a un diagnóstico audiológico confiable, la entrevista es una herramienta muy importante, donde el paciente o el familiar relatan el motivo de consulta, la sintomatología que presenta y otros aspectos que considere relatar. Es indispensable emplear un lenguaje sencillo tanto para la entrevista como para las instrucciones.

La evaluación inicia indagando a la persona o al acompañante, en caso de menores, el motivo del examen y la confrontación con la remisión del médico o del profesional que solicita la audiometría. Muchas veces las remisiones médicas no contemplan el posible diagnóstico o la sintomatología del paciente; por lo tanto, hay que tomarse el tiempo para indagar con más minuciosidad al paciente sobre el motivo del examen y sus antecedentes audiológicos y otológicos y generales.

La entrevista debe considerar aspectos como:

Datos personales

Motivo de consulta y remisión

Presentación de la pérdida auditiva: unilateral, bilateral, congénita, adquirida, temporal, súbita, fluctuante, progresiva

Audiología básica para estudiantes.

Antecedentes audiológicos, otológicos, quirúrgicos, laborales, farmacológicos, familiares.

Síntomas asociados a la hipoacusia: tinnitus o acúfenos, vértigo.

Antecedentes de otras patologías: diabetes, hipertensión, enfermedades metabólicas, entre otras.

Evaluaciones audiológicas previas

Historia educativa

Forma de comunicación

Historia de sistemas de amplificación auditiva

Otoscopia:

Este procedimiento permite visualizar el conducto auditivo externo (CAE) y el estado de la membrana timpánica. Para ello, se debe explicar al paciente en qué consiste el procedimiento y solicitar su aprobación. Es importante ganar confianza de la persona a la que se va a realizar el procedimiento, pues el factor sorpresa, a veces, no es conveniente para la evaluación. El paciente puede sentirse invadido y molesto, especialmente si es un niño. Para la mejor visualización de todo el CAE y de la membrana timpánica tener en cuenta las diferencias que existen entre hacerlo a un niño y a un adulto (Ver capítulo de Otoscopia).

Nunca se debe hacer una audiometría tonal sin antes realizar la inspección visual del conducto auditivo externo y de la membrana timpánica mediante la otoscopia.

Nunca se debe hacer la otoscopia a una persona con la misma copa del otoscopio con que ha sido evaluada otra persona.

Una vez hecha la otoscopia, se le comentan los hallazgos a la persona a evaluar. Si después del procedimiento se encuentra algún impedimento para realizar la audiometría, tales como tapón de cerumen petrificado que ocluye la totalidad del conducto, supuración o presencia de cuerpo extraño, se le informa al paciente. En algunos casos, especialmente en niños, al encontrarse un tapón de cera o un objeto extraño en el CAE es preferible permitirle al acompañante observar lo encontrado y justificar el porqué no se puede continuar con el examen.

Se debe hacer una remisión escrita al médico o profesional tratante, indicándole el hallazgo y solicitando el procedimiento previo: lavado, limpieza o aspiración de oído y/o extracción de cuerpo extraño según sea el caso y concertar una nueva cita con el paciente para la posterior realización del examen.

Acumetría:

Permite determinar la presencia o no de hipoacusia y el tipo de la misma, para ello se utiliza el diapasón preferiblemente de tonalidad grave: 256 Hz o 512 Hz. Las pruebas más usuales son las de Weber y Rinné. (Ver capítulo Acumetría)

4.3 Pasos de la audiometría tonal clínica

4.3.1 Vía aérea (con los transductores o auriculares de copa o de inserción)

El paciente se ingresa a la cámara sonoamortiguada y se ubica en una silla cómoda al frente de la ventanilla a través de la cual va a tener contacto visual con el fonoaudiólogo o audiólogo; se le explica el objetivo de la audiometría: “averiguar cómo está su audición” o “conocer su nivel o umbral de audición”.

Se procede a dar una instrucción precisa y clara de lo que se espera de él durante la prueba. La instrucción sugerida es la siguiente:

“Por acá (mostrando la salida del sonido de los transductores o auriculares de copa o de inserción según se haya elegido) le voy a pasar unos sonidos muy tenues, muy pasitos dando la impresión de escucharse muy lejos (acompañar la indicación verbal con las señas correspondientes). Usted debe estar muy atento/a, y cada vez que los escuche por este lado (tocando o mostrando el oído derecho del paciente) debe levantar esta mano (tocando o señalando la mano derecha del paciente) y si los escucha por este otro lado (mostrando o señalando el oído izquierdo del paciente) levanta esta mano (señalando o tocando la mano izquierda del paciente). Pero si usted no ubica en qué lado los escucha, entonces puede levantar las dos manos”. En caso de ser necesario, se puede pedir al paciente que repita la instrucción.

Para la selección del tono continuo o pulsado es importante indagar al paciente si presenta tinnitus y de qué carácter es. Si el tinnitus es pulsado, se opta por el tono continuo y si el tinnitus es continuo, se opta por el tono pulsado, así no se confundirá el paciente a la hora de la evaluación. Si no hay presencia de tinnitus es preferible presentar el tono pulsado, enviando cada vez unas cinco pulsaciones; con una o dos pulsaciones no es suficiente para que la persona evaluada reconozca el estímulo. Solo en caso de pacientes con acúfenos intermitentes se opta por el tono continuo (de más o menos cinco segundos de duración cada vez), Aunque las instrucciones son sencillas y claras, es importante comprobar su comprensión por medio de preguntas y reforzarlas utilizando otras palabras. Esto se realiza dependiendo del nivel sociocultural de la persona a evaluar, el grado de pérdida auditiva y su edad. Si el compromiso auditivo es severo o profundo, la instrucción se acompaña de señas; se emite en voz alta cerca al oído que mejor escuche o por medio escrito.

Antes del examen, es importante hacer retirar al paciente los aretes, piercing, diademas o gafas y hacer apagar el celular, para evitar distracciones y no interrumpir la prueba. Así mismo asegurarse de retirar el cabello que caiga sobre los lados laterales de la cara del paciente, despejando completamente los pabellones auriculares.

Posteriormente, se procede a ubicar los auriculares de copa (o transductores de copa o los de inserción según sea el caso); el de color rojo sobre el oído derecho o dentro del CAE (si se decidió por los de inserción) y el de color azul sobre el oído izquierdo o dentro del conducto de este. La ubicación precisa de los auriculares o de los transductores de inserción es muy importante en la realización del examen. Es preferible que al ubicar los auriculares, el evaluador esté de frente al paciente ya que esta posición le permitirá mejor visualización de la cara y de los pabellones auriculares. Es importante asegurarse de que el pabellón auricular no le quede doblado o que el trago no quede ocluyendo el CAE. Estos aspectos pueden alterar los resultados de la audiometría por efecto de oclusión.

En casos en los que el paciente refiere sentir claustrofobia, se recomienda no cerrar la cámara sonoamortiguada e informar al médico o profesional tratante que se realizó la audiometría con esta condición. Se debe evitar al máximo el ruido en el ambiente durante este examen.

Se inicia la audiometría investigando el umbral de audición en el oído dominante o aquel por el que la persona manifiesta preferir el uso del teléfono; si el paciente reporta una asimetría en su audición, es importante iniciar por el oído que escucha mejor.

Para determinar la intensidad a la cual se inicia la audiometría, el fonoaudiólogo ya ha realizado una estimación previa del grado de hipoacusia del paciente, basándose en la intensidad de su voz para lograr una comunicación oral.

La búsqueda de los umbrales se inicia en la frecuencia de 1000 Hz, por ser la frecuencia media y de más fácil reconocimiento. Luego es preferible continuar hacia la zona de las frecuencias agudas con 2000, 4000 y 8000 Hz. Si se evalúa a población adulta, laboralmente activa, siempre se deben evaluar las frecuencias de 3000 y 6000 Hz. y, en todo caso, si se encuentra diferencia mayor a 20 dB entre las frecuencias de 2000 y 4000 Hz o entre 4000 y 8000 Hz. Esto permite visualizar mejor el perfil audiométrico.

Antes de pasar a evaluar las frecuencias graves de 500 y 250 Hz, es conveniente corroborar el umbral de la frecuencia de 1000 Hz toda vez que es la primera frecuencia que se evalúa y después de pasar otros sonidos el paciente podría identificar mejor este estímulo. La frecuencia de 125 Hz se evalúa en casos de audición en esquina y para determinar restos auditivos. En la evaluación de población infantil, y personas adultas mayores al pasar los estímulos auditivos de agudos a graves es conveniente indicarles que cambia el sonido, diciéndoles si es del caso, que los sonidos que siguen suenan diferente.

En el caso de menores de edad con alto grado de distracción o labilidad en la atención, se recomienda ir en forma rápida con la evaluación. Evaluar primero la frecuencia de 1000 Hz y pasar inmediatamente a la frecuencia de 4000 Hz, y luego pasar a 250 Hz; inmediatamente pasar a evaluar de la misma forma el otro oído, antes de que se canse o pierda la atención. Si el niño lo permite, se continúan evaluando las otras frecuencias intermedias en ambos oídos; es importante mantener el contacto visual con él y dar el refuerzo verbal necesario.

La técnica utilizada en la búsqueda de los umbrales auditivos es una combinación de los métodos ascendente y descendente. Se inicia pasando un estímulo o sonido que el fonoaudiólogo esté seguro sea escuchado por el paciente en aproximadamente 20 dB SL. Por ejemplo, si el fonoaudiólogo ha estimado que la persona a evaluar tiene una audición dentro de límites normales, inicia con un sonido de una intensidad de 20 o 30 dB HL, es decir, una intensidad sobre el umbral, con el ánimo de darle a conocer los sonidos que se usarán para el examen.

Al responder el paciente levantando la mano del lado por donde se le está pasando el estímulo, se le refuerza esta respuesta, indicándole que ese es el sonido; enseguida se desciende esta intensidad 10 dB HL y si la persona responde, se descienden otros 10 dB HL y así sucesivamente hasta que no responda. En este momento se aumenta la intensidad 5 dB HL hasta obtener la respuesta esperada y, por ende, el umbral. La última parte se repite para corroborar la respuesta ya sea aumentando o disminuyendo 5 dB HL.

Caso 1

Edad: 18 años.

Motivo de examen: ingreso a la universidad. Sin síntomas ni antecedentes auditivos.

(Se presume audición normal bilateral).

Oído a evaluar de primero: por el que el joven manifiesta que prefiere usar el teléfono.

Vía a evaluar: aérea.

Tabla 6. Resumen de primera situación, búsqueda del umbral para 1000 Hz. Caso 1

Pasos a seguir	Presentación del estímulo	Frecuencia a evaluar	Respuesta del paciente
1	20 dB	1000 Hz	SÍ responde
2	10 dB		SÍ responde
3	0 dB		NO responde
4	5 dB		NO responde
5	10 dB		SÍ responde
6	0 dB		NO responde
7	5 dB		NO responde
8	10 dB		SÍ responde

Fuente: González 2015.

Esta última respuesta (10 dB) es la que se registra entonces en el audiograma como el umbral de audición para la frecuencia de 1000 Hz, respetando la convención para el oído y para la vía que se está evaluando.

Para evaluar el umbral de audición para la frecuencia de 2000 Hz, se inicia pasando el estímulo a la intensidad en la que se encontró el umbral de audición para la frecuencia anterior (1000 Hz) y así con las demás frecuencias.

Tabla 7. Resumen de segunda situación, búsqueda del umbral de 2000 Hz. Caso 1

Pasos a seguir	Presentación del estímulo	Frecuencia a evaluar	Respuesta del paciente
1	10 dB	2000 Hz	NO responde
2	20 dB		NO responde
3	30 dB		SÍ responde
4	30 dB		SÍ responde
5	20 dB		SÍ responde
6	10 dB		NO responde
7	15 dB		NO responde
8	20 dB		SÍ responde

Se corrobora la última respuesta, pasando el estímulo nuevamente a 10 dB, luego a 15 dB y por último a 20 dB. Si las respuestas siguen siendo constantes, este umbral (20 dB) es el que se registra en el audiograma, respetando la convención para el oído y la vía que se está evaluando. Terminada la búsqueda de los umbrales auditivos en el oído dominante o con mejor audición se procede a la evaluación del otro oído siguiendo los mismos pasos.

Caso 2

Edad: 70 años

Motivo de examen: escucha pero no entiende cuando le hablan (se presume presbiacusia). Oído a evaluar: por el que la persona manifiesta que escucha el teléfono. Vía a evaluar: aérea.

Presumiendo la presencia de presbiacusia por la edad de la persona, que conlleva una disminución de la agudeza auditiva, se recomienda iniciar la evaluación pasando un estímulo auditivo a una intensidad media de 40 dB aproximadamente. Si el adulto responde, entonces se disminuye la intensidad del estímulo a 30 dB.

Tabla 8. Resumen de primera situación, búsqueda del umbral de 1000 Hz. Caso 2

Pasos a seguir	Presentación del estímulo	Frecuencia a evaluar	Respuesta del paciente
1	40 dB	1000 Hz	SÍ responde
2	30 dB		SÍ responde
3	20 dB		NO responde
4	30 dB		NO responde
5	40 dB		SÍ responde
6	30 dB		SÍ responde
7	20 dB		NO responde
8	25 dB		NO responde
9	30 dB		SÍ responde

Fuente: González. 2015.

Para tener mayor seguridad de la respuesta, se repiten los tres últimos pasos.

Esta última respuesta (30 dB) es la que se registra entonces en el audiograma como el umbral de audición confiable para la frecuencia de 1000 Hz, respetando la convención para el oído y para la vía que se está evaluando.

En población adulta mayor es preferible continuar la evaluación audiológica más conservada que las frecuencias agudas. En presbiacusia, el perfil audiométrico, por lo general, se encuentra en descenso.

Al pasar a evaluar el umbral de audición para la frecuencia de 500 Hz, se inicia pasando el estímulo a la intensidad en la que se encontró el umbral de audición para la frecuencia anterior (1000 Hz) y así con las demás frecuencias.

Tabla 9. Resumen de segunda situación, búsqueda del umbral de 500 Hz. Caso 2

Pasos a seguir	Presentación del estímulo	Frecuencia a evaluar	Respuesta del paciente
1	30 dB	500 Hz	SÍ responde
2	20 dB		SÍ responde
3	10 dB		NO responde
4	20 dB		SÍ responde
5	10 dB		NO responde
6	15 dB		NO responde
7	20 dB		SÍ responde
8	20 dB		SÍ responde

Fuente: González, 2015.

Si las respuestas siguen siendo constantes, este umbral (20 dB) es el que se registra en el audiograma, respetando la convención para el oído y la vía que se está evaluando.

Se continúa la evaluación con la frecuencia de 250 Hz y luego con las frecuencias agudas.

Tabla 10. Resumen de tercera situación, búsqueda del umbral de 2000 Hz. Caso 2

Pasos a seguir	Presentación del estímulo	Frecuencia a evaluar	Respuesta del paciente
1	30 dB	2000 Hz	NO responde
2	40 dB		NO responde
3	50 dB		NO responde
4	60 dB		SÍ responde
5	50 dB		NO responde
6	60 dB		SÍ responde
7	50 dB		NO responde
8	55 dB		NO responde
9	60 dB		SÍ responde
10	60 dB		SÍ responde

Fuente: González, 2015.

Si las respuestas siguen siendo constantes, este umbral (60 dB) es el que se registra en el audiograma, respetando la convención para el oído y la vía que se está evaluando.

Se continúa la evaluación con la gama de frecuencias agudas.

Una vez obtenidos los dos perfiles audiométricos (de oído derecho y de oído izquierdo), y antes de pasar a evaluar los umbrales por vía ósea, se realiza el weber audiométrico para identificar la mejor cóclea y establecer la necesidad de enmascaramiento, en qué oído y en qué frecuencias (ver capítulo acumetría); y se analizan o se estudian los umbrales de los dos oídos frecuencia por frecuencia para verificar la necesidad de enmascaramiento contralateral.

Se utiliza enmascaramiento contralateral para verificar umbrales de vía aérea en las siguientes situaciones:

- Cuando hay una diferencia de 40 dB o más entre los umbrales de audición evaluados por vía aérea de un oído con relación al otro. Algunos autores consideran que la diferencia debe ser mayor a 50 dB para enmascarar.
- Enmascarar por conducción aérea cuando hay una diferencia de 40 dB o más entre la conducción ósea del mejor oído y la conducción aérea del peor oído.
- Cuando el perfil audiométrico del peor oído se replica como en espejo con relación al perfil del mejor oído con diferencia de más de 30 dB en toda la gama frecuencial.

Se observa si es toda la gama frecuencial (de 250 a 8000 Hz) la que amerita verificación con enmascaramiento o si son solo algunas frecuencias las que presentan la diferencia mayor a 40 dB.

Si es toda la gama frecuencial se prefiere utilizar un ruido de enmascaramiento de banda ancha o “ruido blanco” y si son solo algunas frecuencias (como por ejemplo de 2000 a 8000 Hz) las que requieren verificación entonces se opta por el ruido de banda estrecha.

Es importante definir el método con el cual se va a enmascarar (ver capítulo de enmascaramiento).

4.3.2 Vía ósea

Obtenidos los umbrales por vía aérea, el paso siguiente es retirar los auriculares o los transductores de inserción y explicar al paciente la segunda parte del procedimiento, indicándole de la siguiente manera:

“Ahora le voy a ubicar esta diadema sobre la cabeza y esta pastilla (mostrándole el vibrador óseo) detrás de la oreja. Y va a escuchar los sonidos muy tenues. Levante la mano del lado por el que lo escuche o levante las dos manos si no ubica bien por cuál oído lo escucha, siempre y cuando esté seguro de oírlo”.

El vibrador se debe colocar inicialmente en la apófisis mastoidea del oído en el que se obtuvo mejor umbral aéreo. Para ello, se debe tomar con firmeza la pastilla o vibrador con una mano y con la otra el otro extremo de la diadema. Es necesario ubicar primero la pastilla sobre la mastoides, que debe estar despejada de cabello y grasa, y sin soltarla, ubicar el otro extremo de la diadema sobre la sien del lado contrario del paciente. También para este procedimiento es preferible que el evaluador esté de frente a la persona a evaluar.

Si se requiere enmascaramiento contralateral, ubicar la diadema con los auriculares, colocando el auricular por el que sonará el ruido enmascarante en el oído contrario al que se le explora la vía ósea y el otro auricular sobre la mejilla, teniendo en cuenta que este no ocluya o presione el trago contra el CAE, para evitar el efecto de oclusión.

De ser necesario este paso, se le da la consigna al paciente: “por acá (señalando el auricular que queda sobre el CAE) oírás un ruido, como una lluvia. Por favor ignórela, no le haga caso y esté muy atento de los sonidos pulsados que pasarán. Recuerde levantar la mano sólo cuando escuche los sonidos”.

A continuación se investigan los umbrales mínimos de audición en las frecuencias de 1000, 2000, 4000, 500 y 250 Hz en el orden presentado y utilizando el mismo procedimiento ascendente-descendente descrito para la evaluación de los umbrales por vía aérea. El tono se pasa igualmente pulsado, si así se hizo en los pasos anteriores.

El paso siguiente es definir cuáles son los umbrales auditivos de vía ósea que necesitan ser verificados con enmascaramiento contralateral, que se utiliza en las siguientes situaciones:

- Siempre que se encuentre una diferencia de 15 dB o más entre el umbral de conducción aérea y el umbral de conducción ósea en el mismo oído en alguna o en todas las frecuencias evaluadas.
- Siempre que haya una diferencia de 15 dB o más entre el umbral de conducción ósea obtenido en el oído mejor y el obtenido por conducción aérea del peor oído

El enmascaramiento para verificar umbrales por vía ósea es necesario en pérdidas auditivas unilaterales, pérdidas auditivas bilaterales asimétricas e hipoacusias conductivas unilaterales o bilaterales.

En menores de edad que lo permitan, se evalúan ambos oídos usando enmascaramiento, si es necesario. En caso de fatiga del menor durante la prueba, se evalúa la mejor cóclea, ubicando el vibrador óseo sobre una de las mastoides y graficando su respuesta en el audiograma sobre uno de los oídos. En el informe aclarar que la respuesta por vía ósea corresponde a la mejor cóclea y los resultados siempre se deben corroborar con un estudio de oído medio.

La prueba se termina cuando se obtienen todos los umbrales monoaurales: vía aérea y ósea en toda la gama frecuencial, se procede a informar al paciente los resultados obtenidos y a dar las recomendaciones del caso. Por último se realiza el informe del examen y se emite el diagnóstico audiológico teniendo en cuenta: el tipo, el grado, el perfil de las curva para cada oído y la simetría entre las mismas; es importante la descripción e interpretación de los hallazgos encontrados.

Con relación al TIPO, la hipoacusia puede ser: conductiva, neurosensorial o mixta. Según la ASHA (2012), estos tipos de pérdida se definen de la siguiente manera:

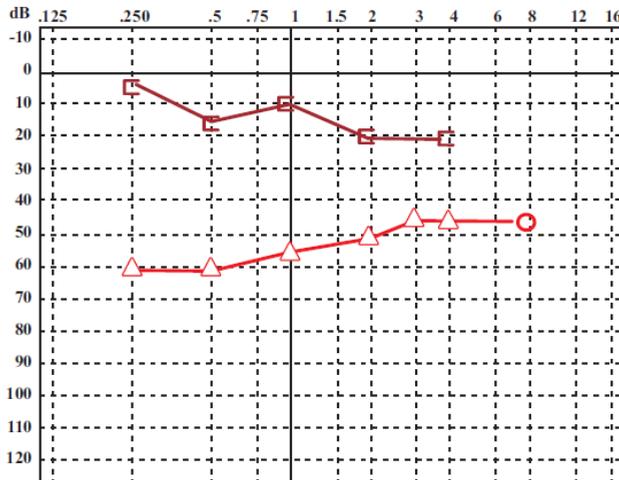
Hipoacusia conductiva: ocurre por una disfunción en el oído externo o medio en presencia de normalidad en el oído interno; la dificultad no está en la percepción del sonido sino en la conducción del mismo, esto ocurre

porque el sonido no se transmite con facilidad por vía aérea entre el canal externo del oído hasta el tímpano y los huesecillos (osículos) del oído medio, pero las vibraciones sonoras por vía ósea se perciben normalmente puesto que el oído interno esta normal. Con la pérdida auditiva de conducción los sonidos suenan apagados y es menos fácil oírlos. Este tipo de pérdida de audición se puede corregir mediante intervención médica o quirúrgica. Algunas posibles causas de la pérdida auditiva de conducción son:

- Fluido en el oído medio debido a resfriados o alergias
- Infecciones del oído (otitis media)
- Disfunción Trompa de Eustaquio
- Perforación en el tímpano
- Exceso de cera en el oído (cerumen)
- Oído de nadador (otitis externa)
- Cuerpo extraño en el canal auditivo
- Malformación del oído externo, el canal auditivo o el oído medio.

La curva audiométrica en la hipoacusia conductiva, muestra un Gap (diferencia vías aéreas y vías óseas frecuencia por frecuencia) igual o mayor a 10 dBHL, que define la presencia y magnitud del daño conductivo.

Figura 9. Hipoacusia Conductiva



Fuente: González, 2015.

Hipoacusia neurosensorial: ocurre cuando hay alteración en la percepción del sonido por daño del oído interno (cóclea) llamada hipoacusia de tipo coclear; la falla está en la transducción del sonido por lesión en las células ciliadas externas, o de los conductos de los nervios entre el oído interno y el cerebro, llamada hipoacusia de tipo retrococlear o neural; otra falla está en la transmisión del impulso nervioso por lesión en células ciliadas internas. La mayoría de las veces, no es posible reparar mediante intervención médica ni quirúrgica la pérdida auditiva neurosensorial. Este es el tipo más común de pérdida permanente de audición.

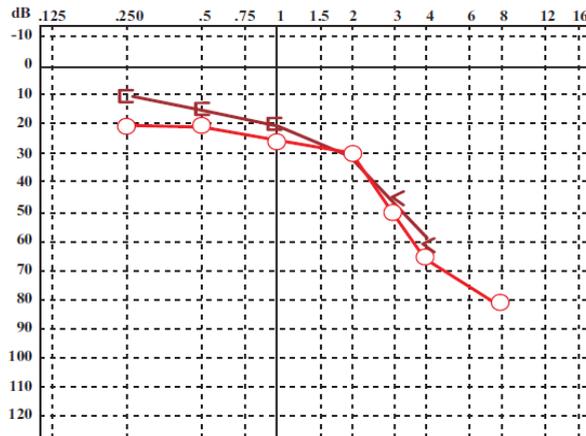
La pérdida auditiva neurosensorial reduce la capacidad de oír sonidos tenues, las personas que la sufren suelen hablar con una intensidad de voz alta, presentan fallas en la discriminación del lenguaje y presentan acufenos de tonalidad aguda (tipo grillo).

Algunas causas posibles de este tipo de pérdida de audición son:

- Medicamentos tóxicos para la audición
- Pérdida de audición en la familia (genética o hereditaria)
- La edad (presbiacusia)
- Lesiones en la cabeza
- Malformación del oído interno
- Trastornos infecciosos diversos
- Exposición a ruidos fuertes

La curva audiométrica en la hipoacusia neurosensorial, muestra alteración tanto de la vía aérea como de la vía ósea, las curvas son paralelas o muestra un Gap igual o menor a 10 dBHL.

Figura 10. Hipoacusia Neurosensorial

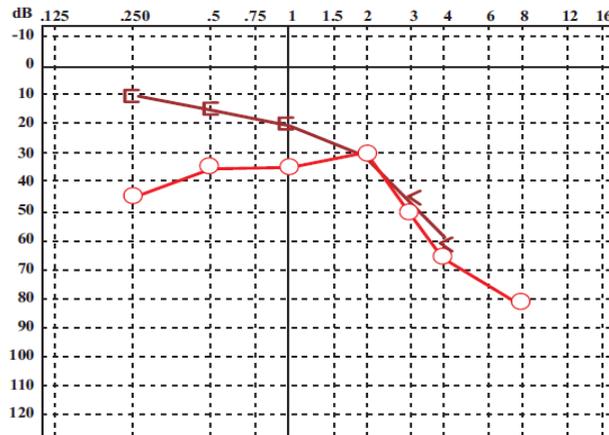


Fuente: González, 2016.

Hipoacusia mixta: se da cuando la pérdida auditiva de conducción ocurre de manera simultánea a la pérdida auditiva neurosensorial, o sensorial (coclear) y neural. En otras palabras, puede haber daño en el oído externo o medio, así como al oído interno (cóclea) o al nervio auditivo.

La curva audiométrica en la hipoacusia *mixta*, muestra una combinación de los perfiles anteriormente expuestos para cada tipo de oído.

Figura 11. Hipoacusia mixta



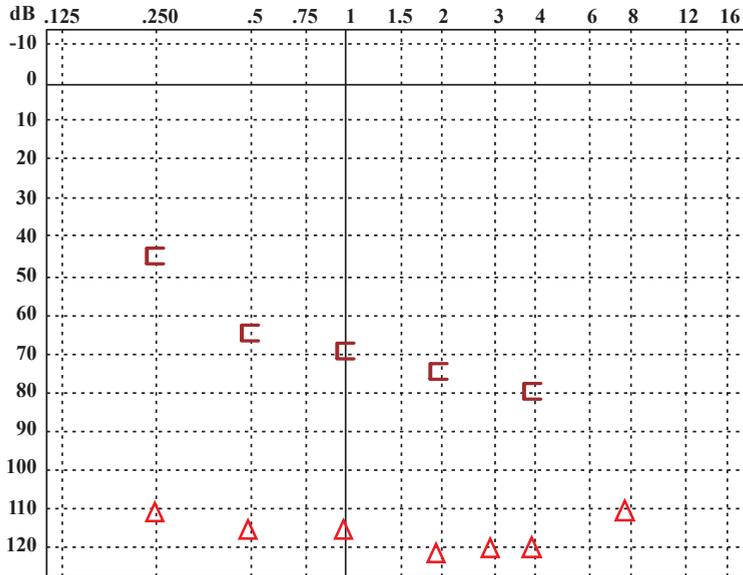
Fuente: González, 2016.

Con relación al *grado de pérdida*, la hipoacusia se puede determinar con base en el promedio de las frecuencias del lenguaje, que representan el grado de pérdida auditiva en decibeles; este no es un porcentaje.

Existen varias clasificaciones entre ellas la de Jerger y Jerger (1981), quien toma como base el Promedio de Tonos Audibles –PTA- entre 500, 1000 y 2000 Hz (frecuencias medias o del lenguaje):

- De 0 a 20 dB HL: audición normal
- De 20 a 40 dB HL: hipoacusia leve
- De 40 a 60 dB HL: hipoacusia moderada
- De 60 a 80 dB HL: hipoacusia severa
- De 80 dB en adelante: sordera profunda

Figura 12. Anacusia



Fuente: González, 2016.

Otro de los sistemas más comunes de clasificación de la pérdida de audición es el recomendado por la ASHA (2012):

- De -10 a 15 dB HL: audición normal
- De 16 a 25 dB HL: pérdida de audición leve
- De 26 a 40 dB HL: pérdida de audición ligera
- De 41 a 55 dB HL: pérdida de audición moderada
- De 56 a 70 dB HL: pérdida de audición moderadamente severa
- De 71 a 90 dB HL: pérdida de audición severa
- 91 dB y más: pérdida de audición profunda

Por su parte, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 2007) reporta la misma escala indicada por la ASHA pero considera el rango para audición normal entre -10 y 25 dB.

El BIAP (Bureau International d'Audio-Phonologie) clasifica la pérdida auditiva con un método que indica que para establecer el grado de compromiso o impedimento auditivo solo interesa el resultado del mejor oído. Utiliza el promedio de las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz. Si el resultado es menor o igual a 20 dB se considera audición normal (Olmo, 2009). Para el resto se utiliza la siguiente clasificación:

- De 20 a 40 dB HL: hipoacusia leve
- De 40 a 70: hipoacusia moderada
- De 70 a 90 dB HL: hipoacusia severa
- Mayor a 90 dB HL: hipoacusia profunda

Para las pérdidas profundas se propone recalcular el promedio tomando las frecuencias de 250, 500, 1000 y 2000 Hz y esto permitirá distinguir tres subcategorías:

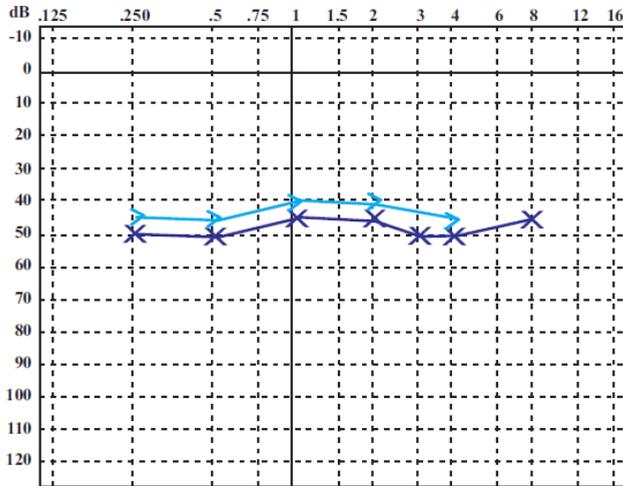
- Pérdida entre 90 y 100 dB: hipoacusia profunda tipo I
- Pérdida entre 100 y 110 dB: hipoacusia profunda tipo II
- Pérdida mayor a 110 dB: hipoacusia profunda tipo III

4.4 Curvas audiométricas

Con relación a la configuración de los perfiles o de las curvas audiométricas, estas pueden ser:

- Curva plana: con toda la gama frecuencial comprometida en rango similar.

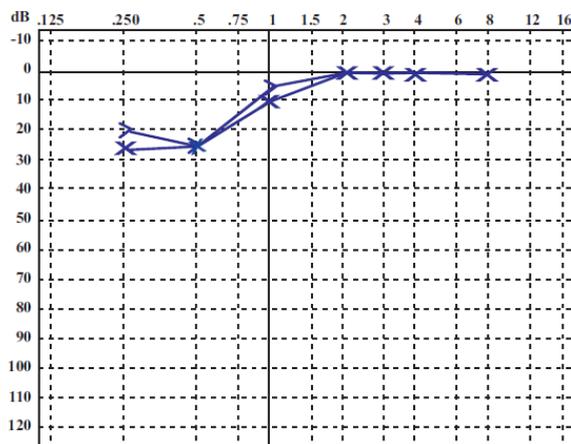
Figura 13. Perfil audiométrico plano



Fuente: González, 2016.

- Curva ascendente: con compromiso neurosensorial en frecuencias graves y respuesta conservada en frecuencias agudas.

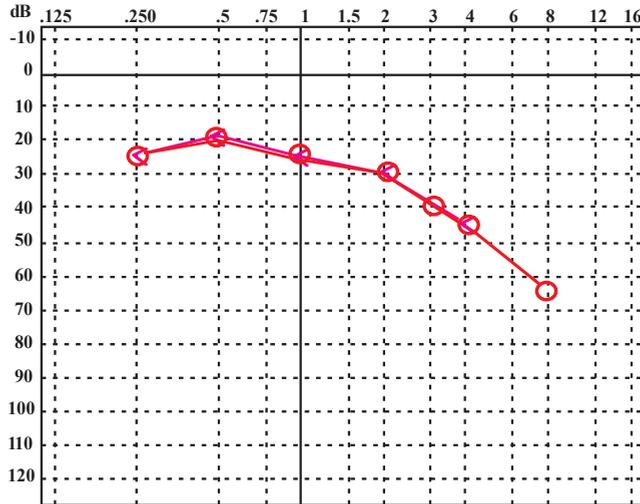
Figura 14. Perfil audiométrico ascendente



Fuente: González, 2016.

- Curva descendente: con mejor respuesta en frecuencias graves y compromiso neurosensorial en frecuencias agudas.

Figura 15. Perfil audiométrico descendente



Fuente: González, 2016.

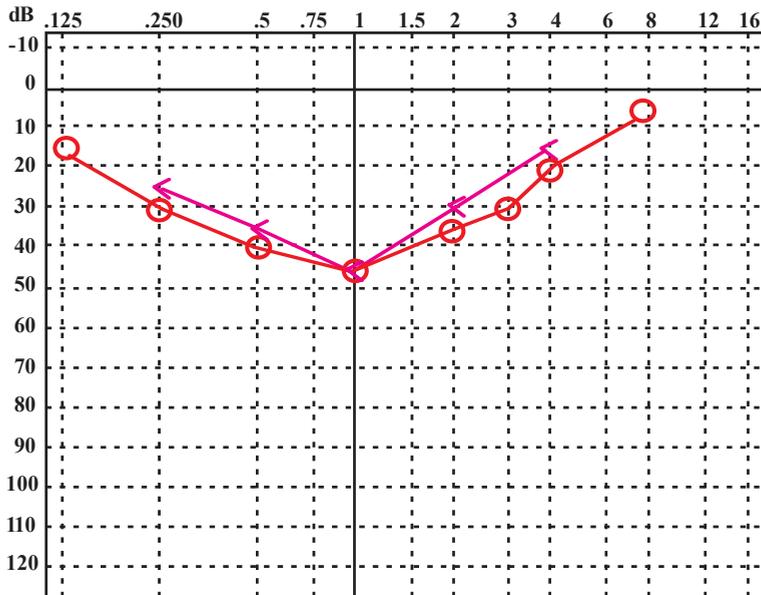
Figura 16. Perfil audiométrico en montaña



Fuente: González, 2016.

- Curva en batea, en “U” o en palangana: con mejor respuesta en frecuencias de extremo graves y agudas. Frecuencias medias o del lenguaje comprometidas. En alguna literatura se encuentra como perfil o curva en “mordida de galleta”

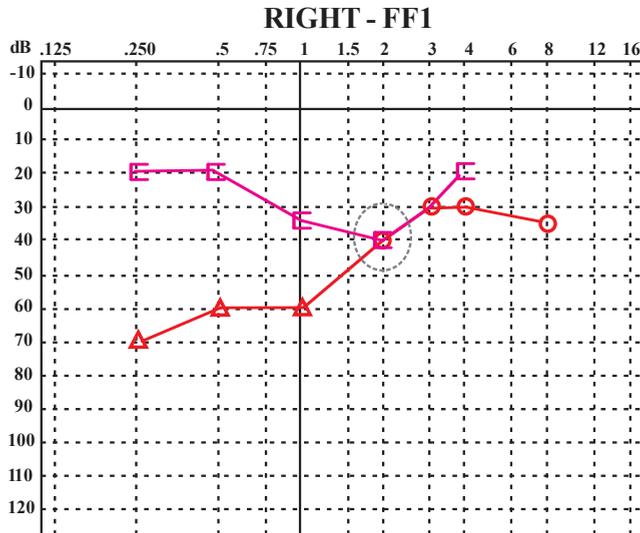
Figura 17. Perfil audiométrico en batea



Fuente: González, 2016.

- Curva con muesca: cuando hay gap aéreo-óseo en todas las frecuencias y solo en la frecuencia de 2000 Hz la vía aérea y la ósea se cierran o se juntan.

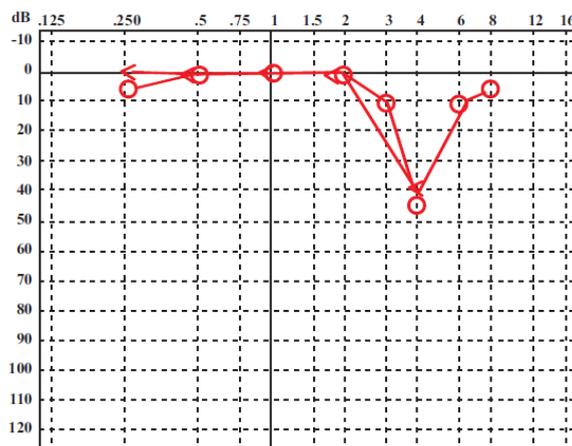
Figura 18. Perfil audiométrico con muesca



Fuente: González, 2016.

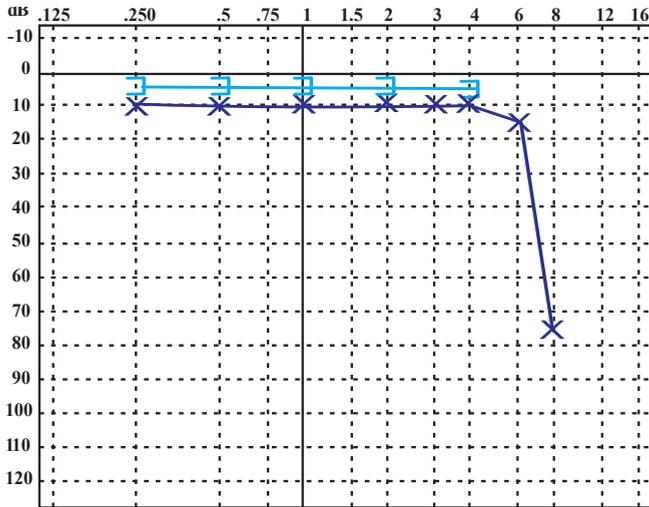
- Curva con escotoma o escotadura: cuando hay una caída abrupta en las frecuencias de 2000 Hz, 3000, 4000 o 6000 Hz. y recupera luego en la frecuencia de 8000 Hz más de 20 dB.

Figura 19. Perfil audiométrico con escotoma



Fuente: González, 2016.

Figura 20. Perfil audiométrico con caída abrupta



Fuente: González, 2016.

- Curva con caída abrupta sin recuperación.

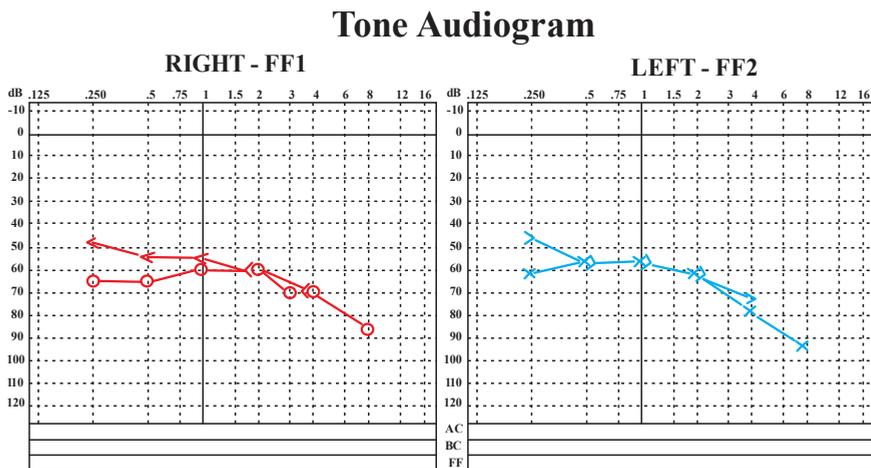
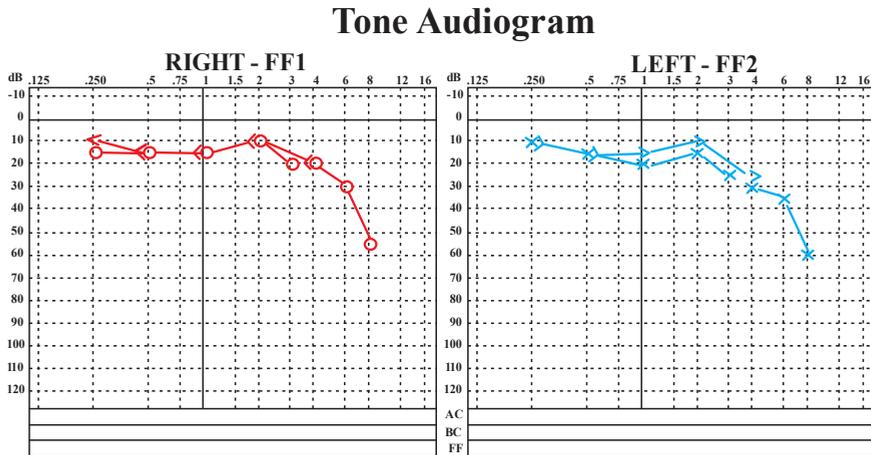
Lo importante en el diagnóstico audiológico descriptivo es ser lo más claro posible para no generar confusión en el lector. Un PTA normal o en rangos de normalidad según la escala escogida, no implica una audición normal. Hay que describir el comportamiento de todo el perfil audiométrico.

En todo consultorio o laboratorio de audiolología se debe diligenciar la historia clínica audiológica del paciente que sea atendido, respetando la normatividad vigente –Resolución 1995 de 1999 emitida por el Ministerio de Salud–. También debe diligenciarse el registro de la estadística y en ella registrarse el diagnóstico de entrada (el de la remisión médica) y el de salida (el diagnóstico audiológico), con los códigos establecidos por la Clasificación Internacional de la Enfermedad (CIE 10). En algunas instituciones también se tiene en cuenta la Clasificación Internacional de la Funcionalidad - CIF posterior a la realización del examen.

Para determinar la simetría o asimetría de los audiogramas se compara la forma del perfil audiométrico (o forma de la curva audiométrica) del oído derecho con relación al perfil del oído izquierdo.

4.4.1 Ejemplos de perfiles simétricos

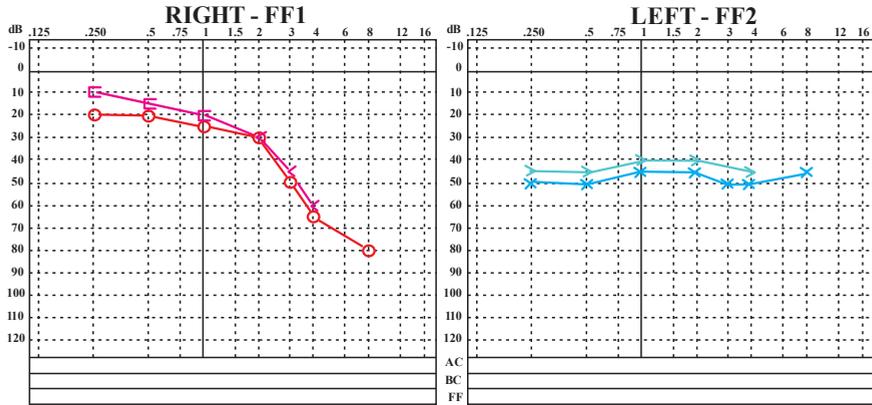
Figura 21. Perfiles simétricos



Fuente: González, 2016.

4.4.2 Ejemplos de perfiles asimétricos

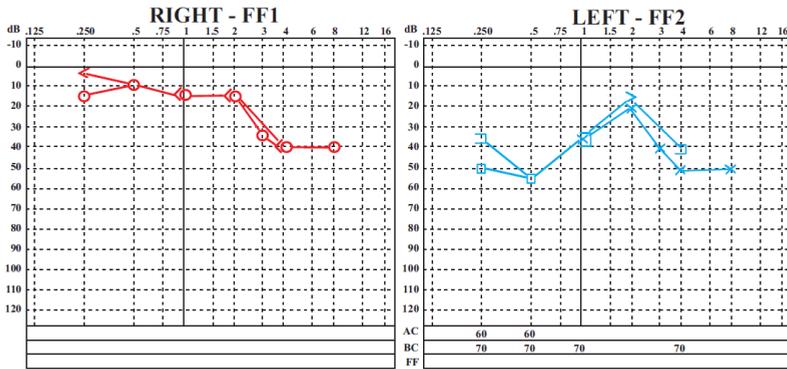
Figura 22. Perfil asimétrico



Fuente: González, 2016.

Figura 23. Asimetría en frecuencias graves

Tone Audiogram



Fuente: González, 2016.

Referencias

American Speech-Language-Hearing Association –ASHA- (2012). Tipo, grado y configuración de la pérdida de audición. Recuperado de <http://www.asha.org/uploadedFiles/Tipo-grado-y-configuracion-de-la-perdida-de-audicion.pdf>

American Speech-Language-Hearing Association –ASHA- (s.f.). Hearing Screening and Testing. Disponible en <http://www.asha.org/public/hearing/Hearing-Testing/>

Arbeláez, Brigard, Escobar, Jimeno, Manrique, Ojeda, Páez. (2006). Protocolo del Examen Visual del Conducto Auditivo Externo, Otoscopia y Manejo de Cerumen. *Audiología Hoy*, (3) 3.

Escobar, M. (2012). Seminario Audiología Básica. Documento no publicado. Cali.

Jerger, S. y Jerger, J. (1981). *Auditory disorders. A manual for Clinical Evaluation* (1 Ed.). Boston, MA: Little Brown.

Henanmedical (s.f.). Smart tone automatic audiometer. Disponible en <http://www.henanmedical.com/smart-tone-automatic-audiometer.html>

Laboratorio de aplicación y Desarrollo de Instrumental Electrónico –LADIE- (2011). Audiómetro clínico. Disponible en <http://www.ladie-audiologia.com>

National Institute for Occupational and Safety Health –NIOSH-. (2007). Oídos curiosos desean saber. Datos importantes acerca de su examen auditivo. Disponible en http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2008-102_sp/pdfs/2008-102.pdf

Olmo, J. C. (2009). Los Grados de la Audición. Disponible en http://www.clinicasdeaudicion.com/documentos/articulos/los_grados_de_la_audicion.pdf

Olmo, J. C. (2011). La cabina audiométrica. Disponible en <http://www.clinicasdeaudicion.com/estudios/La%20cabina%20audiom%C3%A9trica.pdf>

Capítulo 5

Enmascaramiento contralateral

Laura González Salazar

laura.gonzalez@correounivalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6231-2374>

Cita este capítulo

González Salazar, L. (2018). Enmascaramiento contralateral. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 91-105). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 5

Enmascaramiento contralateral

Laura González Salazar

En este capítulo se pretende presentar a los estudiantes o lectores los principios de enmascaramiento auditivo. Sin un correcto enmascaramiento contralateral, es muy posible obtener umbrales de tono puro, indicativos de compromiso conductivo moderado en un oído que en realidad presenta compromiso neurosensorial profundo o una buena discriminación auditiva en un oído con discriminación realmente alterada.

La situación se presenta cuando encontramos a personas con pérdida auditiva unilateral o con perfiles asimétricos en la evaluación audiológica. Se genera un estímulo auditivo al oído con pérdida auditiva, a una intensidad tal que se transmita a través del cráneo y se escuche en el mejor oído, antes que se alcance el nivel del umbral auditivo en el oído con pérdida auditiva.

Un número de investigadores ha mostrado que un tono puro, presentado por conducción aérea o a través de los transductores de copa (auriculares) o de inserción en un oído al que se le buscan los umbrales auditivos, puede escucharse en el oído contrario cuando la intensidad de la señal esté en 50 o 60 dB por encima de la sensibilidad neurosensorial del oído no evaluado (respuesta por vía ósea). A este fenómeno o reducción de la intensidad de 50 o 60 dB desde el oído evaluado, a través del cráneo, hasta el oído contrario, se la ha llamado atenuación interaural. Sin embargo, cuando el estímulo auditivo se presenta por conducción ósea (mediante el vibrador óseo), esta atenuación es esencialmente de cero (0), lo que quiere decir que con un tono puro presentado a cero dB, estamos estimulando ambas cócleas al tiempo.

Así, es posible obtener una respuesta a una señal de conducción ósea a 0 dB en un oído con una pérdida neurosensorial profunda, si el oído opuesto tiene una sensibilidad auditiva normal. Se pueden obtener umbrales auditivos falsos para conducción aérea de 50 o 60 dB, en un oído muerto o anacúsico (antes llamado cofótico) o cuando hay una pérdida conductiva de igual severidad en el mejor oído.

De lo anterior se puede deducir que si no se aplica un enmascaramiento apropiado, en una persona con pérdida auditiva neurosensorial profunda unilateral se podría encontrar durante la evaluación audiológica una variedad de resultados para ese oído. También sin un enmascaramiento apropiado se podrían obtener falsos resultados en la logoaudiometría y en pruebas de diagnóstico audiológico especiales.

Para efectos clínicos, el enmascaramiento puede considerarse como la elevación en el umbral para una señal (tono de prueba), por la presencia de una segunda señal (el ruido enmascarante). Al pasar el sonido enmascarante al mejor oído, cambia su sensibilidad a un mayor umbral auditivo. Lo estamos ensordeciendo, para permitirle al tono puro que se le está presentado al peor oído, pasarlo a intensidades más altas, sin peligro de entrecruzamiento. La variación del umbral auditivo en el oído que recibe el enmascaramiento, es dependiente de la naturaleza e intensidad del ruido enmascarante.

Al igual que el tono puro presentado a alta intensidad en un oído que se está evaluando, puede cruzar el cráneo y escucharse en el oído contrario, así también, puede el ruido enmascarante cruzar y elevar el umbral en el oído evaluado. Esta situación se conoce como sobre-enmascaramiento.

Las preguntas que deben responderse el fonoaudiólogo y/o audiólogo, antes de enmascarar, serían fundamentalmente las tres siguientes:

- ¿Cuándo debo usar el enmascaramiento?
- ¿Qué clase de ruido enmascarante debo utilizar?
- ¿Cuánto enmascaramiento debo usar?

5.1 ¿Cuándo enmascarar?

Las consideraciones para cuándo enmascarar son, la intensidad de tono con el que se va a evaluar, el umbral auditivo del oído contrario y la atenuación interaural. Dado que este último factor varía en la prueba de conducción aérea y en la de conducción ósea, se consideran separadamente.

Para evaluar la conducción aérea (o la vía aérea) de un oído, es importante reconocer que la diferencia interaural se refiere a la diferencia entre el nivel de intensidad del estímulo auditivo y la sensibilidad de la conducción

ósea del oído no evaluado. Aunque el sonido se pase por el auricular o el transductor de inserción este cruzará el cráneo por la conducción ósea, siempre que la intensidad sea alrededor de 50 dB más alta que el umbral de conducción ósea del oído contrario, sin consideración de su umbral aéreo. La regla entonces para cuándo enmascarar en la búsqueda de umbrales auditivos por vía aérea, según Studebacker (1964) sería: “Siempre que el estímulo auditivo presentado al oído a evaluar exceda la sensibilidad de la conducción ósea en el oído contrario por más de 40 dB”.

Para evaluar la conducción ósea (vía ósea) se adopta también la regla de Studebacker que dice: “El oído no evaluado deberá enmascararse siempre que en el oído a evaluar se presente un gap aéreo-óseo”. Esto teniendo en cuenta que la atenuación interaural para un estímulo auditivo presentado por conducción ósea es insignificante y deberá considerarse como cero.

5.2 Ruidos enmascarantes

Para responder la pregunta ¿con qué tipo de ruido enmascarar? hay que considerar las clases de ruido disponibles en el audiómetro clínico que se use y la efectividad del enmascaramiento de cada uno de ellos. La cantidad de cambio del umbral producido por un sonido enmascarante depende no solo de la intensidad, sino también de la naturaleza del sonido.

Los ruidos enmascarantes que tienen los audiómetros clínicos actuales pueden ser: ruido blanco o de banda ancha, ruido de banda estrecha, ruido de habla. Algunos audiómetros tienen más de un sonido enmascarante. El ruido enmascarante más eficiente será aquel que produce el más grande cambio en el umbral, con la menor intensidad total. Sobre esta base, varios investigadores han demostrado una clara superioridad para el ruido de banda estrecha.

El ruido blanco, de banda ancha y algunas veces también llamado ruido “termal” se define como una señal que contiene energía de todas las frecuencias, en el espectro audible a intensidades aproximadamente iguales. La energía es continua a lo largo del espectro del ruido blanco y no decrece la intensidad con el cambio de la frecuencia a evaluar hasta alrededor de los 6000 Hz.

El ruido de banda estrecha se podría considerar como un ruido blanco en bandas de frecuencias restringidas, producidas por un filtramiento selectivo. Para la audiometría tonal, los filtros se establecen para producir una banda de frecuencias, con el tono de prueba en el centro de la banda.

5.3 Técnicas de enmascaramiento

5.3.1 Técnica de Hood

También conocida con los nombres de método *plateau* (meseta), método de cambio de umbral o método ensordecedor. Fue sugerido por Hood para enmascaramiento en la prueba de conducción ósea pero es igualmente aplicable a la prueba de conducción aérea.

En este procedimiento, inicialmente se obtienen los umbrales sin enmascaramiento en ambos oídos. Se observa luego la necesidad de enmascarar. Se presenta el ruido enmascarante por el transductor de copa o de inserción, a un nivel mínimo, en el oído contrario al que se le van a verificar los umbrales, incrementando la intensidad de dicho ruido enmascarante en pasos de 10 en 10 dB con una re-determinación o verificación del umbral auditivo por cada nivel de ruido enmascarante, hasta que se alcance una meseta del umbral de respuesta o sea un nivel en el que el umbral no muestre un posterior incremento, con el incremento del enmascaramiento, sobre un margen de al menos 30 dB del ruido enmascarante.

Con este método se podrían presentar tres situaciones: que el umbral inicial encontrado no cambie, que este umbral cambie o que el paciente lateralice la respuesta.

A continuación se ilustra cómo se procede en cada caso:

Tabla 11. Cuando en umbral de vía aérea del oído evaluado no cambia

	OD (Por donde se pasa el ruido enmascarante)	Frecuencia a evaluar	OI (Al que se le verifica el umbral)
Umbral auditivo	0 dB	1000 Hz	50 dB
Enmascaramiento de seguridad (10 dB sobre el umbral)	10 dB		Se verifica umbral 50 dB (No cambia)
Primer incremento de 10 dB de enmascaramiento	20 dB		Se verifica umbral 50 dB (No cambia)
Segundo incremento de 10 dB de enmascaramiento	30 dB		Se verifica umbral 50 dB (No cambia)
Tercer incremento de 10 dB de enmascaramiento	40 dB		Se verifica umbral 50 dB (No cambia)

Fuente: González, 2016.

Con el ejemplo anterior se comprueba que el umbral aéreo en la frecuencia de 1000 Hz en el oído izquierdo definitivamente es de 50 dB y en el audiograma se debe registrar con la convención de vía aérea hallada con enmascaramiento (J).

Tabla 12. Cuando en umbral de vía aérea del oído evaluado cambia

	OD (Por donde se pasa el ruido enmascarante)	Frecuencia a evaluar	OI (Al que se le verifica el umbral)
Umbral auditivo	0 dB	1000 Hz	50 dB
Enmascaramiento de seguridad (10 dB sobre el umbral)	10 dB		Se verifica umbral 50 dB (No responde)
			Se busca nuevo umbral 60 dB
Primer incremento de 10 dB de enmascaramiento	20 dB		Se verifica umbral 60 dB (No responde)
			Se busca nuevo umbral 70 dB
Segundo incremento de 10 dB de enmascaramiento	30 dB		Se verifica umbral 70 dB (No cambia)
Tercer incremento de 10 dB de enmascaramiento	40 dB		Se verifica umbral 70 dB (No cambia)
Cuarto incremento de 10 dB de enmascaramiento	50 dB		Se verifica umbral 70 dB (No cambia)

Fuente: González, 2016.

Con el ejemplo anterior se comprueba que el umbral aéreo en la frecuencia de 1000 Hz en el oído izquierdo no era de 50 dB, sino que la respuesta estaba siendo dada por el oído contrario. La respuesta real es de 70 dB y en el audiograma es esta última respuesta la que se debe registrar con la convención de vía aérea hallada con enmascaramiento (I).

Tabla 13. Cuando la respuesta es lateralizada (oye tono y ruido de enmascaramiento en el mismo oído)

	OD (Por donde se pasa el ruido enmascarante)	Frecuencia a evaluar	OI (Al que se le verifica el umbral)
Umbral auditivo	0 dB	1000 Hz	50 dB
Enmascaramiento de seguridad (10 dB sobre el umbral)	10 dB		Se verifica umbral 50 dB Rta. lateralizada al OD
Primer incremento de 10 dB de enmascaramiento	20 dB		Se verifica umbral 50 dB Rta. lateralizada al OD
Segundo incremento de 10 dB de enmascaramiento	30 dB		Se verifica umbral 50 dB (No responde)
			Se busca nuevo umbral 60 dB
Tercer incremento de 10 dB de enmascaramiento	40dB		Se verifica umbral 60 dB (No cambia)
Cuarto incremento de 10 dB de enmascaramiento	50 dB		Se verifica umbral 60 dB (No cambia)
Quinto incremento de 10 dB de enmascaramiento	60 dB		Se verifica umbral 60 dB (No cambia)

Fuente: González, 2015.

Con el ejemplo anterior, si se continúa incrementando el nivel de ruido enmascarante, eventualmente se podría observar un incremento posterior en el umbral de respuesta y se podría estar dando un sobre-enmascaramiento. Esto significa que el ruido enmascarante presentado en el oído derecho está pasando a la cóclea del oído evaluado y está cambiando la sensibilidad en este, más allá de su nivel actual. En los casos de enmascaramiento difícil, el incremento del enmascaramiento de 5 en 5 dB puede ser útil.

Tres fenómenos complican algunas veces el enmascaramiento: el sobre-enmascaramiento, el enmascaramiento central y el efecto de oclusión.

Efecto de sobre-enmascaramiento

Este se ve en el procedimiento de Hood cuando un oído que se evalúa, que de hecho retiene alguna sensibilidad (no es un oído cófónico o muerto), nunca muestra una “meseta” aún llegando a los límites de salida del audiómetro sino que continúa cambiando a dichos límites y más allá de ellos. El sobre-enmascaramiento llega a ser un problema práctico en grandes pérdidas conductivas bilaterales.

Enmascaramiento central

Se relaciona con el cambio del umbral que algunas veces ocurre en el oído evaluado, después de la presentación del ruido enmascarante al oído contrario a un nivel demasiado bajo para que cruce físicamente. Usualmente, el cambio no es de más de 5 dB pero puede llegar a ser hasta de 15 dB. La respuesta variable, asociada con el enmascaramiento central, reduce la sensibilidad de la prueba hecha en presencia del ruido enmascarante.

Efecto de oclusión

Es la mejoría aparente de la sensibilidad de conducción ósea, que resulta en mejores umbrales de conducción ósea cuando se cubre el oído con el auricular y queda el trago del oído contra el conducto auditivo. El efecto resulta de un incremento en la transmisión de la energía de baja frecuencia, desde el canal auditivo ocluido. Debido al efecto, hay una diferencia entre los umbrales de conducción ósea ocluidos y no ocluidos de los oídos normales y aquellos con pérdida neurosensorial, pero no en oídos con pérdida conductiva.

Según Naunton (1960), en pérdidas auditivas conductivas severas con gap aéreo-óseo de 50 o 60 dB como los encontrados en malformaciones congénitas de pabellón auricular, oído externo y/o medio, se puede presentar el “masking dilema” o “enmascaramiento difícil”. Los niveles de salida de ruido enmascarante del audiómetro no son suficientes para enmascarar en forma efectiva. En ese caso, se puede indagar la respuesta en un solo oído ubicando el vibrador óseo sobre la mastoides y registrando la respuesta en el audiograma con la convención que indica que está dada por la mejor cóclea. Este estudio se debe complementar con imagenología ya que al no poder verificar en forma monoaural la respuesta ósea enmascarada, no se puede dar el diagnóstico audiológico definitivo. Solo se puede “presumir” el diagnóstico de hipoacusia conductiva pura o mixta bilateral.

El procedimiento Hood de enmascaramiento es un método usado por los docentes al momento de dictar sus clases por considerar que brinda más información que otros métodos acerca de lo que está pasando a medida que se presentan los incrementos del ruido enmascarante y se establecen los umbrales sucesivos. El obtener una respuesta en meseta de 30 dB, que incrementa el resultado del enmascaramiento en un cambio adicional del umbral, asegura que se está usando el enmascaramiento adecuado. Este procedimiento evidentemente puede llevar más tiempo en su realización.

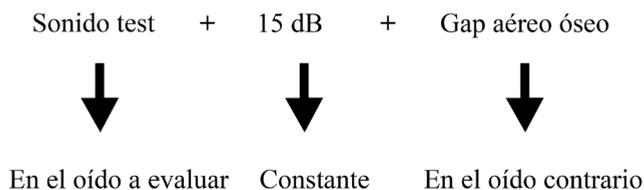
5.3.2 Técnica de Linden referenciada por Portmann

Está basada en las fórmulas para hallar el nivel de enmascaramiento mínimo necesario o criterio de eficacia y el nivel de enmascaramiento máximo o criterio de no repercusión para evitar el sobre-enmascaramiento. Para el primer cálculo, se toma una constante entre 10 y 15 dB. A esta constante se le suma el valor del gap aéreo-óseo más el umbral encontrado en el oído a evaluar. Para el segundo cálculo se toma el nivel de atenuación interaural más el umbral del oído a evaluar, se promedian estos dos valores y el resultado final corresponde a la intensidad del ruido enmascarante que se utiliza para la obtención de los umbrales reales. No es necesario que la respuesta se mantenga, ni realizar incrementos en la intensidad del ruido, si el paciente responde a la señal del tono puro.

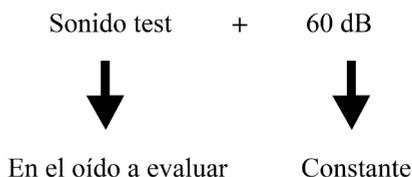
Igual que para la técnica de Hood, es necesario primero hallar los umbrales por vía aérea y ósea sin enmascaramiento en ambos oídos y luego analizar si es necesario enmascarar para verificar alguna respuesta.

Para enmascarar por vía aérea y por vía ósea, las fórmulas a utilizar son las siguientes en ambos casos:

Criterio de eficacia o nivel mínimo de ruido enmascarante:



Criterio de no repercusión o nivel máximo de ruido enmascarante:



El sonido test es el umbral de la vía aérea hallado sin enmascaramiento.

El sonido test es el umbral en el que descendería la vía ósea si se tratara de una hipoacusia neurosensorial, es decir, si la vía aérea está arriba o igual a 40 dB en 250 Hz, 60 dB en 500 Hz o 70 dB en las demás frecuencias, el sonido test corresponderá al umbral donde está la vía aérea (es decir, el punto máximo en el que caería la vía ósea si se tratara de una hipoacusia neurosensorial, o sea acompañando a la vía aérea). Pero si la vía aérea hallada sin enmascaramiento está, por ejemplo, en 100 dB en 2000 Hz, el sonido test será 70 dB, que es el punto máximo en el que caería la vía ósea si se tratara de una hipoacusia neurosensorial, teniendo en cuenta el rendimiento máximo del audiómetro para la vía ósea.

5.4 Preparación e instrucciones para el paciente

Antes de aplicar algún procedimiento o método de enmascaramiento, hay que informarle al paciente y no sorprenderlo con un ruido inesperado en sus oídos. Si se va a verificar alguna respuesta, con estímulo por vía aérea, desde el micrófono fuera de la cámara sonoamortiguada el evaluador le puede enviar la consigna al paciente, que podría ser la siguiente:

“Ahora usted va a escuchar un ruido como de lluvia o cascada en este oído, puede ser suave o puede ser fuerte (indicándole por dónde lo oirá). Por favor, no le haga caso a esa lluvia. Está pendiente de los sonidos pulsados que le voy a pasar y me levanta la mano del lado donde los escuche. Si los oye, pero no ubica con exactitud en qué oído está, puede levantar ambas manos”.

Para verificar que el ruido de enmascarar está pasando por el auricular, se le puede pasar a una intensidad alta y verificar con el paciente si lo está oyendo (a veces los audiómetros fallan al momento de un examen).

Si se van a verificar umbrales de vía ósea, el evaluador debe entrar a la cámara sonoamortiguada e indicarle al paciente lo siguiente: “Ahora le voy a poner esta pastilla o vibrador detrás de la oreja sobre este hueso (tocando la mastoide) y a tapar el otro oído con este auricular. El otro auricular le va a quedar sobre la mejilla del lado donde le quedará la pastilla. Va a volver a escuchar la lluvia. Por favor no le haga caso, ignórela y levante la mano cuando escuche los sonidos”. Así podría obtener mayor colaboración y aceptación de su parte.

Para ubicar bien el transductor óseo (pastilla o vibrador) sobre la mastoide del oído a evaluar, se debe despejar de cabello, y limpiar sudor o grasa, para evitar que este se resbale y toque el pabellón auricular durante la prueba. Luego, al ubicar el auricular sobre el oído contrario, se debe tener en cuenta que no quede cabello en medio y al ubicar el otro auricular sobre la mejilla del paciente, se debe observar que no haya quedado ocluyendo el conducto auditivo externo con el trago del oído o con el mismo auricular, para evitar el efecto de oclusión.

Audiología básica para estudiantes.

Es recomendable que el evaluador esté siempre de frente al paciente al momento de dar las instrucciones y de ubicar los aditamentos; así tendrá mejor comunicación con él y mejor visibilidad de la cara y la cabeza para ubicar el vibrador y los auriculares.

Referencias

Hood, J. D. (1960). Principles and practice of bone conduction audiometry. *Laryngoscope*, 70, 1211-1228.

Naunton, R. (1960). A Masking Dilemma in Bilateral Conduction Deafness. *Arch Otolaryngol*, 72(6):753-757.

Portmann, M. y Portmann, C. (1979). *Audiometría clínica* (5 ed.). Francia: Editorial Masson.

Studebaker, G. A. (1964). Clinical masking of air and bone-conducted stimuli. *J. Speech Hear. Is-ord.*, 29, 23-35.

Capítulo 6

Acumetría

Claudia Ximena Campo Cañar

xcampo@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5352-3065>

María Consuelo Chaves Peñaranda

mchves@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4020-0341>

Cita este capítulo

Campo Cañar, C. X. y Chaves Peñaranda, M. C. (2018). Acumetría. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 107-117). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 6

Acumetría

María Consuelo Cháves P.

Claudia Ximena Campo C.

La acumetría es una prueba que forma parte del grupo de las pruebas auditivas subjetivas porque requiere de la colaboración del paciente para poderlas efectuar. Es sencilla y de fácil interpretación, da información cualitativa y tiene como propósito determinar en qué zona del aparato auditivo periférico se encuentra la lesión que origina la hipoacusia, es decir, da una orientación topográfica. El examen se realiza con los diapasones y se considera clínicamente como una excelente herramienta que debe formar parte de toda exploración otológica y audiológica.

Los diapasones son instrumentos metálicos de acero o aleaciones de magnesio que pueden ser puestos en vibración a frecuencias determinadas y estables; están formados por un mango y por dos ramas iguales, capaces de producir un sonido puro de una determinada frecuencia. Son de diferente tamaño, espesor y vibración, algunos están provistos de sobrepesos para evitar la producción de armónicos (Salesa, Perelló, Bonavida, 2005).

Para la exploración audiológica, se utilizan las frecuencias correspondientes entre 125 y 4096 Hz. Las más utilizados son los de tonalidad grave: 128 Hz, 258 Hz y 512 Hz porque tienen una longitud de onda más larga y tienen más tiempo de transmisión en la masa ósea; por encima de 1000 Hz, el diapasón deja de vibrar más rápido. Para transmitir la vibración por vía ósea, se necesita que la energía sea mayor que por vía aérea.

Características

- El diapasón emite tonos puros a una intensidad máxima de 40 dB.

- Esto depende del tipo de diapasón, su frecuencia y el material con el que fue elaborado.
- Frente a pérdidas auditivas de 40 dB HL o más, por vía ósea, el diapasón deja de ser percibido.

Técnica

- Hacer vibrar el diapasón sosteniéndolo por el vástago, al tiempo que se hacen deslizar los dedos pulgar e índice de la mano opuesta sobre la ramas de este, desde la base hasta los extremos libres. Esto permite uniformar la amplitud de vibración e impedir la producción de armónicos audibles, no se debe golpear el diapasón sobre una superficie pues aumenta la producción de armónicos e incrementa la intensidad.
- La distancia entre el diapasón y el trago debe ser aproximadamente entre 1 a 2 cms, tener en cuenta que el vástago también vibra con distinta intensidad que las ramas, por eso se debe tomar suavemente y lo más cerca posible de la punta para que se use con las ramas colgando hacia abajo, pues así se percibe más.

Existen varias pruebas de diapasones. A continuación se describen las más fáciles de utilizar, que son las que proporcionan mayor información.

6.1 Prueba de Weber

La prueba de Weber se realiza de preferencia con un diapasón de baja frecuencia (256 Hz-512 Hz) porque la longitud de onda de los graves es más amplia, y al transmitirse por masa, se desplaza más fácil. Es una prueba aplicada sobre la vía ósea del examinado, mediante la colocación del vástago en un punto de la línea media de la cabeza, porque la transmisión ósea estimula las dos cócleas a la vez y es un punto equidistante.

Los puntos de colocación son la frente o nacimiento de la nariz, encima de los dientes (incisivos superiores), o en el vértex o nacimiento del cabello.

Instrucción

Se le indica al paciente que señale por cuál oído escucha el tono, si lo escucha por los dos o si lo percibe por toda la cabeza.

Respuestas

- Si el tono lo escucha igual en los dos oídos o en toda la cabeza, esto se denomina Weber indiferente y corresponde a audición normal o hipoacusia bilateral simétrica (igual audición, igual nivel, tipo de pérdida auditiva).
- Si lo lateraliza al lado afectado, corresponde a una hipoacusia de transmisión unilateral, y en las bilaterales, la que tenga mayor compromiso. El principio clínico radica en que la pérdida se reduce según la magnitud y la captación del sonido medioambiental en ese oído (Gallego y Sánchez, 1992). Al tener un oído bueno, el ruido medioambiental enmascara por vía aérea y hace que la cóclea comande por vía ósea; otros autores indican que el hecho de utilizar diapasones graves, y al haber más masa, hay más transmisión, lo que permite que las frecuencias graves se transmitan mejor. De igual manera, otros autores como Salesa, Perelló y Bonavida (2005) explican que en un oído sano, la vibración del oído externo y del medio puede transmitirse en los dos sentidos; en la hipoacusia de transmisión, la energía acústica no puede propagarse en sentido retrógrado, lo que refuerza la señal en el oído interno.
- Si se lateraliza al oído mejor, corresponde a hipoacusia sensorial o de percepción unilateral. En caso de hipoacusia bilateral asimétrica, se lateraliza al oído mejor. El principio radica en que la estimulación, al ser pasada por vía ósea, llega mejor al oído interno que tenga menos pérdida auditiva o sea al que tenga mayor reserva coclear.

6.2 Prueba de Rinné

La prueba de diapasones de Rinné se realiza de preferencia con un diapasón de baja frecuencia (256 hz-512 Hz), por las mismas razones de la prueba anterior. Con esta se compara la conducción aérea y la conducción ósea del oído examinado.

Técnica

Una vez se hace vibrar el diapasón, se alterna su ubicación, con su base en la mastoides del paciente, la superficie plana por detrás de la parte superior del pabellón auditivo, tan cerca del borde postero-superior del conducto auditivo externo como sea posible y luego de forma lateral al lado del pabellón auditivo (pero sin tocar el oído externo). Esta colocación evita el factor variable del grosor de los tejidos blandos (Northern, 1979).

Instrucción

Se le pide al paciente que indique hasta cuando escucha el tono o hasta cuando no capte el sonido e inmediatamente se ubican las ramas frente al pabellón. El principio clínico está dado por la amplificación o ganancia natural del sonido en el oído, lo que hace que la transmisión aérea sea mejor que la ósea en una relación 2:1.

Respuestas

- Si se percibe el sonido el doble de tiempo o más de lo que se escucha estando en la apófisis mastoides, es equivalente a una audición normal o a hipoacusia sensorial bilateral, por lo tanto, se denomina Rinné Positivo (+).
- Si no se escucha el sonido del diapasón cuando se coloca al lado del pabellón auricular, después de percibirlo sobre las mastoides, corresponde a una hipoacusia conductiva; en este caso se denomina Rinné negativo (-).

Falso Rinné negativo

Un falso Rinné negativo (-) ocurre cuando el diapasón apoyado en la mastoide del oído evaluado (evaluación de vía ósea de un oído) provoca conducción ósea por medio de los huesos del cráneo y llega hasta la cóclea contralateral, lo que produce audición por vía ósea en el oído no evaluado.

Fisiopatológicamente, ocurre cuando la cóclea que se está evaluando no percibe nada de audición. Audiológicamente, se estaría ante la presencia de una hipoacusia neurosensorial profunda (pérdida auditiva desde los 80 dB) o simplemente la ausencia total de audición (anacusia o cofosis). Mientras que el otro oído (no evaluado u oído contralateral) se puede encontrar completamente sano (rangos de umbrales auditivos entre 0 a 20 dB) o puede presentar una hipoacusia de carácter leve, es decir, con un oído no evaluado en condiciones de poder oír.

6.3 Prueba de Bing

La prueba de diapasones de Bing se realiza con diapasones de baja frecuencia (256 hz-512Hz). Compara la audición por vía ósea de un oído con o sin oclusión del trago. Está basada en el efecto de oclusión, que se refiere a la amplificación de los niveles de sonido de bajas frecuencias de señales por vía ósea, como resultado de la oclusión del canal auditivo externo (Gómez, 2006).

Técnica

Se realiza ubicando el tallo del diapasón sobre la apófisis mastoide del paciente; se procede a ocluir el trago con el dedo hacia el meato auditivo externo cuando ha dejado de percibirlo. Con la oclusión del conducto auditivo externo (CAE), se provoca una hipoacusia de transmisión artificial y momentánea (Salesa, Perelló y Bonavida, 2005).

Respuestas

- Si en oídos normales o con hipoacusia de percepción, al ocluir el CAE, mejora la conducción ósea, se denomina Bing positivo (+).
- Si al ocluir el CAE el evaluado no vuelve a oír o escucha muy bajo, existe una hipoacusia de transmisión y se le denomina Bing negativo (-).

6.4 Prueba de Schwabach

En esta prueba también se utilizan los diapasones de frecuencias graves. Compara el tiempo de audición por vía ósea entre el examinador y el examinado.

Técnica

Se pone el mango del diapasón en vibración sobre la mastoides del oído evaluado y se observa si el individuo lo percibe más o menos tiempo que el evaluador, que lo ubica también en su mastoides. En caso de no oírlo, lo hace al contrario y se compara el tiempo de sensación.

Respuestas

- En audición normal, se presenta la misma sensación y grado de audición entre el examinado y el examinador.
- En hipoacusia de transmisión, el examinado sigue escuchando el sonido del diapasón, cuando el examinador no lo oye, lo que se denomina Schwabach alargado.
- En una hipoacusia de percepción, el examinado lo escucha menos tiempo y se denomina Schwabach acertado.

Para registrar los resultados de las pruebas con diapasones se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 14. Registro de las pruebas con diapasones

PRUEBA DIAPASONES	OÍDO DERECHO	OÍDO IZQUIERDO
WEBER		
RINNÉ	+ / -	+ / -
BING	+ / -	+ / -
SCHWABACH	ACORTADO / ALARGADO	ACORTADO / ALARGADO

Fuente: Chaves, M: (2000).

6.5 Weber audiométrico

Se define como una prueba audiométrica subjetiva que permite comparar el estado auditivo de ambos oídos por vía ósea, permite orientar la localización de la lesión y confirmar patología conductiva o sensorio-neural, además de identificar la mejor cóclea y establecer la necesidad de enmascaramiento, en qué oído y en qué frecuencias.

El weber audiométrico identifica si la sensibilidad de las dos cócleas es igual o diferente, también cuál es la mejor cóclea para seleccionar el oído en el que se deba iniciar la evaluación de la vía ósea. Se considera un paso más de la audiometría tonal. Se realiza inmediatamente después de evaluar vías aéreas y antes de evaluar vía ósea; es indicada para una población mayor de cinco años.

Técnica

El vibrador óseo reemplaza al diapasón, este se pone en la línea media de la frente y se evalúan las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000Hz; se recomienda realizar la prueba con tono continuo de 10 dB sobre el umbral de la mejor vía aérea de cualquier oído. En algunos casos cuando el paciente tiene mucha masa muscular, se debe usar 15 dB (Escobar, 2012).

La lateralización del Weber puede variar según el caso, desde la lateralización total hacia un solo oído, hasta la percepción de los sonidos en uno y otro oído según la frecuencia (Gallego y Sánchez, 1992).

Respuestas

Se cumplen los mismos criterios del Weber con diapasones. La anotación se realiza fuera del audiograma por medio de flechas que indican la presencia o no de la lateralización hacia un oído en las distintas frecuencias.

6.6 Acumetría fónica o no instrumental

Comprende la evaluación de la percepción del habla utilizando como instrumento la voz del examinador a diversas intensidades y distancias. Se utiliza voz susurrada, normal y a alta intensidad.

Con voz susurrada, el evaluador se orienta en posición de costado al evaluado, a 1, 2 y 3 metros de distancia. El examinador con este tipo de voz (20 dB aproximadamente) pronuncia palabras de tonalidad grave (Juan, treinta, regla) y/o de tonalidad aguda (seis, papel, Miguel), que deben ser repetidas por el paciente. Si el paciente no presenta respuesta con voz susurrada a 1 metro, se infiere que presenta una hipoacusia de carácter moderado. Se comienza en estos casos con voz alta. Cuando la voz a altas intensidades es percibida recién a menos de 1 metro, se infiere hipoacusia severa.

Referencias

Escobar, M. (2012). Seminario Audiología Básica. Documento no publicado. Cali.

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). *Audiología, Visión de Hoy*. Manizales: Litografía Cafetera.

Gómez, O. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Northern, J. (1979). *Trastornos de la audición*. España: Salvat Editores.

Salesa, E., Perelló, E. y Bonavida, A. (2005). *Tratado de Audiología*. Barcelona: Editorial Masson.

Capítulo 7

Logoaudiometría (audiometría verbal)

María Consuelo Chaves Peñaranda

xcampo@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5352-3065>

Cita este capítulo

Chaves Peñaranda, M. C. (2018). Logoaudiometría (audiometría verbal). En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 119-140). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 7

Logaudiometría (audiometría verbal)

María Consuelo Chaves Peñaranda

La forma más antigua de valorar la audición de un individuo era utilizando el lenguaje como estímulo; sin duda es lo que más se acerca a la realidad sonora del individuo. Debido a que en condiciones fisiológicas normales habitualmente no se escuchan tonos puros, sino sonidos complejos y los más importantes, socialmente hablando, son las palabras, diversos autores emplearon los sonidos complejos para determinar los problemas auditivos. Entre ellos está Bezold, quien dio a conocer el procedimiento utilizando generalmente números emitidos en voz cuchicheada a diferentes distancias y según los resultados establecía el grado de sordera o de deficiencia auditiva. Posteriormente, Fletcher hizo uso de la medición de los fonemas para determinar el valor de la audición a través de la palabra y sobre estos ensayos con pruebas de articulación, Stevens, Davis y Silverman (después de la II Guerra Mundial), establecieron la logaudiometría actual, controlando inicialmente características como intensidad y distancia pero dado que eran muy variables, finalmente crearon listas de palabras balanceadas fonéticamente (De Sebastián, 1999).

La logaudiometría es una prueba que aporta una importante información tanto de la pérdida de la audición para el lenguaje oral como de la calidad de la audición residual de un individuo y forma parte integral del estudio audiológico de un paciente. Con esta prueba no puede saberse qué audición tiene el paciente frecuencia a frecuencia, pero aporta una idea más global de la audición y de la integración de esa información sonora verbal.

Antes de conocer la importancia de esta prueba, es primordial entender algunos conceptos que están íntimamente relacionados: *oír*, es percibir el sonido por medio del oído, *escuchar* significa tener conciencia y estar atento por voluntad propia a lo que se oye y *comprender* implica entender el significado de los sonidos. Para que estos procesos se den, se necesita de un correcto funcionamiento de procesos fisiológicos, psicológicos y conexiones a nivel central.

Las pruebas verbales son numerosas, dependen de lo que se quiera medir; entre ellas están: logaudiometría tradicional, logaudiometría por vía ósea y logaudiometría sensibilizada (Gallego y Sánchez, 1992).

7.1 Logaudiometría tradicional

A través de este procedimiento se busca hallar la captación y discriminación del oído para el lenguaje oral, estableciendo el porcentaje de palabras entendidas correctamente con una determinada intensidad, expresada en decibeles relativos; explora aspectos neurosensoriales y neurofisiológicos de la audición (Gallego y Sánchez en 1992, como se citó en Neira et al. 2009).

Carhart establece que existe una estrecha relación entre las llamadas frecuencias conversacionales (500, 1000 y 2000 Hz), que corresponde al promedio de tonos audibles y la intensidad a la que se percibe el lenguaje.

7.1.1 Usos de la logaudiometría

- La principal indicación de la prueba es comprobar el umbral tonal con el umbral vocal.
- Evaluación prequirúrgica en pacientes hipoacúsicos.
- Medir la incapacidad social del individuo o evaluar la efectividad de comunicación.
- Programar y evaluar procesos de rehabilitación.
- Detectar simuladores o cuadros psicógenos.
- Determinar indirectamente el fenómeno de reclutamiento.
- Adaptación de prótesis auditivas.
- Como topodiagnóstico en hipoacusias (sitio de lesión).
- En salud ocupacional, permite determinar la audición real y efectuar el cálculo de invalidez auditiva.
- Determinar la necesidad de pruebas complementarias avanzadas.

7.1.2 Clasificación de las pruebas verbales

Según Salesa (2005), las pruebas verbales se pueden clasificar en dos grupos:

a. Pruebas liminales: buscan el umbral o el mínimo nivel de intensidad al que el sujeto responde de manera adecuada.

b. Pruebas supraliminales: determinan la función auditiva por encima del umbral tonal para cuantificar la capacidad de discriminación o inteligibilidad del lenguaje.

7.1.3 Material

- Audiómetro clínico, debidamente calibrado y provisto de:
 - Dos micrófonos (entrada/salida) o grabación (la salida va a los auriculares o parlantes situados en la cámara).
 - Unidad de volumen/sistema MLV o Vúmetro.
 - Auriculares/parlantes/vibrador.

- Cámara sonoamortiguada

Debe cumplir con los niveles de ruido establecidos por la norma. En Colombia la resolución 8321 de agosto 4 de 1983, artículo 53 dice que los niveles máximos de presión sonora del ambiente en el que se realiza la prueba deben ser (Ministerio de salud, 1983):

500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
40 dB	40 dB	47 dB	57 dB	62 dB

- Listas de palabras

En estas pruebas, esenciales en la práctica diaria, se emplean listas de palabras confeccionadas y preestablecidas; en inglés se utilizan bisílabas espondáicas, inexistentes en español; en países de habla hispana como México, Argentina y España, palabras bisílabas. Los pioneros en el diseño de este tipo de listas fueron Tato, Lorente, Sanjurjo y Bello (Oramas & Rodríguez en 1997, citados en Neira et al, 2009) y marcaron una pauta muy importante con la creación de otras. Dichas listas se emplearon posteriormente en el resto de Latinoamérica.

A nivel nacional, se iniciaron investigaciones para la validación de listas de palabras desde 1984, teniendo en cuenta el contexto sociocultural colombiano; la primera de estas investigaciones la realizó la Universidad

Nacional de Colombia, retomando la lista de Carvajal, Charry y Salguero, otros estudios se llevaron a cabo en población infantil, como el desarrollado por la Universidad Católica de Manizales y la Corporación Universitaria Iberoamericana con la lista Ibero para hallar el SRT (umbral de reconocimiento de la palabra) (Neira, L. et al. 2009).

Para la localización de los umbrales y porcentajes de discriminación auditiva, se requiere, generalmente, de palabras monosílabas y polisílabas de dos a tres sílabas con buena distribución de tonos agudos y graves, hasta frases y oraciones completas. La logaudiometría con frases y oraciones se acerca más a la realidad que la que se efectúa con palabras; sin embargo, la prueba con frases ofrece más bien información acerca de la comprensión del lenguaje, de tal manera que su uso se justifica para valorar procesos auditivos centrales y adaptación de audífonos.

El material verbal utilizado debe cumplir con las siguientes características:

- a) Fonéticamente balanceado.
- b) Tener significado para la persona.
- c) Diferenciación fonética.
- d) Igual audibilidad (fácil de captar).
- e) Pronunciación fija.
- f) Proporcionalidad entre los diferentes sonidos del idioma.

Además, puede ser presentado a través de diferentes transductores como: auriculares, que son los de mayor uso, vibrador óseo o parlantes cuando se requiere evaluar en campo libre. Se utiliza frecuentemente viva voz: método flexible pero variable, en el que se requiere de dos micrófonos: uno para el examinador y otro para el evaluado con un indicador de volumen que permita al examinador mantener una intensidad de voz estable. También se pueden utilizar cintas de grabación; este método ofrece estandarización, pero es más rígido.

7.1.4 Técnicas

Desde el momento en que se inicia la conversación con el paciente, se está evaluando indirecta o informalmente su capacidad para escuchar y comprender el lenguaje. Para la realización de la prueba se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Anamnesis audiológica: es importante para obtener información necesaria acerca de la naturaleza de la pérdida auditiva y el compromiso en las habilidades comunicativas del individuo.
- Otoscopia: se realiza para comprobar la presencia de cerumen u objetos extraños en el conducto auditivo externo y observar la integridad y el estado de la membrana timpánica, aspectos que pueden impedir la ejecución de la prueba.
- La evaluación se realiza con el paciente dentro de la cámara sonoamortiguada.
- De acuerdo con las características comunicativas del paciente, se deben proporcionar las instrucciones claras sobre la forma en que debe responder.
- Se ubican los auriculares de manera que queden bien ajustados evitando el efecto de oclusión; de igual manera, se pueden usar transductores de inserción, parlantes para evaluación en campo libre y el vibrador en el caso de la logoaudiometría por vía ósea.
- Como en la audiometría tonal, se inicia la evaluación por el mejor oído ante pérdidas auditivas asimétricas o por el oído de lateralidad dominante en pérdidas simétricas.
- Se realiza la prueba en la frecuencia de 1000 Hz.

Para la realización de las pruebas liminales y supraumbrales existen varias técnicas, argumentadas por autores americanos y europeos; entre las más usadas están:

a) Técnica americana (Hirsh)

Está basada en la relación que existe entre intensidad y porcentaje de discriminación. La filosofía americana se basa en dos principios:

1. El lenguaje puede ser detectado en niveles más bajos que los que se necesita para discriminar.
2. El grado de entendimiento está relacionado con la intensidad de la señal y varía dependiendo del tipo de estímulo que se utilice.

La técnica comprende varias subpruebas:

- *Prueba de detección del habla:* SAT (Speech Awareness Threshold), umbral de atención del habla, que corresponde al nivel mínimo de intensidad en el que una persona puede indicar cuándo detecta voz humana sin necesidad de que entienda su significado (Katz, 1994).

Para la realización de la prueba se pueden utilizar sílabas, palabras, lenguaje corrido a una intensidad de 20 dB por debajo del umbral sospechado o a -10 dB del audiómetro, luego ascender 5 dB y repetir hasta que el sujeto perciba la voz hablada (Salesa, Perelló y Bonavida, 2005). Se expresa en dB HTL y es aplicada en el caso de que sea imposible lograr un SRT (Speech Reception Threshold), prueba de umbral de recepción del habla. Esta subprueba es la menos usada en la rutina clínica porque aporta más el SRT o un SD (Speech Discrimination), prueba de discriminación del habla.

- *Prueba de umbral de recepción del habla:* sigla en inglés, SRT. Determina el umbral de recepción o audibilidad de la palabra; corresponde al nivel de intensidad más bajo en el que se puede indicar el reconocimiento del 50 % del material verbal presentado. El paciente contesta dos de cuatro palabras a una misma intensidad. Este nivel es expresado en dB HTL. En el idioma inglés, se utilizan palabras espondeicas (palabras compuestas) (Stach, 1998) y en español palabras trisílabas (Escobar, 2011).

Para llevar a cabo la prueba se recomienda la siguiente metodología:

Técnica descendente: se inicia dando la instrucción al paciente, con palabras como “va usted a oír unas palabras, repita una por una y cuando no las oiga con claridad, intente adivinar de qué palabra se trata”. Posteriormente, incrementar 25 dB HL por encima del PTP (promedio de tonos puros de las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 3000 Hz); si no se conoce, 25 dB por encima del umbral de la frecuencia de 1000 Hz. Pasar series de cuatro palabras en cada intensidad y de acuerdo con la respuesta del paciente, hacer decrementos de 10 dB HL o incrementos de 5 dB HL hasta que solo repita dos palabras.

Técnica ascendente: iniciar en el nivel más bajo de intensidad del audiómetro o en el PTP; pasar series de cuatro palabras en cada intensidad y, de acuerdo con la respuesta del paciente, hacer incrementos de 10 dB HL

o decrementos de 5 dB HL hasta encontrar el umbral de recepción verbal o el registro de dos de las cuatro palabras presentadas. Este método puede ser más difícil para algunas personas y puede tomar más tiempo, pero la diferencia de técnicas no debe ser mayor de 5 dB HL. La comparación de las dos técnicas se usa en casos médico-legales (Gómez, 2006).

El SRT tiene relación con el PTP, la reciprocidad no debe ser mayor de 8 dB HL; al respecto, Salesa, et al (2005), explican que el valor clínico de esta prueba es la correspondencia entre el resultado y el umbral tonal de las frecuencias conversacionales. Si se presenta diferencia entre uno y otro resultado de más de 15 dB, puede deberse a que la audiometría tonal es sospechosa, no se realizó con la técnica adecuada, el equipo está mal calibrado o el evaluado es un simulador.

- *Prueba supraliminal o de discriminación:* sigla en inglés, SD. Corresponde al porcentaje de discriminación del lenguaje. El material para esta prueba se debe seleccionar cuidadosamente, con el fin de conseguir una sensibilidad que permita detectar cualquier disminución en la discriminación; se requiere de palabras fonéticamente balanceadas (monosílabas), siendo el 100% el resultado en normo-oyentes.

Figura 24. Registro de la logaudiometría con la técnica americana

	O.D.	O.I
SAT		
SRT		
SD	/	/

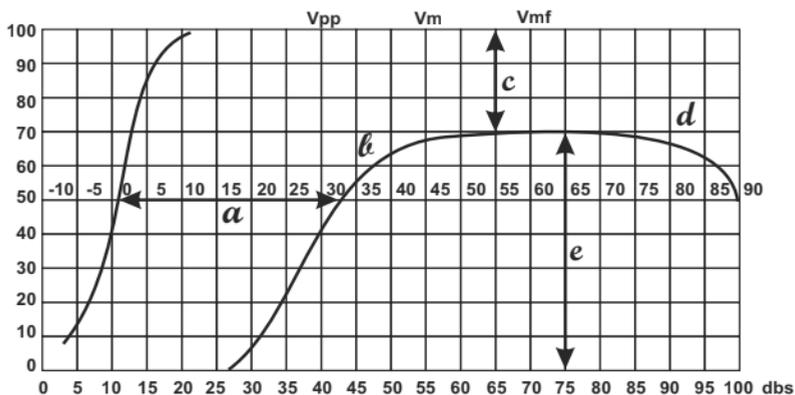
Fuente: Chaves, M; Fonoaudióloga Especialista en Audiología (2000).
 Logaudiometria. Programa de Fonoaudiología, Universidad del Cauca.

b) Técnica francesa (Portmann)

Con esta técnica se determina la curva de inteligibilidad, que tiene las siguientes características (Portmann, 1979):

- Umbral de inteligibilidad (sensibilidad del oído): es la medida en dB sobre la ordenada, 50% de la distancia que separa la curva patológica de la normal.
- Declive de la curva.
- Umbral máximo de inteligibilidad correspondiente a la curva de mejor desempeño.
- Umbral de distorsión.
- Porcentaje de discriminación: porcentaje de vocablos comprendidos a una intensidad de 35 dB por encima de umbral de inteligibilidad (sensibilidad).

Figura 25. Curva de inteligibilidad (Portmann, 1979)



Fuente: Tomado de Portmann, M. Audiometría clínica

Es indispensable dar buena instrucción al paciente con palabras como “va usted a oír unas palabras, repita una por una; si solamente escucha la voz indique; cuando no oiga la palabra con claridad, intente adivinar de qué palabra se trata”. La metodología recomendada es la siguiente:

Método ascendente: iniciar en el nivel más bajo de intensidad del audiómetro o en el PTP e incrementar la intensidad de 10 en 10 dB. Cuando el paciente avise que oye pero no entiende, tomar la intensidad; continuar con incrementos de 10 dB o decrementos de 5 dB, pasando el listado de

diez palabras y anotar la intensidad a la cual el paciente repite el 10% de las palabras; se sigue, de esta forma, incrementando la intensidad hasta que repita el 50 % y luego el 100% del material verbal presentado.

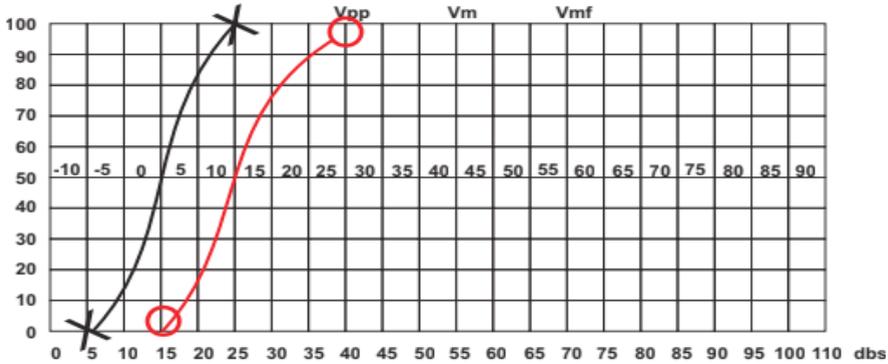
Método descendente: poner el atenuador de intensidad con un volumen cómodo para el paciente 30-40 dB sobre el umbral auditivo promedio en la zona del lenguaje (PTP), pasar la primera lista de diez palabras y anotar el porcentaje de discriminación. Disminuir la intensidad de 10 en 10 dB, pasando una lista en cada intensidad hasta encontrar el 50% de discriminación. De igual manera, disminuir la intensidad hasta encontrar la discriminación del 10% y el umbral de voz. En patología auditiva, se recomienda aumentar la intensidad para determinar distorsión en la discriminación.

Se buscan 5 umbrales:

1. Umbral de defectibilidad de la voz: es el nivel mínimo de intensidad al cual se detecta habla, oye la voz pero no entiende (normal: ± 13 dB HL); podría compararse con el SAT.
2. Umbral de audibilidad/defectibilidad de la palabra: el paciente repite la primera palabra, 10% discriminación (normal $\pm 15 - 20$ dB HL).
3. Umbral de captación o inteligibilidad: corresponde al nivel de intensidad en dB HL en el que el paciente repite el 50% de las palabras (normal: ± 35 dB HL). El trazado de la logaudiometría intercepta el 50% el eje X del logaudiograma.
4. Umbral de discriminación o máxima inteligibilidad: corresponde al nivel mínimo de intensidad en el que se obtiene el 100% o máxima discriminación (normal: ± 40 dB). Se expresa en decibeles SL.
5. Umbral de distorsión: es el nivel de intensidad en el que el porcentaje de discriminación empieza a disminuir.

Los resultados de la evaluación se anotan en la gráfica en la que las ordenadas corresponden al porcentaje de discriminación y las abscisas a la intensidad, llamada logaudiograma. El número de palabras correctas por cada intensidad se registra ubicando un punto en el gráfico y se traza la curva con base en los puntos obtenidos.

Figura 26. Logoaudiograma



Fuente: Tomado de Portmann, M. Audiometría clínica

Teniendo en cuenta las anteriores técnicas descritas, es importante mencionar otro tipo de medida: el Índice de Rollover, que es una prueba que permite realizar un diagnóstico diferencial entre patología coclear y retrococlear, basada en el comportamiento de la discriminación vs intensidad; en ella, se hacen incrementos de intensidad por encima de la necesaria para alcanzar el 100% de discriminación, sin llegar al umbral de molestia; es considerada como prueba de sitio de lesión.

Técnica: presentar el mismo material que se utiliza para el SD, hacer tres incrementos de 10 dB HL sobre el SD y en cada incremento pasar una lista de palabras. Para el análisis de los resultados se tiene en cuenta: el PBmax (porcentaje de discriminación más alto), el PBmin (porcentaje de discriminación más bajo) y se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{PB (max)} - \text{PB (min)}}{\text{PB (max)}} = \text{Rollover}$$

Índice mayor a 0.45 indicativo de patología retrococlear (Katz, 2002).

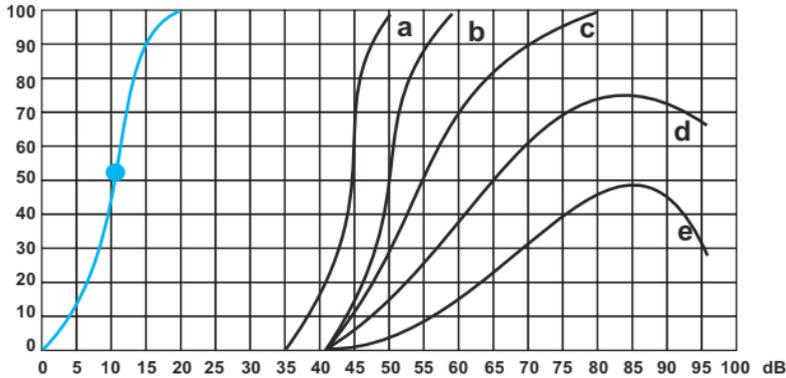
7.1.5 Consideraciones

- Información al sujeto de lo que se trata la prueba.
- No pasar palabras muy rápido ni muy despacio.
- No repetir en el mismo sujeto listas iguales.
- Emitir las palabras con el mismo tono de voz.
- En pacientes difíciles de evaluar como niños pequeños, sujetos con fallas articulatorias múltiples, con Accidente Cerebro-Vascular (ACV), parálisis cerebral o laringectomizados, se les puede permitir señalar láminas, objetos, palabras impresas o escribir.

7.1.7 Tipo de curvas

- Curva normal: se observa cuando al unir los puntos obtenidos resulta un trazado inclinado semejante a una S mayúscula; parte de 0 dB y el 100% de discriminación termina entre 15 y 25 dB.
- Curva desplazada: paralela a la curva normal pero desplazada a la derecha, puede indicar el 100% de discriminación. Se presenta en hipoacusia conductiva, sensorial o mixta leve.
- Curva en meseta: paralela a la normal hasta alcanzar un determinado nivel de porcentaje de discriminación que no sobrepasa aun aumentando la intensidad. Se presenta en hipoacusias sensoriales sin reclutamiento (retrococleares) y mixtas.
- Curva en campana: luego de alcanzar un máximo nivel de discriminación, tiende a caer adoptando la forma de campana; indica distorsión de discriminación. Se presenta en hipoacusia sensorial con reclutamiento, caída en agudos, patologías centrales.
- Curva verticalizada: representa gran pérdida en tonos graves como por ejemplo hipoacusias conductivas (otosclerosis incipiente).

Figura 27. Tipos de curvas de inteligibilidad: en azul normal. En a y b hipoacusia de transmisión. En c y d hipoacusia neurosensorial endococlear - retrococlear. En e hipoacusia neurosensorial endococlear reclutante.



Fuente: Tomado de Portmann, M. Audiometría clínica

7.1.8 Enmascaramiento en la audiometría verbal

Siempre que haya la menor sospecha de intervención del oído contrario en los resultados, se debe enmascarar. El ruido enmascarante que se usa en esta prueba es el Speech Noise (ruido del habla), que contiene los elementos ponderados de las frecuencias conversacionales.

¿Cuándo enmascarar el umbral de recepción del habla?

- El SRT del oído evaluado y el SRT o el PTP (Promedio de Tonos Puros) del oído no evaluado tienen una diferencia de 40 dB o más.

- El SRT del oído evaluado y el PTP (Promedio de Tonos Puros) de conducción ósea del oído no evaluado tiene una diferencia de 40 dB o más. El método recomendado para enmascarar SRT es la técnica de meseta (en este caso no se pasan tonos sino palabras), que consiste en sumar 30 dB al SRT del oído no evaluado, en el que se hacen tres incrementos de 10 dB y se pasan listas de cuatro palabras en cada incremento.

¿Cuándo enmascarar la prueba de discriminación SD?

- Al enmascarar por vía aérea con tono puro.
- El nivel de presentación del oído evaluado y el PTP (Promedio de Tonos Puros) o SRT del oído no evaluado tiene una diferencia de 40 dB o más.
- El nivel de presentación del oído evaluado y el PTP (Promedio de Tonos Puros) de conducción ósea del oído no evaluado tiene una diferencia de 40 dB o más.

7.1.8.1 Métodos recomendados para enmascarar SD

Calcular correctamente el nivel de enmascaramiento es necesario para evitar que el oído contrario participe en los resultados de la prueba; existen varias propuestas:

- El principio de Studebaker dice que el nivel de presentación del enmascaramiento es igual al nivel de pérdida auditiva del oído examinado menos la atenuación interaural (40) más 5 dB de reserva.

$$E = IS_T - AI + (A - O)_M$$

Donde E (intensidad de enmascaramiento), será igual a: $IS_{T= \text{intensidad}}$ de la señal verbal presentada en el oído evaluado, menos $AI = 40$ dB (atenuación interaural), mas $(A - O)_M =$ máxima diferencia ósea-aérea (Rinné) del oído enmascarado (Salesa, Perelló y Bonavida, 2005).

Es importante tener en cuenta el nivel efectivo del enmascaramiento y controlar la presencia de sobreenmascaramiento o de enmascaramiento insuficiente.

Según la técnica francesa (Portmann):

- Se debe enmascarar cuando se sospecha que el oído contrario al evaluado interviene en la inteligibilidad de este y hay diferencia de 55 dB entre vías aéreas.
- La intensidad del enmascaramiento debe ser menor en 40 a 30 dB que la intensidad a la cual se pasa el grupo de palabras o ser igual a la utilizada en la audiometría tonal para zona del lenguaje (Gallego y Sánchez, 1992).

7.2 Logaudiometría por vía ósea

Es empleada en el diagnóstico diferencial de hipoacusias conductivas y sensoriales. Esta técnica utilizada inicialmente por Tato, en Argentina, también está indicada para el diagnóstico de algunas patologías como las hipoacusias mixtas y las hipoacusias de origen central, que arrojan resultados dudosos en la audiometría tonal y en la logaudiometría aérea (Ariza y Rivas, 2007).

La técnica que se utiliza es la misma que para la vía aérea, se pasa el estímulo vocal por el vibrador óseo utilizando enmascaramiento ya que de lo contrario se puede estimular la cóclea del oído contrario. Los resultados son interpretados igual que los de vía aérea en la técnica de Portmann; en caso de una hipoacusia conductiva, la logaudiometría por vía aérea mostrará una curva desplazada mientras que la de la vía ósea estará normal debido a la integridad de la cóclea y del nervio.

7.3 Logaudiometría sensibilizada

Corresponde, junto a los test fonéticos, a las pruebas vocales especiales. En particular buscan determinar trastornos cocleares o centrales que cursan con una deficiencia en la comprensión del lenguaje, aun cuando la audición tonal todavía se encuentre dentro de los límites normales. Esta discrepancia entre buena audición tonal y mala comprensión del lenguaje se hace realmente válida para la comprensión del lenguaje en condiciones dificultosas.

La logaudiometría sensibilizada fue definida por Tato y Quirós como todo tipo de artificio que modifique o distorsione las cualidades de la voz o el mensaje hablado, que crea dificultades para la interpretación de dicho mensaje, las cuales podrán ser superadas por personas sin perturbación auditiva, perceptiva, comprensiva o psíquica (Gallego y Sánchez, 1992).

Para comprobar la capacidad o incapacidad de las vías auditivas centrales en la transmisión de imágenes acústicas independientes entre sí, existen diversas pruebas con las que se intenta reducir al mínimo la gran redundancia normal del lenguaje, para poder llegar así al límite de rendimiento de las vías centrales y estaciones de transferencia, que normalmente se encuentran protegidas por múltiples mecanismos de seguridad.

Los pacientes con problemas auditivos centrales a menudo presentan dificultad en el manejo de fusionar en forma binaural estímulos simultáneos y ante la presencia de ruido competitivo. Los procedimientos de los test están basados en principios como:

- El paciente normalmente no mostrará una pérdida auditiva significativa para tonos puros en ningún oído.
- El síntoma primario será la dificultad para comprender estímulos verbales presentados en el oído opuesto al lado afectado del cerebro.
- Las tareas de inteligibilidad verbal, que incluyen señales binaurales no coherentes, serán muy sensibles a los trastornos del lóbulo temporal.

Entre las pruebas para determinar desórdenes en el procesamiento auditivo central se encuentran las pruebas conductuales y las electrofisiológicas. Las pruebas conductuales corresponden a pruebas audiológicas en las que el estímulo acústico se encuentra manipulado con el fin de estudiar una función auditiva en particular. Dentro de este grupo se encuentran pruebas de discriminación de redundancia disminuida en las que las palabras presentadas pueden estar filtradas, comprimidas etc.; otras son las pruebas de estimulación *dicótica* (estimulación diferente para cada oído), *diótica* (estimulación simultánea a ambos oídos), en condiciones de recepción *binaural* (participación perceptiva de cada oído similar y simultánea, se reúne en una sola imagen o impresión sonora) o *biaural* (cuando los receptores no transmiten impulsos similares y simultáneos y predominantemente se usa uno u otro oído con períodos de alternancia por presencia de disfunción).

La logaudiometría sensibilizada es una herramienta importante también para la adaptación de audífonos. A continuación se describe la técnica según Escobar (2014):

- Discriminación de 50 palabras monosílabas (sílabas cerradas).
- Ruido: Speech noise, banda estrecha, blanco o tipo coctel.
- Por un oído se pasan las palabras y por el otro ruido.
- Evaluar tres relaciones S/R (señal-ruido):

1. 50 palabras con intensidad igual a la intensidad del ruido.
 2. 50 palabras con igual intensidad e incrementar la intensidad del ruido 10 dB por encima.
 3. 50 palabras con igual intensidad e incrementar la intensidad del ruido 20 dB por encima.
- Respuestas: se reporta en la gráfica de desempeño-intensidad.
Interpretación: deterioro de la discriminación del 20% o menos: no hay déficit en procesamiento auditivo central.

7.4 Logaudiometría infantil

La logaudiometría antes descrita podrá aplicarse también en niños, solo hay que adaptar el material al grupo de edad; esta es la diferencia con la del adulto, en los recursos que han de emplearse para que el niño participe y realice la prueba. Además se ha de tener en cuenta que es para niños con verbalización; en algunos casos de pacientes con problemas auditivos, problemas de aprendizaje u otras disfunciones concomitantes, la logaudiometría infantil puede ser poco fiable, ya que las palabras seleccionadas para un grupo de edad, pueden no aplicar al niño que tenga un nivel de desarrollo léxico que no corresponda con su edad cronológica.

Al igual que la logaudiometría en adultos, esta es la prueba que permite un estudio completo del órgano auditivo desde la periferia hasta los centros corticales encargados de descifrar el mensaje sonoro. En los niños, la logaudiometría, en sus distintas variantes, permite una exploración audiológica más fiable para hallar el umbral auditivo que la audiometría tonal, al menos hasta los seis o siete años.

Existen varios factores que inciden en las pruebas y respuestas por parte de los niños como: periodos de atención cortos, cooperación, lugar de evaluación, bajo índice de fatigabilidad, limitaciones en la comprensión y expresión del lenguaje, problemas neurológicos, la edad cronológica y mental.

La mayoría de pruebas de audiometría verbal para niños menores son pruebas de umbral, generalmente de respuesta cerrada, en las que la respuesta informa de la intensidad a la que ha oído el mensaje, si ha

entendido la orden y si conoce la palabra. Para niños mayores, entre los cuatro y los cinco años, se podrían establecer pruebas supraumbral para determinar su capacidad de discriminación.

A continuación se describen algunos procedimientos evaluativos que se utilizan para estas edades, que son principalmente de orden subjetivo:

Estimulaciones vocálicas

Hasta los dos años y medio. Se realiza en campo libre con sonidos del medio ambiente y del lenguaje, calibrados en bandas de frecuencias más o menos estrechas que cubren en intensidad y frecuencia similares a los valores de la logaudiometría convencional. Las estimulaciones vocálicas cumplen con el objetivo de la logaudiometría tradicional en el sentido de que permiten confirmar las respuestas de la audiometría tonal.

Procedimiento: ubicar a la madre con el niño dentro de la cámara sonoamortiguada, dar indicaciones de no hablar durante la prueba y presentar material didáctico para que el niño se entretenga; fuera de la cabina se encuentra el evaluador, quien no debe distraer al niño. Los estímulos vocálicos se pasan en campo libre, se ubican los diales del audiómetro en 1000 Hz y se inicia en intensidad baja, la cual se va aumentando de 10 en 10 dB hasta encontrar reacción del niño. Los estímulos vocálicos utilizados son:

- CUCÚ o BEBÉ: zona frecuencial 25 – 75 Hz
- TCH – TCH: zona frecuencial 3000 – 6000 Hz
- SILBIDO: zona frecuencial 2000 Hz

Las respuestas a las frecuencias graves y agudas se pueden observar con reacciones como: búsqueda de la fuente sonora; sorpresa; cese de actividad como el juego, sonrisa, llanto; entre otras (Camacho, 1998).

Test percepción sonora del lenguaje

Hasta dos años y medio. Los estímulos utilizados para esta prueba son reacción al nombre emitido por el examinador, reacción a sonidos del

lenguaje: graves (p, o), agudos (s, ch, j, i) o igual material del test anterior. Se debe ubicar a la madre con el niño dentro de la cámara sonoamortiguada, dar indicaciones de no hablar durante la prueba y presentar material didáctico para que el niño se entretenga; fuera de la cabina se encuentra el evaluador, quien no debe distraer al niño. Se pasa el primer estímulo en campo libre a un nivel de confort, por ejemplo a 40 dB y si la respuesta es positiva, se baja la intensidad hasta encontrar el umbral.

Una respuesta de 30 dB se considera normal para este grupo de edad, 20 dB corresponden a un umbral audiométrico de 10 a 5 dB. Si no hay respuesta a 40 dB, se sugiere incrementar la intensidad de 10 en 10 dB.

Para graficar los resultados, se utiliza el logaudiograma; si la respuesta es positiva, se marca un círculo en el eje de inteligibilidad; en el eje de la captación de la voz se trazan dos líneas, esto corresponde al umbral auditivo. Si las respuestas son inseguras, se marca un círculo punteado y una sola línea en el eje de captación (Gallego y Sánchez, 1992).

Test de imágenes

Mayores de dos años y medio. Para esta prueba, se pueden utilizar láminas de acuerdo al vocabulario del niño; se debe escoger para el test las que son reconocidas por él. Se da la instrucción de señalar la lámina correspondiente a la palabra escuchada.

Los estímulos pueden presentarse a través de auriculares o campo libre a una intensidad de 40 dB buscando el mayor porcentaje de discriminación y se baja de 10 en 10 dB hasta no encontrar respuesta; en el caso de que el niño no responda, se aumenta la intensidad. En niños mayores se presenta una lista de diez palabras, en niños menores, de cinco palabras.

Logaudiometría para niños entre cinco y diez años

Para este grupo de edad, la logaudiometría se considera una prueba muy importante en el diagnóstico audiológico. Se realiza de la misma forma que con los adultos. Actualmente existen varias listas estandarizadas para esta población.

Referencias

Ariza, H. y Rivas J.A. (2007). *Tratado de Otología y Audiología: diagnóstico y tratamiento médico-quirúrgico* (Segunda edición). Bogotá: Amolca.

Camacho, A. (1998). *El niño y la Otorrinolaringología*. Santiago de Cali: Artes Gráficas Univalle.

De Sebastián, G. (1999). *Audiología Práctica* (5 ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Escobar, M. (2011). Logaudiometría: de la ciencia a la práctica. Conferencia presentada en el VIII Congreso Nacional de Audiología, Medellín.

Escobar, M. (2014). Curso de actualización en Desórdenes del Procesamiento Auditivo Central. Santiago de Cali.

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). *Audiología, Visión de Hoy*. Manizales: Litografía Cafetera.

Gómez, O. (2006). *Audiología básica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Katz, J. (1994). *Handbook of Clinical Audiology* (Fourth Edition). New York: Williams & Wilkins.

Katz, J. (2002). *Handbook of clinical Audiology* (Fifth Edition). New York: Williams Wilkins & Wilkins.

Ministerio de Salud. (1983). *Protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión del ruido. Resolución 8321 de 1983. Artículo 53. Colombia*

Neira, L. Walteros, D., Bueno S., Ferrer M. et al. (2009). Validez y confiabilidad del li-srt en niños bogotanos en edades de tres a cinco años. *Revista Areté, 9, 7576*.

Portmann, M. (1979). *Audiometría clínica*. Barcelona: Toray- Mason.

Audiología básica para estudiantes.

Salesa, E., Perelló, E. y Bonavida, A. (2005). *Tratado de Audiología*. Barcelona: Masson. S.A

Stach, B. (1998). *Clinical Audiology an Introduction*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.

Capítulo 8

Inmitancia acústica

Elvia Patricia Escobar Franco

patricia.escobar00@usc.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6955-9342>

Cita este capítulo

Escobar Franco, E. P. (2018). Inmitancia acústica. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 141-165). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 8

Inmitancia acústica

Elvia Patricia Escobar Franco

8.1 Introducción e historia

La medición de la inmitancia acústica añade información eficiente, objetiva y a menudo definitiva a la evaluación audiométrica y otológica. Algunos clínicos utilizan la inmitancia acústica desde el comienzo con cada paciente para predecir los hallazgos audiométricos; otros la utilizan para confirmarlos en pacientes en los que se dificultan las pruebas. Esta evaluación puede ser utilizada para obtener información diagnóstica respecto al lugar de la lesión auditiva y la naturaleza de esta, y puede, así mismo, emplearse como sustituto de algunas pruebas más complicadas de la audición, tanto conductuales como psicofísicas. La inmitancia acústica se ha convertido en una parte importante de la evaluación auditiva y actualmente se considera un elemento esencial en el diagnóstico otológico.

La historia de las medidas de inmitancia acústica tiene más de 100 años. Los primeros intentos fueron hechos por Lucae en 1867, quien usó un instrumento predecesor del puente de impedancia acústica mecánico de Schister, de 1934, y del de Zwislocki, de 1963. Lucae obtuvo medidas de impedancia acústica sobre modelos de oído medio; también efectuó tales mediciones en humanos. Existen reportes en la literatura de mediciones de las características de inmitancia acústica de oídos medios fechadas desde 1900 (Kohen, 1985). En 1946, Otto Metz evaluó sistemáticamente la inmitancia acústica de oídos normales y anormales.

La inmitancia es un término genérico para describir las propiedades físicas del oído. Esto puede ser cuantificado como admitancia (y) o impedancia (z). La admitancia acústica expresa la facilidad con la cual la energía sonora fluye a través del sistema del oído medio y la impedancia acústica representa la oposición total al flujo de energía sonora dentro del oído medio. Estos dos términos son inversamente proporcionales. Los estudios iniciales de inmitancia acústica, como ya se dijo, utilizaron aparatos de medición mecánicos.

En 1960, Terkildsen y Scott-Nielsen fueron los primeros en describir un medidor de inmitancia acústica electroacústico; hoy existen más de 30 modelos disponibles comercialmente. Durante los primeros años de la década del setenta fue repetidamente demostrado el valor de la inmitancia-audiometría en la detección y descripción de disfunciones auditivas.

La energía es transferida cuando las ondas sonoras alcanzan el canal auditivo y la presión sonora es aplicada sobre la membrana timpánica. Cuando suficiente presión es aplicada, la membrana timpánica y todo el sistema del oído medio y del oído interno entran en movimiento y la energía empieza a fluir.

El sistema del oído medio no es un transductor perfecto de energía, no toda la energía que llega a la membrana timpánica fluye a través del sistema de transmisión del oído medio. Cuando una fuerza se pone en contacto con el tímpano, este, a través del complejo timpanosicular, ofrece una determinada resistencia. Esta resistencia es lo que se llama impedancia del oído medio. La impedancia del sistema timpanosicular tiene tres componentes: masa, rigidez y fricción.

La inmitancia acústica resultante es un complejo de magnitudes de fuerzas de las estructuras mecánicas del sistema del oído medio en el que se ponen en juego las propiedades de masa, rigidez y fricción de estas estructuras. Por definición, la inmitancia acústica es un método objetivo que mide la integridad y funcionalidad del mecanismo auditivo periférico. La aplicación clínica de la inmitancia acústica ha invadido todos los aspectos de diagnóstico audiológico.

El medidor electroacústico de impedancia sirve para determinar:

- a. Presión que exista en el oído medio.
- b. Integridad y movilidad de la membrana timpánica.
- c. Continuidad y movilidad de los huesecillos del oído medio.
- d. Función de la Trompa de Eustaquio.
- e. Tamizaje auditivo.
- f. Diferenciación de disfunción auditiva conductiva vs neurosensorial.
- g. Diagnóstico de desórdenes centrales y periféricos del sistema auditivo.

- h. Identificación y localización de desórdenes auditivos centrales.
- i. Estimación de la sensibilidad auditiva.

8.2 Componentes principales del analizador de oído medio

1. Circuito eléctrico: usado para monitorear tanto la impedancia acústica como la sonda de prueba. Está compuesto por un oscilador que genera un tono puro de prueba usualmente a 226 Hz de manera continua, a través de un pequeño tubo dentro de la sonda de prueba, con una intensidad nominal de 85 dB SPL, medida en una cavidad de paredes rígidas de 2ml. Sin embargo, cuando se sella la sonda de prueba en el canal auditivo externo por medio de un tapón ajustable, el nivel de presión sonora es proporcional a los efectos del volumen del conducto auditivo externo y de la impedancia acústica del sistema vibratorio del oído medio; la intensidad del tono de prueba del CAE sellado es monitoreada continuamente por un pequeño micrófono sensible a presión, situado dentro del ensamble de la sonda de prueba.

Hoy hay aparatos disponibles comercialmente, con posibilidades de tonos de prueba a altas frecuencias y con posibilidades de medir variables complejas como la susceptancia, la conductancia y el ángulo de fase de la admitancia.

2. Sistema de presión de aire: consiste en una bomba y en un manómetro. Ese componente permite la manipulación de la presión del aire dentro del canal auditivo. La capacidad mínima del sistema de presión de aire típicamente es de +200 a -400mm de presión de H₂O o decapascuales. Un decapascal es igual a 1.02 mm H₂O, entonces las dos unidades de presión son prácticamente equivalentes.

3. Micrófono: la intensidad del tono de prueba dentro del canal sellado del oído externo se monitorea continuamente a través de un pequeño micrófono ubicado dentro de la probeta. Tradicionalmente la inmitancia del sistema del oído medio se reporta como el volumen de aire (en centímetros cúbicos o milímetros).

4. Generador de señales acústicas para el reflejo acústico: las señales usualmente incluyen tonos puros a frecuencias de octava de 250 o 500Hz hasta 4000Hz, y señales de ruido blanco y banda ancha; el medidor de inmitancia genera señales acústicas usadas para provocar la contracción

del músculo estapedial. Los aparatos actuales permiten medir el reflejo acústico, tanto ipsilateralmente como contralateralmente.

8.3 Medidas básicas de inmitancia acústica

Las medidas más comúnmente usadas para evaluar la función del oído medio son la inmitancia estática (volumen físico del canal), la timpanometría, los umbrales del reflejo estapedial, el estudio de la fatiga del reflejo estapedial y el estudio de la funcionalidad de la Trompa de Eustaquio.

a. Inmitancia estática o Volumen Físico del Canal (VFC): es una prueba utilizada para evaluar la integridad de la membrana timpánica y proporciona información sobre el tamaño absoluto de la cavidad situada medialmente a la extremidad de la cánula de la probeta. La inmitancia estática se mide en centímetros cúbicos, esta medida se ve alterada por la compliancia del aire en el conducto auditivo externo. En uso clínico general, la compliancia estática es anormalmente baja cuando su valor es menor a 0.28ml y anormalmente alta cuando su valor es mayor a 2.5ml.

La timpanometría se inicia con la introducción de una presión relativamente alta (+200 o -400dapa) dentro del canal del oído externo. La inmitancia se mide solo por el volumen de aire encerrado dentro del canal auditivo entre la punta de la probeta y la membrana timpánica. La medición más exacta se obtiene a -400dapa. La contribución clínica más importante de las medidas de la compliancia estática es la diferencia entre un problema de fijación del oído y un problema de interrupción de la cadena osicular.

La compliancia del oído medio cambia debido a factores que incluyen la edad del paciente, el sexo y el estado patológico. En general, las mujeres tienen VFC más pequeño que los hombres y el VFC en los niños es más pequeño que en los adultos.

Los datos normativos del volumen físico del canal son:

- En niños puede variar de 0.3 a 2.0 cm³
- En los adultos varía entre 0.5 y 2.5 cm³

Cuando el volumen físico del canal es mayor que estas cifras, indica la presencia de una membrana timpánica perforada, y el volumen resultante

corresponde al canal auditivo, espacio del oído medio, entrada de la Trompa de Eustaquio, antro y sistema de celdas de las mastoides.

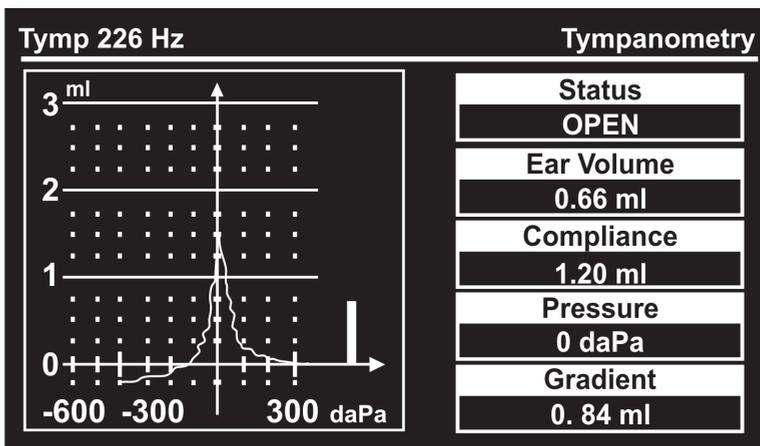
Esta prueba también permite conocer la permeabilidad de los tubos ventilatorios.

Los volúmenes físicos anormalmente pequeños pueden estar en relación con tapones de cerumen, o contacto de la punta de la probeta con la pared del conducto.

Es importante tener en cuenta que un volumen físico del canal normal en presencia de un timpanograma plano no descarta la presencia de perforación timpánica puesto que, en muchos casos de oídos con otitis crónica, las lesiones ocupan los espacios y los VFC no están anormalmente aumentados.

b. Timpanometría: el timpanograma es el gráfico que representa la inmitancia acústica como una función de la presión del canal del oído. La timpanometría refleja un cambio en las propiedades físicas del sistema del oído medio y membrana timpánica a medida que varía la presión de aire en el conducto auditivo externo, corresponde a un solo componente y una sola frecuencia. La presión de aire (en unidades decapascuales o dapa) se varía positiva o negativamente con relación a la presión atmosférica. La timpanometría requiere un selle hermético entre la oliva del equipo y las paredes del conducto auditivo externo.

Figura 28. Timpanograma.



Fuente: Rivas, 2007.

La timpanometría que se va a describir corresponde a la timpanometría de un solo componente y una sola frecuencia. El componente es la admitancia o la impedancia, más específicamente, la reactancia del oído medio y la frecuencia corresponden a la frecuencia baja de 226Hz. Los resultados obtenidos con este tipo de timpanometría están supeditados únicamente al factor de rigidez del sistema. Actualmente se encuentran en el mercado equipos que permiten la medición de variables complejas incluyendo la susceptancia, la conductancia y la fase de ángulo y utilizan frecuencias altas como tonos de prueba (660, 1000, 2000Hz, etc.). Esta timpanometría es multifrecuencia y multicomponente.

La timpanometría refleja un cambio en las propiedades físicas del sistema del oído medio y membrana timpánica a medida que varía la presión de aire en el canal auditivo externo. La presión de aire (en unidades decapascascales o dapa) se varía positiva o negativamente con relación a la presión atmosférica. La timpanometría requiere un selle hermético entre el empaque de la oliva del equipo y las paredes del canal del oído. El timpanograma es el gráfico que representa la inmitancia acústica como una función de la presión del canal del oído.

Calibración del equipo: la calibración se debe realizar diariamente con la sonda ubicada en una cavidad de plástico proporcionada por el fabricante. Se debe realizar también una calibración biológica diariamente en un oído conocido (puede ser el del examinador si no presenta alguna patología otológica). Para comprobar el correcto funcionamiento del equipo se debe realizar una calibración en laboratorio cada seis meses. La información que aporta el timpanograma se puede observar en los siguientes parámetros:

Admitancia o complacencia: es la movilidad del sistema timpanosicular. Esta medida diferencia la fijación del sistema del oído medio de la desarticulación. Se observa en la altura del pico de la curva del timpanograma. La medición de la inmitancia por medio del medidor electroacústico se basa en el hecho de que el nivel de la presión del sonido es una función del volumen o tamaño de la cavidad cerrada, es decir, para un tono de prueba de intensidad y frecuencia conocidas existe una relación precisa entre el nivel de intensidad sonora de dicho tono (medido en dBSPL) y el volumen de la cavidad (medido en cm^3). La complacencia es técnicamente lo inverso a la impedancia. La determinación práctica de la complacencia exige realizar dos mediciones del volumen equivalente.

La primera medida se obtiene a +200daPa (C1), la segunda medición se realiza bajo una presión que facilite la máxima complacencia del tímpano (C2). Para obtener la admitancia del oído medio se resta C2 – C1 anulando la contaminación del CAE. Los valores normativos de la complacencia tanto en niños como adultos son de 0.3 a 1.8 cm³.

El tímpano alcanza su mejor movilidad cuando la presión del aire en el conducto auditivo externo es exactamente la misma que la existente dentro de la caja del oído medio.

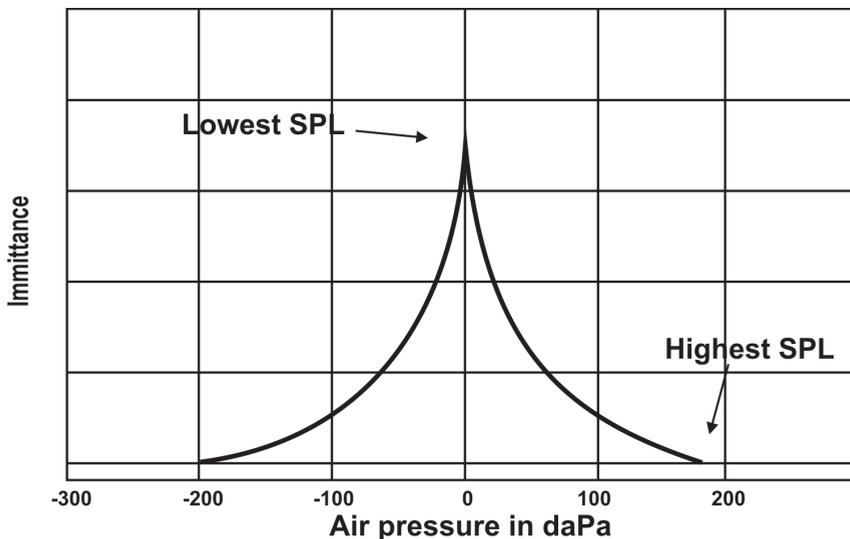
Presión en el oído medio: permite realizar una valoración de la funcionalidad de la Trompa de Eustaquio. El conocimiento de la presión del oído medio es un dato clínico importante y permite al médico realizar una intervención para evitar el estado de otitis media serosa. La presión de aire en el punto de máxima admitancia es también la presión del aire en el oído medio.

Los datos normativos son:

En niños de +100 a -100daPa.

En adultos de +80 a -80daPa.

Figura 29. Presión en oído medio



Fuente: AEDA, 2004.

medio son +80 a -80daPa en el adulto y de +100 a -100daPa en niños. La movilidad del sistema timpanosicular o admitancia se encuentran dentro de límites normales. Estos timpanogramas son encontrados en personas con audición normal o con hipoacusia neurosensorial.

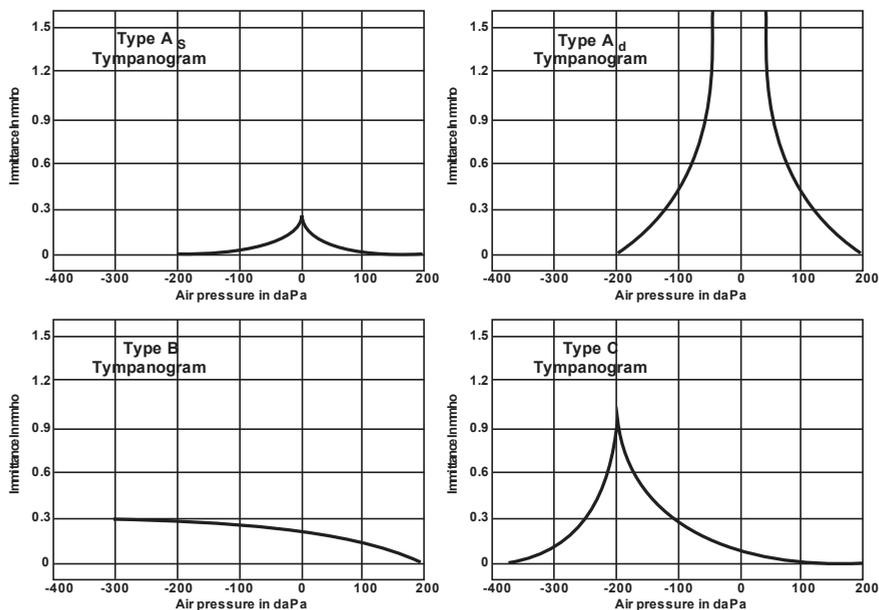
Timpanograma tipo As: morfología normal con complacencia reducida; esta curva se caracteriza por una presión aérea normal en el oído medio y una movilidad disminuida del sistema timpanosicular. Este tipo de curva se observa en otoesclerosis, timpanoesclerosis, fijación del martillo y engrosamiento o cicatrización de la membrana timpánica. La letra s significa rigidez.

Timpanograma tipo Ad: estas curvas corresponden a un sistema timpanosicular anormalmente flácido con baja impedancia y una muy alta admitancia. Este tipo de curva se observa en casos de discontinuidad de la cadena osicular o una membrana timpánica monomérica.

Timpanograma tipo B: totalmente aplanado; en este timpanograma no se distingue un punto de máxima admitancia. Esta curva demuestra la inmovilidad del sistema timpanosicular o bien la ausencia de cámara aérea del oído medio y se observa en pacientes con otitis media serosa u otitis media adhesiva y en algunos casos de malformaciones congénitas del oído medio. Se observa también en sujetos con perforaciones timpánicas o tapones de cerumen.

Timpanograma tipo C: La curva muestra buena movilidad del sistema timpanosicular pero el pico está desplazado hacia presiones negativas, es decir con compliancia en parámetros normales. Esta curva muestra que hay buena movilidad del sistema timpanosicular pero el pico está desplazado a presiones negativas, es decir, se evidencia la presencia de presión negativa en el oído medio. Un timpanograma tipo C es signo de una insuficiencia funcional de la Trompa de Eustaquio.

Figura 31. Timpanogramas tipo As, Ad, B y C



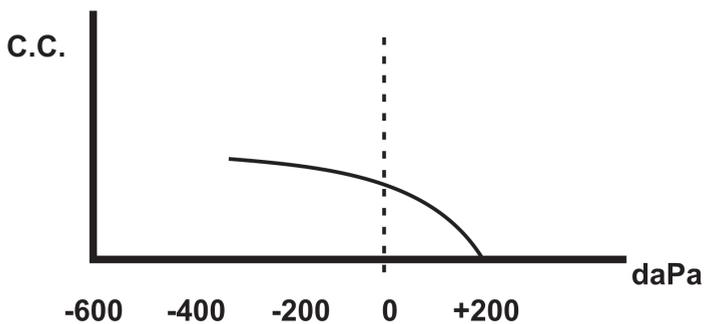
The four abnormal tympanogram types.

Fuente: AEDA, 2004.

8.4.1 Otros tipos de timpanograma

Figura 32. Timpanograma tipo B1 tipo semilunar.

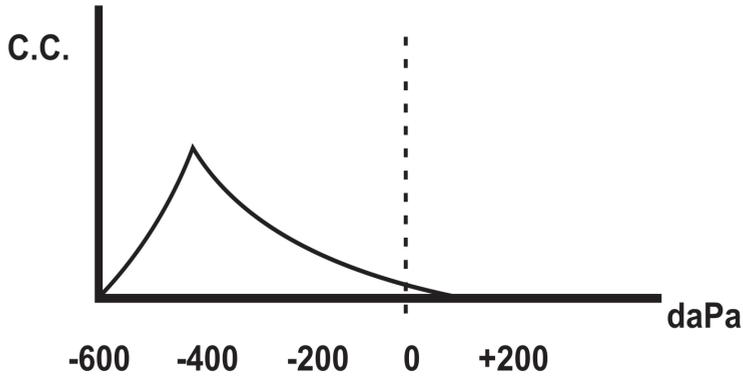
Timpanograma de tipo B1: de tipo semilunar



Fuente: AEDA, 2004.

Figura 33. Timpanograma tipo C1

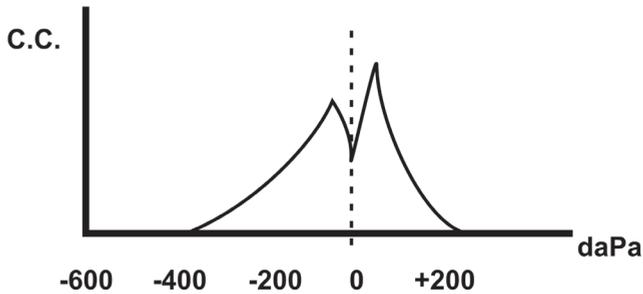
Timpanograma de tipo C1: el pico se encuentra situado en valores de presión negativos, con compliancia reducida



Fuente: AEDA, 2004.

Figura 34. Timpanograma tipo D

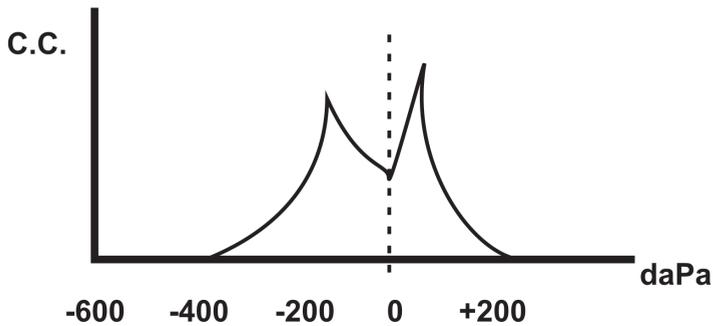
Timpanograma de tipo D: morfología en "W", patognomónica de la membrana timpánica (distancia interpicos inferior a 100 daPa)



Fuente: AEDA, 2004.

Figura 35. Timpanograma tipo E.

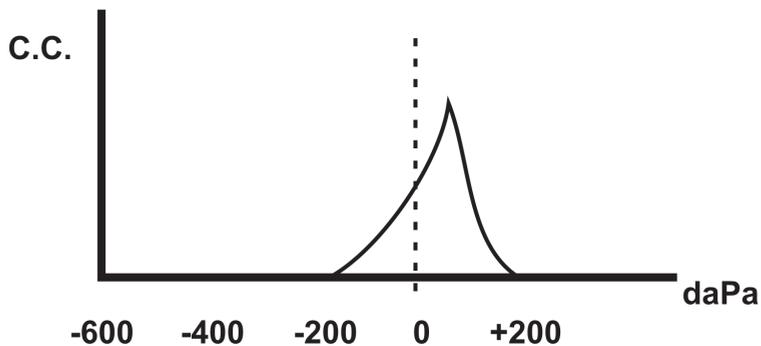
Timpanograma de tipo E: morfología en “joroba de camello” patognomónica de interrupción de la cadena oscicular (distancia interpicos superior a 100 daPa)



Fuente: AEDA, 2004.

Figura 36. Timpanograma tipo P

Timpanograma de tipo P: el pico se encuentra situado en valores de presión positivos, con compliancia dentro de parámetro normales



Fuente: AEDA, 2004.

8.5 Reflejos acústicos

El reflejo acústico es la contracción del músculo estapedial bilateral como respuesta a la presencia de un sonido suficientemente fuerte.

En los mamíferos se presenta la contracción bilateral de los dos músculos del oído: el estapedio y el tensor del tímpano ante la presencia de sonidos fuertes. En los humanos solo el músculo estapedial se contrae ante el estímulo acústico y el tensor del tímpano se contrae como respuesta a estímulo de presión o tacto. El músculo está unido al lado posterior del cuello y es el más pequeño del cuerpo. Su contracción causa un movimiento hacia afuera y atrás de la platina desde la ventana oval. Esta acción limita el movimiento de los huesecillos, tensa la membrana timpánica y reduce por lo tanto el movimiento de los líquidos del oído interno. Históricamente esta acción ha sido considerada como un mecanismo que ayuda a proteger el oído interno del daño por sonidos fuertes.

El músculo está unido al lado posterior del cuello del estapedio y es el músculo más pequeño del cuerpo. Su contracción causa un movimiento hacia afuera y hacia atrás de la platina desde la ventana oval. Este movimiento limita el movimiento de los huesecillos y atenúa la vibración de la platina, reduciendo por lo tanto, el movimiento de los líquidos del oído interno. Por lo tanto, cada músculo insertado en la cadena osicular como son el estribo y el martillo desarrollan su propio reflejo de defensa.

8.5.1 Vía neural del reflejo acústico

El músculo estapedial es inervado por el nervio facial, VII par craneal. La sinapsis se realiza en el tallo cerebral bajo (protuberancia) y tiene dos rutas: ipsilateral y contralateral.

Ipsilateral: consiste en tres o cuatro neuronas. Impulso de la cóclea- nervio acústico- núcleo coclear ventral- cuerpo trapezoide-núcleo motor del facial-nervio facial-músculo estapedial.

Contralateral: consiste en cuatro neuronas. Células órgano de corti-nervio acústico-núcleo coclear ventral-cuerpo trapezoide-complejo olivar superior-núcleo motor del facial contralateral-nervio facial-músculo estapedial.

El reflejo acústico depende de una adecuada fisiología de todo el arco reflejo: la cóclea, neurona aferente, interneurona, neurona eferente y órgano efector.

El Umbral del Reflejo Acústico (URA) es la más baja intensidad de un estímulo acústico que produce un cambio mínimo en la impedancia del oído medio y puede ser medido. El umbral se obtiene como buscando un umbral audiométrico ya sea durante el registro u observando el inmitanciómetro. El rango para evocar el reflejo acústico ipsilateral en sujetos con audición normal es de 70 a 100 dBHL y de 85 dBHL para evocar el reflejo acústico contralateral.

Los reflejos acústicos se toman en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. La presencia del reflejo acústico se manifiesta con una deflexión negativa de la línea de base, cuya duración depende de la duración del estímulo.

Los reflejos acústicos están influenciados por:

-La intensidad: la amplitud del reflejo acústico es mayor a mayor intensidad sobre el URA.

-La frecuencia: el URA es reducido con un incremento de la amplitud de la banda de frecuencias.

-Los reflejos ipsilaterales se evocan a un umbral más bajo que los contralaterales.

-Drogas como el alcohol o tranquilizantes aumentan el URA.

En recién nacidos, el tono de prueba de 220Hz afecta la evocación de los URA, a altas frecuencias como 660Hz se presentan con mayor frecuencia.

Protocolo paso a paso

1. Primero complete la timpanometría
2. Verifique que la probeta del equipo se encuentre en un oído y el auricular de copa o de inserción para la estimulación contralateral esté ubicado apropiadamente en el oído contrario.

3. Ajuste la presión en el conducto auditivo externo en el punto en el cual se encontró el pico máximo del timpanograma.
4. Seleccione el modo del reflejo acústico: ipsilateral o contralateral en el equipo.
5. Presente una señal a 500Hz de 85 dBHL (éste es un nivel promedio normal de umbral del reflejo acústico).
6. Determine por inspección visual cambios en la admitancia inmediatamente después de la presentación de la señal.
7. Si se observa una actividad del reflejo acústico con el nivel de intensidad inicial, disminuya la intensidad 5 dB y repita el procedimiento.
8. Si no hay actividad del reflejo acústico con el nivel de intensidad inicial, incremente 5 dB y repita el procedimiento hasta encontrar el umbral del reflejo.
9. Realice el mismo procedimiento de medición del umbral del reflejo acústico con estimulación ipsilateral y contralateral en las frecuencias de 1000, 2000 y 4000Hz para niños o adultos con posible hipoacusia neurosensorial.
10. Registre las mediciones de los reflejos acústicos en un formato especial.
11. Es importante anotar el orden de la prueba si se inicia colocando la probeta en el oído derecho y el auricular en el oído izquierdo:
 - a. **Ipsilateral de oído derecho:** el oído estimulado es el derecho y la respuesta se recoge en el mismo oído.
 - b. **Contralateral de oído izquierdo:** el estímulo pasa por el auricular de copa o de inserción al oído izquierdo y la respuesta la recoge el oído derecho donde está la probeta del equipo.
 - c. **Ipsilateral del oído izquierdo:** el oído estimulado es el izquierdo y la respuesta se recoge en el mismo oído.

d. **Contralateral del oído derecho:** la probeta continúa en el oído izquierdo, el estímulo pasa por el auricular al oído derecho y la respuesta la recoge el oído izquierdo.

12. Interprete el patrón de los reflejos acústicos.

13. Asocie los resultados con una patología de oído medio o con la presencia de hipoacusia.

Figura 37. Morfología del reflejo acústico.

Morfología del reflejo acústico:

Morfología Normal



Morfología "on" : Desviación positiva al inicio reflejo



Morfología "on - off" : Desviación positiva al inicio reflejo y al final del reflejo



Morfología Invertida o "on - just - off" : Desviación positiva opuesta a la dirección del reflejo normal.



Ausente.



Fuente: AEDA, 2004.

8.5.2 Aplicación diagnóstica de las medidas del reflejo acústico

La morfología o patrón del reflejo presenta las siguientes posibilidades:

1. Hipoacusia conductiva: los reflejos acústicos ipsilaterales y contralaterales están ausentes en una hipoacusia de conducción bilateral de grado leve o moderada. La ausencia de los reflejos se magnifica con el incremento de un gap aéreo-óseo mayor a 30 dBHL porque el estímulo no es lo suficientemente fuerte para evocar el reflejo acústico.

2. Hipoacusia neurosensorial: la diferenciación entre un desorden coclear vs un desorden del VIII par utilizando los reflejos acústicos está basada en:

- Relación del reflejo acústico con el grado de hipoacusia.
- El tiempo del reflejo acústico a señales sostenidas.
- La relación entre reflejos ipsilaterales y contralaterales.

a. Patología coclear: una aplicación del reflejo acústico es la evaluación del fenómeno coclear del reclutamiento.

b. Patología retrococlear: la interpretación cuidadosa del reflejo acústico también puede dar información sobre la presencia o ausencia de un neurinoma.

La ausencia de reflejos acústicos en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz a la luz de una audición normal o una hipoacusia leve debe ser considerada sospechosa de un tumor del acústico.

c. Lesiones del tallo cerebral: la aplicación del reflejo acústico en la identificación de patología de tallo cerebral está basada en la comparación entre umbrales de los reflejos ipsilaterales y contralaterales.

3. Desorden del nervio facial: el reflejo acústico ayuda a determinar el sitio de lesión del nervio facial ya sea distal o proximal a la rama estapedial. Si los reflejos acústicos están presentes, la lesión es distal al origen del brazo estapedial del nervio facial. Si los reflejos están ausentes, el desorden es proximal.

8.5.3 Test de Metz

En 1952 Metz formuló esta prueba con el objetivo de utilizarla para el diagnóstico diferencial de problemas cocleares de los retrococleares, al encontrar, en pacientes con problemas cocleares, aparición del umbral del reflejo con niveles inferiores a los 60 dBHL SL. (Katz, 2002).

El umbral del reflejo acústico se presenta en personas con audición normal entre 70 y 100 dBHL. Cuando la diferencia entre el umbral del reflejo estapedial y el umbral de la audiometría en las frecuencias exploradas (500, 2000 y 4000 Hz) resulta menor de 60 dB es compatible con la existencia de reclutamiento en las hipoacusias neurosensoriales con daño coclear. A lo anterior se le denomina test de Metz positivo, si es superior a 70 dB su probabilidad de aparición es mínima. Su utilidad clínica se ve en la observación del campo dinámico en pérdida mínima, leve y moderada (Stach, 1998).

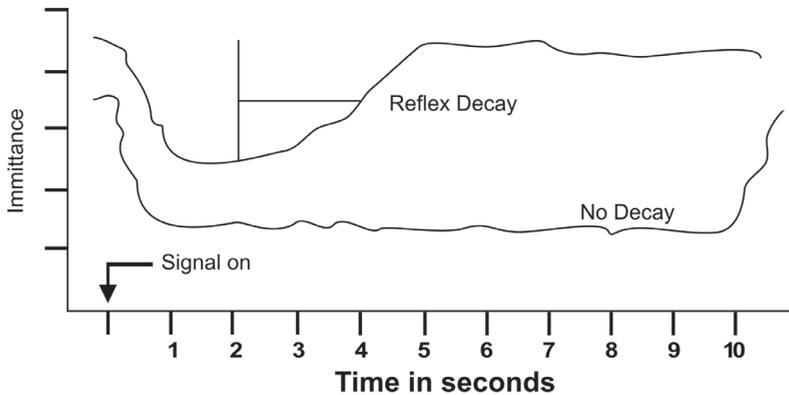
8.5.4 Decaimiento del reflejo

Es una prueba que consiste en presentar un estímulo a 10 dB sobre el umbral del reflejo acústico durante 10 segundos en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz tanto ipsilateral como contralateralmente.

El decaimiento ocurre cuando declina la amplitud del reflejo acústico en más del 50% de su magnitud inicial bajo la estimulación de tonos puros. El decaimiento es usual en las frecuencias agudas de 2000, 3000 y 4000 Hz pero es raro en 500 y 1000 Hz, por este motivo, son usados para propósitos diagnósticos.

La sensibilidad del decaimiento del reflejo acústico para detectar tumores del acústico está ampliamente confirmada pero debe ser vista como parte de una batería de exámenes que identifican patología retrococlear.

Figura 38. Decaimiento del reflejo



Examples of no acoustic reflex decay and abnormal acoustic reflex decay. Abnormal decay occurs when the amplitude of the reflex decreases to at least of its initial maximum value.

Fuente: AEDA, 2004.

8.6 Pruebas de función tubárica

La valoración de la función tubárica es fundamental debido a que en gran parte de la patología presente en la clínica es reflejo de una alteración en la permeabilidad de la Trompa de Eustaquio. Las pruebas de función tubárica se realizan en oídos con membrana timpánica íntegra y en oídos con membrana timpánica perforada.

Timpanometría en oídos con tímpano íntegro

8.6.1 Técnica de de Williams

Esta prueba implica una valoración dinámica de la función tubárica, ya que entran en juego mecanismos activos de apertura y cierre de la Trompa de Eustaquio mediante maniobras de deglución (Gómez, 2006).

El procedimiento consiste en ubicar al paciente sentado y advertirle que debe estar inmóvil y que no debe realizar movimientos de deglución hasta que se le indique.

- a. Conseguir un cierre perfecto del conducto auditivo externo con la oliva del equipo. Tragar una o dos veces con el manómetro en 0dapa.

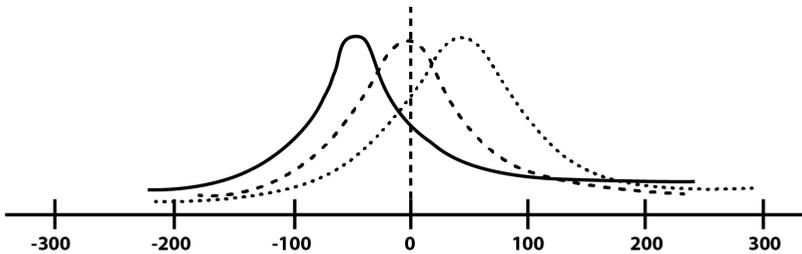
- b. Tomar curva base.
- c. Llevar presión a +400dapa y pedirle al paciente que trague dos o tres veces. Las degluciones deben ser en seco pero, si resulta dificultoso para el paciente, se pueden hacer con un poco de agua.
- d. Al tragar agua se debe recuperar la presión a 0dapa.
- e. Se traza de nuevo una curva timpanométrica para registrar el cambio que ha tenido lugar en la presión del oído medio por las degluciones hechas con la presión positiva en el conducto auditivo externo.
- f. Llevar la presión a -400dapa y pedirle al paciente que trague; si se desplaza hasta +200dapa está patológicamente abierta; si no se desplaza la trompa no es funcional ni permeable.
- g. Trazar la tercera curva timpanométrica.

Interpretación

Cuando el tímpano es empujado hacia el oído medio por una presión positiva, se genera una presión mecánica hacia el orificio de la Trompa de Eustaquio; esto hace que al deglutir salga aire por la trompa que se abre con la deglución, hacia la faringe. En estas condiciones, al trazar el timpanograma la cantidad de aire en el oído medio es menor que antes de deglutir; consecuentemente, cuando se traza la curva habrá un desplazamiento del punto de máxima admitancia hacia presiones negativas. Williams considera los siguientes posibles resultados:

1. Diferencias entre los puntos de máxima admitancia entre 15 y 20dapa o mm de H₂O corresponden a oídos normales.
2. Cambios por encima de 20dapa, corresponden a una membrana timpánica delgada o al complejo tímpano-osicular muy móvil, no es patológico salvo en casos como la disyunción de cadena osicular.
3. Diferencias entre los puntos de máxima complacencia por debajo de 15dapa, corresponden con una trompa de funcionamiento deficiente.
4. Los tres trazados timpanométricos se superponen, de tal manera que no existen diferencias apreciables entre sus puntos de máxima complacencia. Este resultado corresponde a una trompa disfuncional.

Figura 39. Pruebas de función tubárica o Prueba de Williams.



Fuente: AEDA, 2004.

8.6.2 Técnica de tímpano perforado

Lo primero que se hace es verificar, a través de otoscopia, la presencia de perforación; posteriormente se hace la prueba de volumen físico del canal, aplicando directamente sobre la perforación timpánica presiones positivas y negativas con el manómetro. La Trompa de Eustaquio debe ser capaz de equilibrar las presiones que se generan de esta manera mediante degluciones que deben producir su apertura.

Procedimiento

-Se le advierte al paciente que no realice degluciones hasta que se le ordene. Estas degluciones deben hacerse en seco y espaciadas.

-Se ubica la sonda del equipo de tal manera que obstruya herméticamente el conducto auditivo externo.

-Se eleva la presión con el manómetro hasta producir la apertura de la Trompa de Eustaquio (entre 0 y +400dapa). Este dato es la presión de apertura de la Trompa. Una vez producida la apertura, tiene lugar una salida de aire hacia la faringe, lo que trae consigo una disminución de la presión en la caja y posterior cierre de la trompa. Valores próximos a 0dapa significa que estamos frente a una Trompa de Eustaquio abierta.

-Se realizan degluciones hasta conseguir la mínima presión posible entre la sonda y el orificio timpánico de la Trompa de Eustaquio, este dato es presión residual.

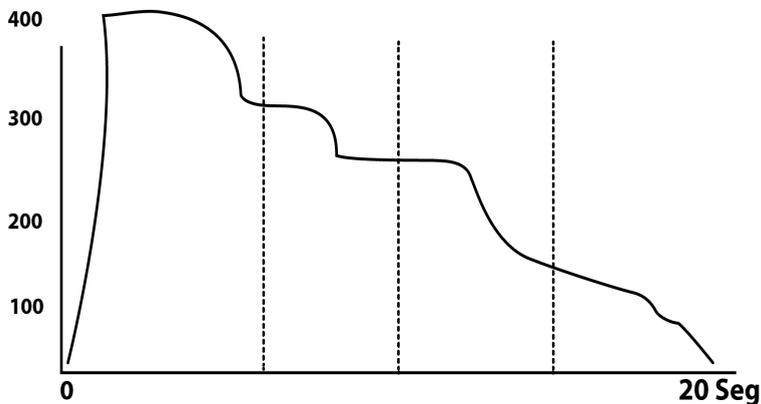
-Se disminuye la presión hasta -200dapa y se realiza la misma técnica para las presiones negativas hasta obtener la presión residual negativa.

Interpretación

Cuando las presiones se acercan a 0dapa, significa que la Trompa se encuentra en buen estado funcional. Los posibles resultados son:

1. Equilibrar totalmente presiones positivas y negativas.
2. Equilibrar totalmente presiones positivas y parcialmente presiones negativas.
3. Equilibrar parcialmente las presiones positivas y no equilibrar las presiones negativas.
4. No equilibrar ni las presiones positivas ni las negativas.
5. Equilibrar totalmente las presiones positivas y no equilibrar presiones negativas.

Figura 39. Pruebas de función tubárica, tímpano vperforado.



Fuente: AEDA, 2004

Referencias

Gómez, O. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá: Universidad Nacional.

Kohen, E. M. (1985). *Impedancia Acústica*. Argentina: Panamericana.

Oticon University. *Curso Audioprótesis a distancia*. Unidad 7, páginas 8-20

José A. Rivas, Ariza Héctor (2007). *Tratado de Otología y Audiología*. Editorial Amolca, Bogotá. Colombia.

Katz, Jack. *HandBook of Clinical Audiology* 4 Edición 1994, Búfalo, Capítulo 19 20 y 21.

Northern, Jerry, Down, Marion. *La audición en los niños*. Salvat Editores S. A. 1982, Barcelona. Capítulo 5.

Northern, Jerry. *Trastornos de la audición*. Editorial Salvat, Barcelona, 1980.

Rintelmann, William F. *Hearing Assessment*. 2 Edición, 1994. Capítulo 5.

Normalización de las Pruebas audiológicas. Asociación Española de Audiología. *Auditio* Revista electrónica de Audiología. Volumen 2. <http://www.auditio.com>. Auditio. Com 2004

Capítulo 9

Tamizaje auditivo infantil

Claudia Ximena Campo Cañar

xcampo@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5352-3065>

María Consuelo Chaves Peñaranda

mchves@unicauca.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-4020-0341>

Cita este capítulo

Campo Cañar, C. X. y Chaves Peñaranda, M. C. (2018). Tamizaje auditivo infantil. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 167-206). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 9

Tamizaje auditivo infantil

María Consuelo Chaves Peñaranda

Claudia Ximena Campo Cañar

9.1 Introducción

Para Liceda (2014), la percepción auditiva es la vía para adquirir el lenguaje y, por tanto, es uno de los más importantes atributos humanos. La hipoacusia se explica como la disminución en dicha percepción y es un problema más frecuente en la infancia, pues el desarrollo intelectual y social está íntimamente relacionado con una audición normal.

Liceda (2014), hace referencia a que cuando se habla de pérdida auditiva, se emplean términos como “hipoacusia”, en los casos de deficiencias auditivas leves a severas, hasta “sordera” para pérdidas auditivas muy profundas, con una audición residual muy débil o inexistente. La pérdida auditiva se mide en decibelios o decibeles (dB) y en frecuencia ciclos/ seg (Hz).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la incidencia de la hipoacusia oscila en 5 de cada 1000 nacidos vivos; la frecuencia de hipoacusias moderadas en de 1 a 3 por cada 1000 recién nacidos (RN), y las hipoacusias severas o profundas se presentan a 1 de cada 1000 recién nacidos, cifra que aumenta en 1 a 10 de cada 100 RN con factores de riesgo, y 1 a 2 de cada 50 RN que están en las unidades de cuidados intensivos.

La mayor parte de los déficits auditivos que se manifiestan en el período neonatal son congénitos y hasta un 80% de los casos son alteraciones genéticas, otras se derivan de diversas causas como factores ambientales (Liceda et al, 2014).

El tamizaje auditivo es un procedimiento que sirve para detectar a tiempo dificultades en la percepción del sonido e intervenir de manera oportuna para que el niño no pierda información valiosa en su desarrollo y desempeño psicolingüístico y social. Así pues, se caracteriza por identificar grupos de alto riesgo que aún no tienen síntomas y pretende separar los individuos que tienen problema auditivo de aquellos que no lo tienen, minimizar las

consecuencias de las pérdidas auditivas y evitar condiciones incapacitantes (Carvajalino, 2012).

Según el Instituto Nacional de Sordos (Insor 2009), el tamizaje auditivo consiste en pruebas sencillas de exploración de la agudeza auditiva, que buscan identificar a las personas que requieren de una evaluación audiológica formal o complementaria, para excluir o confirmar la presencia de una deficiencia auditiva. No constituyen una acción de diagnóstico y por ello pueden ser aplicadas por personal capacitado del sector salud, comunitario o educación.

El tamizaje auditivo infantil tiene como objetivo separar la población en dos: Pasa –No Pasa. Es necesario especificar que *pasar* el tamizaje no descarta pérdidas auditivas de aparición tardía o progresiva, mientras que *no pasar* no significa presencia de pérdida auditiva permanente.

La ejecución de tamizaje para detectar de forma oportuna esta alteración en los recién nacidos es recomendada por la Organización Mundial de la Salud, dado que existe tratamiento eficaz y disponible para su manejo (Fitzpatrick, 2008, citado en Rojas et al, 2013).

Numerosos estudios afirman que la identificación e intervención temprana de la hipoacusia neonatal, tiene como propósitos identificarla desde el nacimiento e iniciar una rehabilitación precoz (CODEPEH 2011, citado en Rojas et al, 2013), con el fin de evitar o minimizar el impacto negativo sobre el desarrollo del lenguaje y el aprendizaje, y la influencia en trastornos emocionales y familiares. La edad media de detección de la pérdida auditiva significativa según la ASHA (1997) es de aproximadamente catorce meses.

Para Rojas et al (2013) los programas de detección temprana de la hipoacusia sensorineural congénita bilateral han sido avalados por la Academia Americana Pediátrica, el Reino Unido y la Unión Europea, que afirman que los problemas auditivos “deben ser reconocidos y habilitados tan tempranamente en la vida como sea posible para aprovechar la plasticidad del sistema sensorial en desarrollo”. (Ministerio de Salud de Chile, 2011, citado en Rojas-Godoy et al, 2013).

Liceda et al (2014) refiere que el tamizaje auditivo es fundamental para el pronóstico y la calidad de vida. Las doce primeras semanas de vida extrauterina son especialmente importantes para el desarrollo de las vías auditivas. Actualmente, se dispone de técnicas sencillas, de fácil manejo y con la suficiente eficacia para ser utilizadas en la detección precoz de hipoacusias en los niños.

El desarrollo de programas para la detección de la pérdida auditiva requiere una cuidadosa planificación, implementación y seguimiento. Consideraciones importantes del programa incluyen la responsabilidad profesional, la gestión de riesgos, la calidad y la evaluación del mismo (ASHA, 1997).

Entre las responsabilidades del Fonoaudiólogo, se encuentra el desarrollo de mecanismos para asegurar: (a) la confidencialidad del paciente; (b) la correcta aplicación del protocolo de detección, incluyendo la capacitación y supervisión del personal de apoyo; (c) el asesoramiento adecuado del paciente y su remisión, y d) la evaluación de los factores de riesgo asociado que pueden influir en el potencial de infección (ASHA, 1997).

9.2 Normatividad para aplicación del tamizaje auditivo

Las pruebas de tamizaje, *screening* o cribado auditivo pueden ser de dos tipos: *selectivo*, enfocado exclusivamente a niños con factores de riesgo, referidos por el Joint Committee of Infant Hearing, en su declaración de 1994 (Martínez et al, 2008; citado en Rojas Godoy, Gómez et al, 2013); o *universal*, orientado a favorecer la detección oportuna de la hipoacusia neonatal, dirigido a todos los recién nacidos, independientemente de si presentan factores de riesgo o no, e incluyen la aplicación de pruebas objetivas como los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PAETC) y las Emisiones Otoacústicas Evocadas (EOA) (Instituto Mexicano del Seguro Social 2011, citado en Rojas et al, 2013). Dichos programas han sido implementados por legislación en varios países, entre ellos España, Italia, Canadá, Brasil y Argentina y más de 24 estados en Estados Unidos, donde es de obligatorio cumplimiento realizar procedimientos de rutina basados en el protocolo de tamizaje auditivo universal (INSOR, 2011).

El Ministerio de Protección Social en Colombia, presenta acciones en favor de la detección oportuna de la hipoacusia neonatal dirigidas especialmente a niños con factores de riesgo, que están incluidas en la Resolución 412 del año 2000, apartado 6.3.2.5. correspondiente a la Valoración Auditiva, donde dice textualmente: “A todo niño con factores de riesgo de hipoacusia se le debe realizar potenciales evocados auditivos de tallo en el período neonatal o en los primeros meses de vida”.

Entre otras leyes que regulan el derecho fundamental a la atención en salud para la población infantil son:

- Ley 10 de 1990, por la cual se descentraliza la prestación de servicios en el primer nivel en los municipios, donde se incluye la prevención de las enfermedades.
- Ley 100 de 1993 y el decreto 1938 de 1993, que establecen los lineamientos del Plan de Atención Básica en Salud.
- Ley 60 de 1993, artículos 2, 3 y 4 definen competencia y recursos para la Atención Integral en Salud.
- Ley 982 de 2005, (Programas de detección) se establecen normas para la igualdad de oportunidades para las personas sordas y sordo-ciegas y se dictan otras disposiciones.
- Artículo 42, textualmente indica “todo niño recién nacido tiene derecho a que se estudie tempranamente su capacidad auditiva y se le brinde tratamiento en forma oportuna si lo necesitare”.
- Artículo 43, textualmente establece “será obligatoria la realización de los estudios que establezcan para tal efecto las normas emanadas por el Ministerio de la Protección Social conforme al avance de la ciencia y la tecnología para la detección temprana de la hipoacusia, a todo recién nacido, antes del primer año de vida”.
- Artículo 44, refiere que gobierno nacional está autorizado para crear “el programa nacional de detección temprana y atención de la hipoacusia con la participación de la colegiatura, asociaciones gremiales y la academia.”
- Artículo 46: las acciones de salud pública en cuanto promoción y prevención estarán a cargo de los entes territoriales (distritos, y municipios) dirigidos a la población de su jurisdicción.

El Plan Obligatorio de Salud (POS) 2013, resolución 5521, en los Artículos 16, 17, 18 y 19 establece las coberturas para la prevención, promoción y protección de la población colombiana, y aclara en los Artículos 62 y 87, la cobertura de las ayudas técnicas en las que se encuentran las atenciones auditivas y comunicativas, específicamente del implante coclear. En este mismo año, mediante la resolución 1841 se adopta el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, específicamente en el capítulo 20 de enfermedades crónicas no transmisibles, incluye las auditivas comunicativas y dicta disposiciones relacionadas con su prevención, detección temprana y rehabilitación.

La Resolución 5521 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social por la cual se dictan disposiciones en relación con la gestión de la salud pública, establece directrices para la ejecución, seguimiento y evaluación del Plan de Salud Pública de Intervenciones Colectivas PIC.

Otra norma relacionada es la resolución 5592 de 2015, que actualiza integralmente el plan de beneficios con cargo a la Unidad de Pago por Capitación (UPC) del Sistema General de Seguridad Social en Salud y establece nuevos procedimientos, ampliando y sistematizando la atención a la población dentro del sistema de salud. La normatividad se sustenta en el marco de la Ley Estatutaria en Salud 1751 de 2015, por la cual se confirma el derecho a la salud y se establece la garantía al acceso a servicios de salud en sus Artículos 1 y 2. Esta ley establece los mecanismos de protección de la salud, en tanto derecho autónomo e irrenunciable, en lo individual y en lo colectivo. Sus disposiciones comprenden el acceso a los servicios de salud de manera oportuna, eficaz y con calidad, para la preservación, el mejoramiento y la promoción de la salud.

La Ley del Plan de Desarrollo 2014 – 2018 (Ley 1753 de 2015) retoma el marco de la ley estatutaria de salud y hace énfasis en el enfoque de atención primaria, salud familiar y comunitaria, articulación de actividades colectivas e individuales, con enfoque poblacional y diferencial. Esta ley determina que la atención en salud se abordará a partir de los lineamientos descritos en la Política de Atención Integral en Salud (PAIS) y de un Modelo Integral de Atención en Salud (MIAS), con sus respectivas rutas integrales de atención en Salud (RIAS), para lo cual se requiere del fortalecimiento

del prestador primario, la operación en redes integrales de servicios, y la generación de guías de práctica clínica, entre otras condiciones. La PAIS se convierte en el puente entre la Seguridad Social y el Sistema de Salud.

Las guías de actividades promocionales y preventivas para el desarrollo de la estrategia de información, educación, comunicación – IEC- en salud auditiva y comunicativa son descritas por el Ministerio de Salud y Protección Social en el documento “Lineamientos para la promoción y gestión integral de la Salud Auditiva y Comunicativa “Somos Todo Oídos”.

9.3 Desarrollo auditivo del niño (Lowe, 1987)

Para identificar deficiencias auditivas en la población infantil es importante conocer el desarrollo auditivo.

0-6 meses

- Cambia su comportamiento al producirse un ruido fuerte y repentino (1 mes).
- Se tranquiliza cuando la madre lo consuela (1 mes).
- Da señas de las primeras diferencias del uso de la voz.
- Escucha el tono de una campanita (2 meses).
- Busca la fuente sonora de ruidos familiares en movimientos oculares (2-3 meses).
- Comienza el periodo de balbuceo (2-3 meses).
- Reacciona a la música a un volumen normal (4-6 meses).
- Ligeramente movimiento de cabeza en dirección a un sonido (4 meses).
- Risa sonora (4 meses) y al oír la voz de los padres.
- Localización consciente de la fuente sonora situada lateralmente.
- Interrumpe el llanto al escuchar música (5 meses).
- Hace contacto vocal con los adultos (6 meses).
- Reacciona discriminadamente a las voces (adulto-niño).

7-9 meses

- Balbuceo de cuatro o más sonidos comprensibles: tatata – mamama (7 meses).
- Reacciona cuando se le llama (7 meses).

- Uso de voz para llamar la atención (8 meses).
- Localización de la fuente sonora en las diferentes posiciones (8 meses).
- Observa la conversación entre adultos (8 meses).
- Escucha atentamente el tic-tac de un reloj cuando se ubica cerca del oído (9 meses).

10 meses – 1 año

- Comprende las prohibiciones “no” (10 meses).
- Atiende a un suave canto proveniente a un metro de distancia (10 meses).
- Reacción vocal al escuchar la música (11 meses).
- Reacciona al llamado de la voz desde un metro de distancia.
- Habla en forma inteligible dos o más palabras (11 meses).
- Monólogos de balbuceos como expresión de satisfacción mientras está solo (12 meses).

1 año – 1 año y 6 meses

- Identifica algunas partes de su cuerpo (nariz – ojos).
- Usa algunas palabras sencillas, su pronunciación no es perfecta pero se le entiende el significado.

2 años

- Ejecuta órdenes de una acción.
- Disfruta las lecturas y muestra láminas sencillas de un libro y señala estas cuando se le indica.
- Se refiere a sí mismo por su nombre.
- Muestra interés por palabras y acciones.

2 años – 2 años y 6 meses

- Canta canciones cortas y le gusta oír discos o a la mamá cantando.
- Cuando el niño tiene buena audición, reacciona al sonido para ubicar de dónde proviene o llama a la persona que él oye.

3 años

- En esta edad, el niño está en capacidad de entender y usar algunos verbos, pronombres proposicionales y adjetivos como: vete, mío, dentro, grande, etc.
- Usa frases completas.

4 años

- Puede contar en lenguaje correcto experiencias recientes.
- Logra comprender dos órdenes que se le dan simultáneamente.

5 años

- Debe hablar con articulación correcta.
- La mayoría de niños de esta edad puede sostener una conversación si el vocabulario está dentro de sus experiencias.
- Usa pronombres correctamente.

9.4 Factores de riesgo

La audición de los niños debe ser monitoreada por lo menos cada seis meses hasta los tres años de edad, y en intervalos que van a depender de los factores de riesgo. Según Bluestone y Klein (1996), Gates et al (1989), el Comité Conjunto sobre Audición Infantil (1994) y la Joint Committee of Infant Hearing (2007), citados por la ASHA 1997, las condiciones de riesgo incluyen:

1. Historia familiar de pérdida auditiva neurosensorial infantil hereditaria.
2. Infecciones en la madre: toxoplasmosis, rubéola, sífilis, herpes, citomegalovirus neurofibromatosis tipo II y afecciones neurodegenerativas.
3. Anomalías craneofaciales, morfológicas del pabellón auricular, conducto auditivo externo y trastornos de la función Trompa de Eustaquio, labio - paladar fisurado y anomalías del hueso temporal y de las estructuras faciales.
4. Peso de nacimiento inferior a 1500 gramos (3,3 libras).

5. Hiperbilirrubinemia, ototoxicidad, incluyendo, pero no limitado a los aminoglucósidos o en combinación con diuréticos de asa.
6. Meningitis bacteriana.
7. Apgar de 0-4 en 1 minuto o 0-6 en 5 minutos.
8. Ventilación mecánica duración de cinco días o más.
9. Hallazgos con un síndrome asociado a la pérdida auditiva neurosensorial y / o de conducción.
10. Retraso en el desarrollo del lenguaje, habla y del aprendizaje.
11. Traumas cerebrales asociados con la pérdida de la conciencia o fractura de cráneo.
12. Recurrentes o persistentes otitis media supurativa durante al menos tres meses.
13. Estancia en Cuidados Intensivos Neonatales más de cinco días o los reingresos en la Unidad dentro del primer mes de vida.
14. Alteraciones genéticas relacionados con síndromes asociados a pérdida auditiva como un mechón de pelo blanco, heterocromía del iris, hipertelorismo, telecantus o anormal pigmentación de la piel.
15. Otros síndromes asociados con pérdida auditiva progresiva o de comienzo tardío como neurofibromatosis, osteoporosis y los síndromes de Usher, Waardenburg, Alport, Pendred, Jervell and Lange-Nielsen.
16. Enfermedades neurodegenerativas como el Síndrome de Hunter y neuropatías sensorio-motrices como la Ataxia de Friedrich y el Síndrome de Charcot-Marie-Tooth.
17. Infecciones postnatales asociadas a pérdida auditiva, incluye meningitis víricas (varicela y herpes) y bacterianas.
18. Quimioterapia.
19. Enfermedades endocrinas. Hipotiroidismo.
20. Primer episodio de otitis media aguda antes de los seis meses de edad.
21. Los bebés que han sido alimentados con biberón.
22. Poblaciones étnicas donde está documentado aumento de la incidencia de enfermedades del oído externo y medio.
23. Los antecedentes familiares de otitis media crónica o recurrente.
24. Los que están en centros de atención de día de grupo y / o condiciones de hacinamiento.
25. Las personas expuestas al humo del cigarrillo en exceso y sustancias psicoactivas.

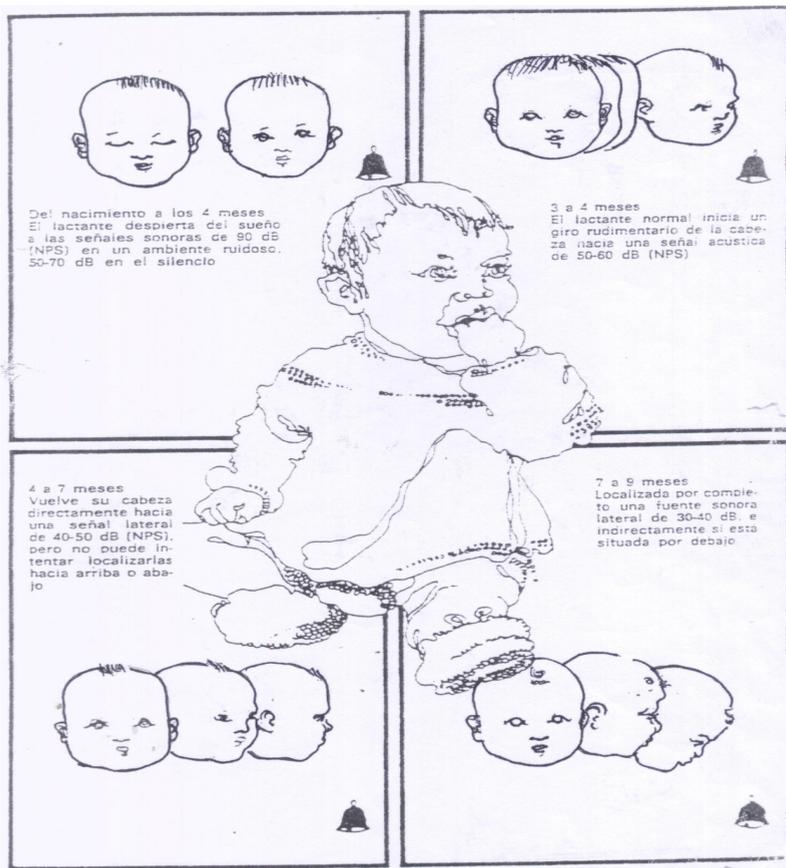
26. Los niños diagnosticados con pérdida de audición neurosensorial, problemas de aprendizaje, trastornos de conducta o retrasos en el desarrollo motor o del lenguaje.

9.5 Maduración de la respuesta auditiva (Northen y Downs, 1998)

Las respuestas auditivas esperadas en niños según la etapa de maduración auditiva son:

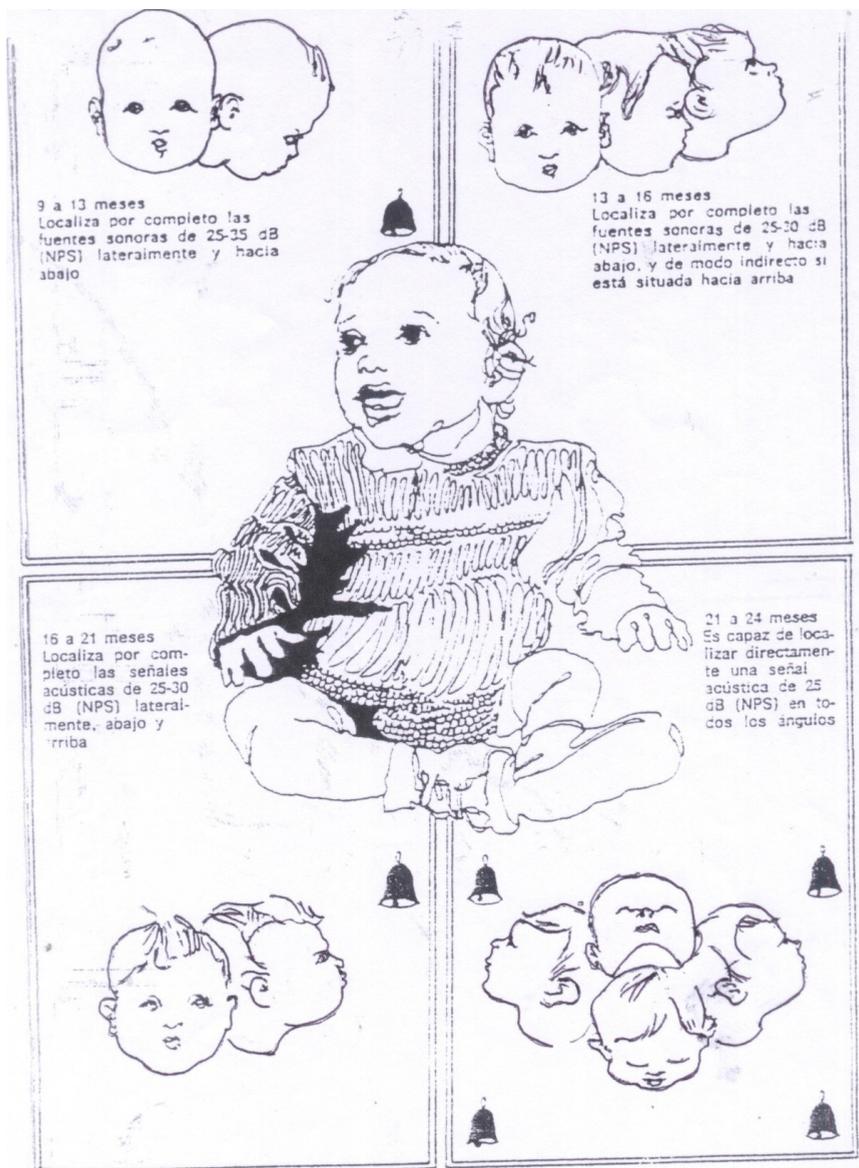
1. Recién nacido hasta los 9 meses

Figura 41. Maduración de la respuesta auditiva (Northen y Downs, 1998)



2. Niños de 9 meses a 24 meses

Figura 42. Maduración de la respuesta auditiva (Northern y Downs, 1998)



9.6 Aspectos que influyen en los resultados de la evaluación audiológica

Entre los aspectos que pueden influir en los resultados de una prueba auditiva son:

- Mal funcionamiento del equipo o errores en la calibración.
- Error en la ejecución y manejo de la prueba por parte del examinador.
- Errores por parte del paciente como falta de atención, dificultad en la comprensión de las instrucciones, problemas mentales, neurológicos o motores.

9.7 Clasificación de las pruebas audiológicas

Para la detección temprana de las pérdidas auditivas en la población infantil se pueden utilizar diferentes técnicas o métodos: subjetivos, los cuales se basan en respuestas conductuales ante los estímulos auditivos y métodos objetivos: se basan en respuestas fisiológicas. Para los programas de tamizaje auditivo se emplean métodos conductuales (subjetivos y objetivos) y objetivos como son las pruebas electrofisiológicas y electroacústicas.

La Asociación Americana de Habla y Audición (ASHA 1997), refiere que las pruebas objetivas aceptadas internacionalmente para la realización del tamizaje auditivo son: Otoemisiones Evocadas Transitorias (OEAT) y los Potenciales Evocados Auditivos Automáticos (PEATC). Ambas han demostrado una alta sensibilidad en la detección precoz de hipoacusias y en absoluto son excluyentes, sino complementarias.

Los procedimientos de detección para los recién nacidos y los lactantes son sencillos y sin dolor, y se pueden hacer mientras el bebé está dormido. Los dos métodos de selección comunes que se utilizan con los bebés son las Emisiones Otoacústicas (OAE) y la respuesta del tronco cerebral (ABR: Auditory Brainstem Response Audiometry). Estas herramientas pueden detectar la pérdida de audición con un promedio de 30 a 40 dB o más en la región de frecuencia importante para el reconocimiento de voz, por ejemplo, aproximadamente 500 a 4000 Hertz (Hz).

Emisiones otoacústicas (OAE)

Son los sonidos emitidos por el oído interno cuando la cóclea es estimulada por un sonido. Cuando el sonido estimula la cóclea, las células ciliadas externas vibran. La vibración produce un sonido casi inaudible que se hace eco de nuevo en el oído medio. El sonido se puede medir con una pequeña sonda que se inserta en el canal auditivo.

Las personas con pérdida auditiva mayor a 25-30 dB no producen estos sonidos muy suaves. La prueba de OAE es a menudo parte de un programa de tamiz auditivo neonatal. Este examen puede detectar obstrucción en el conducto auditivo externo, así como la presencia de líquido en el oído medio y el daño a las células ciliadas externas.

Prueba de respuesta del tronco encefálico (ABR)

Esta prueba da información sobre el oído interno (cóclea) y las vías cerebrales de la audición, también se conoce como potencial evocado auditivo. La prueba se puede utilizar con los niños u otras personas que tienen dificultades con los métodos de evaluación comportamental y convencionales. Los potenciales evocados auditivos detectan las características del pasaje del estímulo acústico a lo largo de la vía auditiva en el tronco cerebral. (Asha 1997).

La prueba detecta la existencia de distintas ondas que representan las diferentes estaciones neuronales de la vía auditiva en su pasaje por el tronco cerebral (ondas I-II-III-IV y V). En el caso de su uso en el *screening* neonatal, determina la existencia de la Onda V (cuya presencia continúa hasta intensidades cercanas al umbral auditivo) con un tono click, a una intensidad de 35 dB (Liceda et al, 2014), o inferior, con un límite superior tasa de estímulo de 37 / segundo.

En el caso de la determinación de umbrales electrofisiológicos por ABR/PEAT a fin de establecer el grado y tipo de hipoacusia presente, se utilizan los tonos PIP o BURST que permiten conocer el nivel del umbral en cuatro frecuencias fundamentales para la identificación de los sonidos del habla que son 0.5-1-2-y 4 KHZ (equivalentes a 500-1000-2000 y 4000 Hz). También están los Potenciales de Estado Estable –PEES– que estudian

simultáneamente las cuatro frecuencias, en ambos oídos, pero no se encuentran aún validados en el mundo (Liceda et al 2014).

Tabla 15. Clasificación de las pruebas audiológicas (Carvajalino, M. 2012)

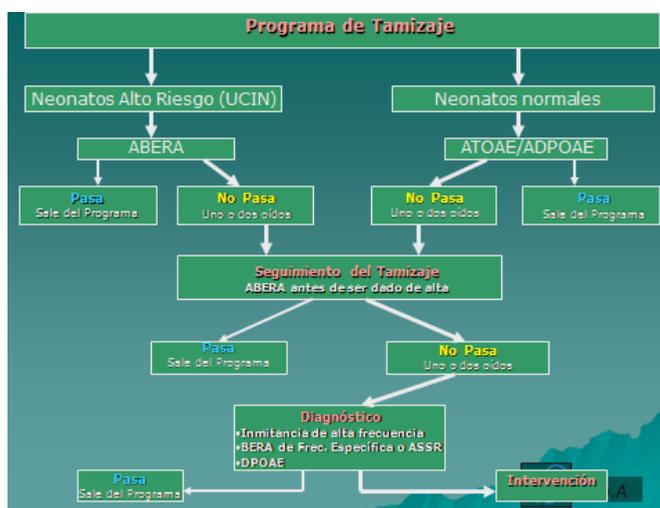
Grupos de pruebas	Tipo de pruebas	Parámetros de estimulación
Anamnesis	Antecedentes familiares, prenatales, perinatales, posnatales.	
Otoscopia	Inspección visual de CAE y membrana timpánica.	
Evaluación audiológica – Electrofisiológica (Potenciales Evocados Auditivos)	BERA topo diagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> • Click. • Alta intensidad. • Rarefacción y condensación. • Velocidad 11 p/seg. • Enmascaramiento contralateral.
	BERA umbrales – Frecuencia específica	<ul style="list-style-type: none"> • 500 y 300 Hz en descensos de 10 dB. • Rarefacción. • Velocidad 21-30 p/seg. • Enmascaramiento contralateral.
Evaluación audiológica – Electroacústica	<p>DPOAE - Emisiones Otoacústicas de Producto de Distorsión.</p> <p>Inmitancia acústica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen Físico del Canal. • Timpanograma. • Gradiente. • Reflejos estapediales ipsi y contralaterales 	<ul style="list-style-type: none"> • 16 frecuencias estimuladas en rango de 6000 Hz. • Producto de distorsión de 2F1 – F2. • Sonda de prueba de 226 Hz. • Gradiente medido en complacencia. • Búsqueda de umbral reflejo entre 80 y 110 dB HL.

<p>Evaluación audiológica – comportamental: niveles auditivos según rango de edad</p>	<p>BOA (Behavioral Observation Audiometry) 6 meses.</p> <p>VRA (Visual Reinforcement Audiometry) – 24 meses</p> <p>Audiometría condicionada por juego – 24 meses en adelante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transductores: Campo libre (0° acimut), supra-aurales y/o inserción y óseo frontal. • Estímulo warble / NBN – narrow band noise. • Transductores: Campo libre (0° acimut), supra-aurales y/o inserción y óseo frontal. • Estímulo warble / NBN – narrow band noise • VRA a 90° acimut. • Transductores: Campo libre (0° acimut), supra-aurales y/o inserción y óseo frontal. • Estímulo warble/NBN–narrow band noise, tono pulsado.
---	--	---

Fuente: Carvajalino, I. 2012

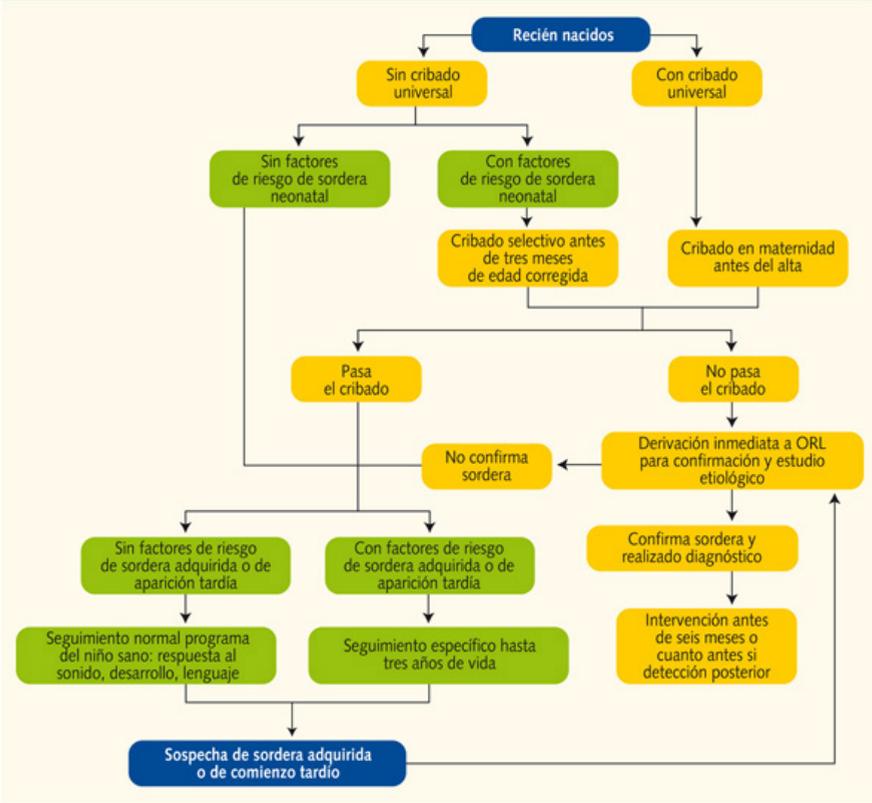
Los programas de tamizaje auditivo en población infantil requieren de unos procesos y procedimientos a seguir para mejorar detección de pérdidas auditivas y facilitar una intervención temprana, las cuales se describen mediante flujogramas de atención.

Figura 43. Flujograma de un Programa de Tamizaje Neonatal (Escobar, M. 2006)



Fuente: Escobar M. 2006.

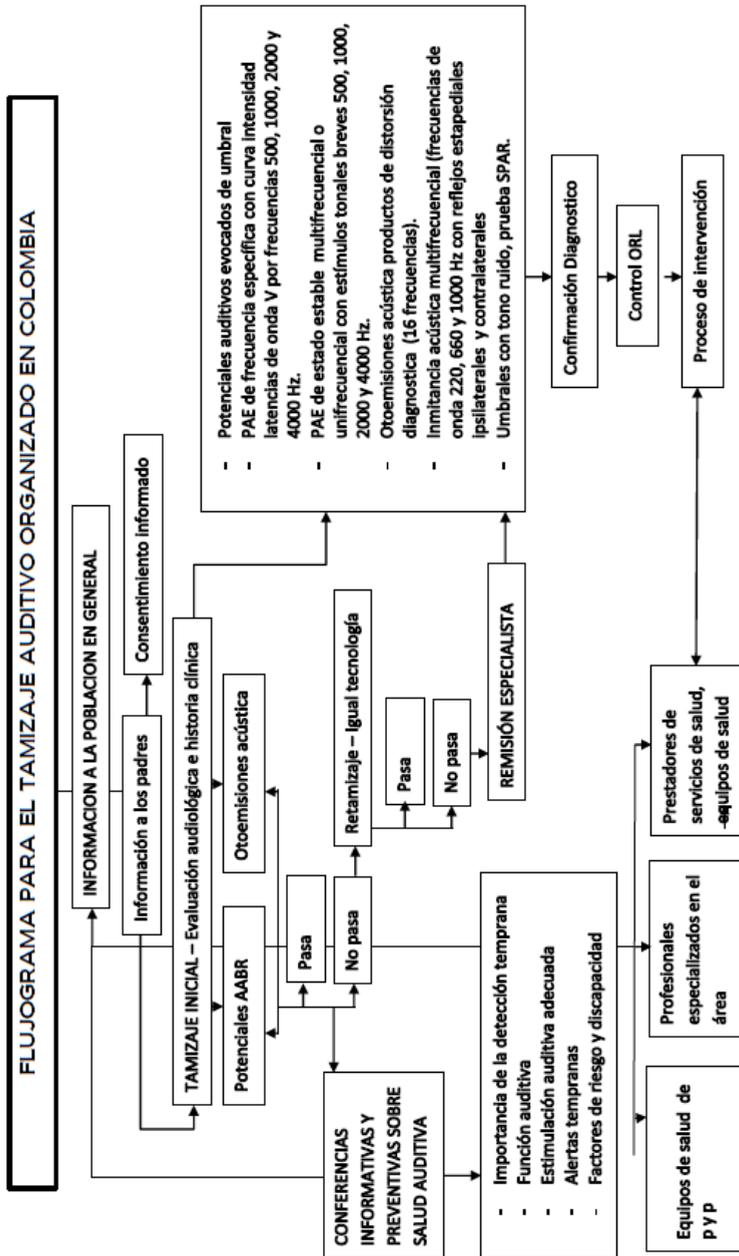
Figura 1. Diagrama de flujo del programa de detección precoz de sordera infantil



ORL: Otorrinolaringología.

Fuente: Delgado Domínguez J. Grupo PrevInfad/PAPPS Infancia y Adolescencia.2011

Figura 45. Flujoograma para el tamizaje auditivo organizado en Colombia



Fuente: Salud auditiva y comunicativa en Colombia. Ministerio de Salud y Protección social 2017

Tabla 16. Guía de tamizaje auditivo y del lenguaje en niños recién nacidos a 5 años.

Edad	Edad recomendada	Tamizaje	Respuesta apropiada	Descartar	Remisión
Cualquier edad después del nacimiento	Periodo neonatal	Revisar historia clínica por factores de alto riesgo: Asfisia o anoxia Meningitis bacteriana Infecciones congénitas perinatales Defecto cabeza/cuello Bilirrubina elevada Historia familiar de sordera Peso menor a 1500 gr	No historia de factores de alto riesgo	La mayoría de sorderas congénitas	Si algún factor es positivo, remitir a evaluación audiológica
1-4 meses	1-2 meses	Corneta fuerte	Parpadeo o sobresalto	Sordera severa o profunda	Si falla en tamizaje, reevaluar en dos semanas
4-36 meses	6-9 meses y después de cada infección de oído	1. Juguete sonoro suave: campana, llaves, sonajero 2. Corneta fuerte 3. Timpanometría de siete meses en adelante	Buscar respuesta adecuada. Parpadeo sobresalto. Timpanometría: normal	Pérdida de moderada a severa. Efusión de líquido	Si falla, remitir a evaluación audiológica
36 meses en adelante	4-5 años	Audiometría por tonos puros a 1000, 2000 y 4000 Hz	Levantar la mano	Problemas auditivos de leve en adelante	Si falla, remitir a evaluación audiológica

Fuente: ASHA 1997

9.8 Guía de tamizaje auditivo para la detección temprana en menores de cinco años y escolares

El Instituto Nacional de Sordos –INSOR- diseñó un instrumento de tamizaje para la detección temprana de deficiencias auditivas en la población menor de cinco años, que fue desarrollado y validado por profesionales de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá en el 2002.

En la actualidad, profesionales especializados pueden realizar un diagnóstico audiológico certero a muy temprana edad mediante la utilización de equipos de alta tecnología. Sin embargo, en el contexto nacional sigue teniendo vigencia el uso de pruebas sencillas que permiten detectar deficiencias auditivas y que pueden ser aplicadas ampliamente en los programas de salud pública en atención infantil por enfermeras o médicos, o en los programas del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar por jardineras o madres comunitarias (INSOR, 2009). Las pruebas seleccionadas para realizar el tamizaje son:

1. Observación de la oreja (0 meses a 5 años)

Descripción: observe cuidadosamente la forma, el tamaño, la colocación de la oreja con respecto a la cabeza y si hay secreción en el conducto auditivo. Este procedimiento lo debe realizar con cada oreja.

Criterios de respuesta:

- Normal: cuando en la observación el pabellón auricular (oreja) y el conducto auditivo externo (orificio) se encuentran normales.
- Anormal: cuando no cumple alguna o todas las condiciones anteriores; por ejemplo, no hay pabellón (oreja); se observa malformación de la oreja, otorrea (secreción) o cuerpo extraño.

2. Otoscopia (0 meses a 5 años)

La otoscopia es una prueba especializada que se utiliza solamente en el sector salud, debido a que requiere del conocimiento y manejo por parte de un profesional experto como puede ser el médico o la enfermera.

Recursos: otoscopio.

Descripción: seleccione el espéculo a utilizar dependiendo del tamaño del conducto auditivo externo. Hale cuidadosamente la oreja hacia atrás y hacia abajo para lograr una mejor visualización del conducto auditivo externo y la membrana timpánica; al mismo tiempo apoye el dedo meñique sobre la cara del niño o la niña para evitar lesiones en el conducto auditivo externo si él o ella se mueven bruscamente. Este procedimiento lo debe realizar con cada oído.

Criterios de respuesta:

La membrana timpánica se puede encontrar:

- Normal: cuando el conducto auditivo externo está despejado y el tímpano se visualiza de color nacarado e íntegro.
- Anormal: cuando no cumple alguna o todas las condiciones anteriores; por ejemplo, no hay pabellón (oreja); se observa otorrea, tapón de cera, cuerpo extraño, perforación timpánica.

3. Prueba con instrumentos sonoros (0 a 3 meses)

Recursos: campana, cencerro, tambor.

Lugar: silencioso.

Descripción: algunas recomendaciones generales para la aplicación de la prueba son:

- El niño debe encontrarse en condición de sueño liviano o despierto y acostado en una camilla.
- La madre debe distraer al bebé, acariciándolo o mostrándole un objeto llamativo que no produzca sonido.
- El examinador produce un sonido fuerte con la campana, fuera de la visión periférica del bebé, a una distancia de 30 cm. Posteriormente, hace lo mismo con el cencerro y el tambor.

- Se debe esperar por lo menos tres segundos antes de presentar el siguiente estímulo.
- Antes de dar la prueba por terminada, el niño o niña debe responder auditivamente a dos de los instrumentos sonoros.

Criterios de respuesta:

Esta prueba se fundamenta en la observación del cambio de conducta o comportamiento del niño, como respuesta a un estímulo sonoro. Las respuestas en este rango de edad son de tipo reflejo y se manifiestan con: sobresalto, llanto, movimiento de párpados o contacto visual.

4. Prueba con objetos sonoros (cuatro meses a tres años)

Recursos: muñeco de caucho, sonajero y papel de dulce.

Lugar: silencioso.

Descripción: algunas recomendaciones generales para la aplicación de la prueba son:

- El niño debe encontrarse despierto.
- La madre debe cargar al niño y distraerlo acariciándolo o mostrándole un objeto llamativo que no produzca sonido.
- El examinador produce un sonido suave con el muñeco de caucho fuera de la visión periférica del niño, inicialmente por un oído y luego por el otro, a una distancia de 30 cm. Posteriormente, hace lo mismo con el sonajero y el papel de dulce.
- Se debe esperar por lo menos tres segundos antes de presentar el siguiente estímulo.
- El estímulo sonoro debe emitirse durante dos segundos.
- Antes de dar la prueba por terminada, el niño debe responder auditivamente a dos de estos objetos sonoros.

Criterios de respuesta:

Se pueden encontrar las siguientes respuestas ante estímulos sonoros:

- Sonrisa
- Contacto visual
- Seguimiento con la mirada
- Actitud de escucha
- Giro de cabeza en dirección al sonido: si el niño gira su cabeza hacia el lado contrario de donde se produjo el sonido, la respuesta se registra como negativa.

5. Prueba con voz por señalamiento (tres años, un mes a cinco años)

Recursos:

Palabras: ojos, zapatos, boca, mamá, cabeza, nariz.

Lugar: silencioso.

Descripción: algunas recomendaciones generales para la aplicación de la prueba son:

- El niño puede estar de pie o sentado; el examinador se ubica a la altura de este y establece contacto físico y verbal con él.
- El examinador le explica “voy a decirte unas palabras y tú muestras lo que es; por ejemplo, yo te digo manos, tú muestras tus manos”.
- El examinador retira el cabello cuando está sobre el oído a evaluar. A 30 cm de este, le dice con voz cuchicheada las tres palabras que el niño o niña debe repetir o mostrar. Cada oído se evalúa de manera independiente, para eso se frota con un pedazo de papel, el oído contrario al que se evaluará.
- Si el niño está con una persona diferente a la madre, se reemplaza la palabra mamá por la del parentesco o nombre de quien lo acompaña.
- Se debe esperar por lo menos tres segundos antes de presentar el siguiente estímulo.

- Se debe esperar, no más de tres segundos, que el niño o niña responda cada solicitud.

Criterios de respuesta:

Si el niño repite o señala la palabra correspondiente, se considera una respuesta positiva.

Se acepta que el menor pida que se le repita lo que dijo el examinador.

Para la identificación temprana de la pérdida auditiva, existen pruebas conductuales o comportamentales que se utilizan con el fin de complementar las pruebas formales, entre ellas están:

Audiometría condicionada por juego (BOA):

La audiometría de observación del comportamiento o Behavioral Observation (BOA) se utiliza comúnmente con niños en edades entre dos y cinco meses. Algunas de sus características son las siguientes:

- Respuesta sin condicionamiento.
- Se buscan los niveles mínimos de respuesta (MRL).
- El umbral auditivo debe estar mejor que los MRL.
- Se deben observar respuestas reflejas o motoras.
- Se pueden realizar en campo libre o con auriculares.
- Depende de la observación del examinador.
- Se puede usar instrumentos sonoros.
- Lo ideal es realizarla bajo cabina. Los parlantes deben estar calibrados.
- Se utiliza tono puro, modulado, banda estrecha.

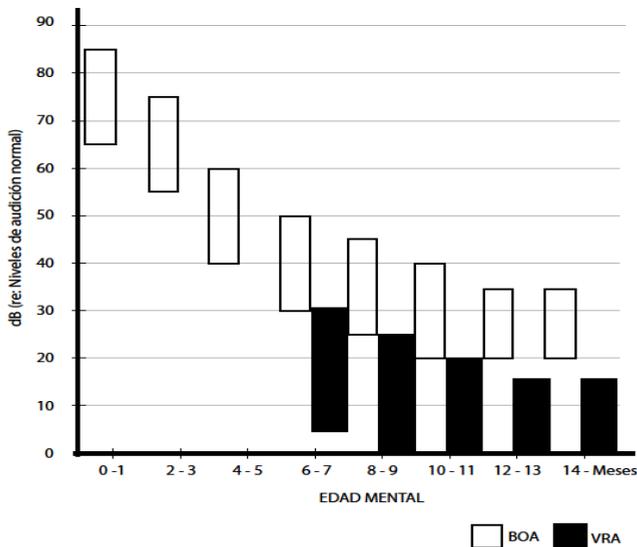
Técnica:

En neonatos, se requiere estimulación supraumbral para obtener respuestas reflejas; en lactantes de mayor edad, el nivel de intensidad debe ser más bajo

para obtener respuestas más maduras. Se inicia en 2000 Hz (para asegurar lenguaje), se continúa con 500, 4000, 250 Hz, es decir, 2 frecuencias agudas, 2 frecuencias graves.

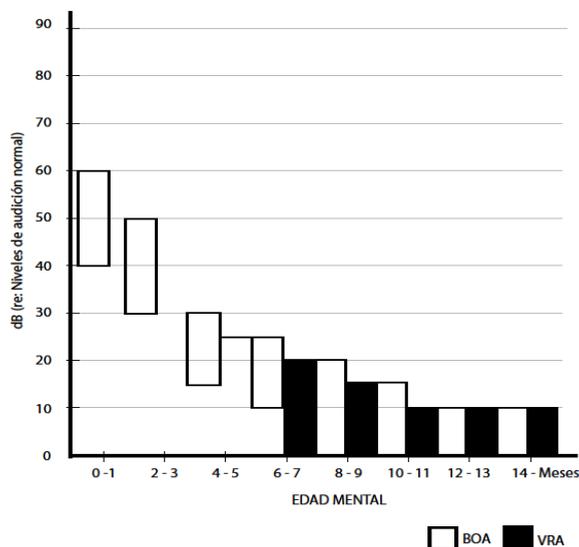
- Método ascendente: ejemplo: iniciar en 20 dB (no respuesta), 30 dB (no respuesta), 40 dB (no respuesta), 50 dB (respuesta dudosa), 60 dB (respuesta positiva) incrementar 20 dB (respuesta positiva), bajar a 70 dB (respuesta positiva), 60 dB (respuesta positiva), 50 dB (respuesta positiva), 45 dB (respuesta negativa), 50 dB (respuesta positiva).
- MRL = 2 de 3 respuestas positivas.
- Reporte completo y descriptivo.
- Observar el reflejo de sobresalto a 70 dB.
- Inconveniente: sesgo del observador.
- El reporte de resultados se mide en dB bajo auriculares (no es umbral, es para monoauralizar la respuesta). Si se realiza en campo libre, las respuestas se dan en dBnHL (número de por encima de los umbrales de oyentes con audición normal).

Figura 46. Niveles Mínimos de Respuesta



Fuente: Audiología Jerry Northern, 1998

Figura 47. Niveles Mínimos de Respuesta Detección del Habla



Fuente: Jerry Northern ,1998

Tabla 17. Índice de comportamiento auditivo para lactantes: estímulos y niveles de respuesta.

ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO AUDITIVO PARA LACTANTES ESTÍMULOS Y RESPUESTAS (BOA)					
EDAD	JUQUETES SONOROS (NPS APROX)	TONOS PUROS MODULARES (REF: O AUDIOMET)	LOCUCION (REF: O AUDIOM)	RESPUESTA ESPERADA	ALARMA A LA VOZ (REF: O AUDIOM)
0-6s*	50-70dB	78dB (DE=6dB)	40-60dB	Dilatación ocular, pestañeo, pequeños movimientos o despertar del sueño.	65dB
6s-4m*	50-60dB	70dB (DE=2dB)	47dB (DE=2dB)	Dilatación ocular, desviación ocular, pestañeo quietamiento; comienzo de esbozo de giro de cabeza	65dB
4-7m	40-50dB	51dB (DE=8dB)	21dB (DE=8dB)	Giro de la cabeza lateralmente hacia el sonido; actitud de escucha	65dB
7-9m	30-40dB	45dB (DE=15dB)	15dB (DE=7dB)	Localización directa de los sonidos laterales, indirecta de los situados por encima del nivel del oído	65dB
9-13	25-35dB	38dB (DE=8dB)	8dB (DE=7dB)	Localización directa de los sonidos laterales, indirecta de los situados por encima del nivel del oído	65dB
13-16m	25-30dB	32dB (DE=10dB)	5dB (DE=5dB)	Localización directa del sonido lateralmente, arribay abajo	65dB
16-21m	25dB	25dB (DE=10dB)	5dB (DE=1dB)	Localización directa del sonido lateralmente, arribay abajo	65dB
21-24m	25dB	26dB (DE=10dB)	3dB (DE=10dB)	Localización directa del sonido lateralmente, arribay abajo	65dB

Fuente: Jerry Northern, 1998.

2. Audiometría por refuerzo visual (Visual Reinforcement Audiometry-VRA) (Reflejo de orientación condicionada frecuentemente llamada SUZUKI)

Es el método de elección para el tamizaje de los niños entre seis meses y dos años de edad. Cuando el niño da una respuesta correcta (por ejemplo, busca una fuente de sonido cuando se presenta), es “recompensado” a través de un refuerzo visual. Algunas de las características de este método son:

- La respuesta es condicionada.
- Se basa en el reflejo de orientación condicionada.
- En el procedimiento se usan parlantes con juguetes que se encienden simultáneamente a la presencia de la señal durante el periodo de condicionamiento.
- Los estímulos se pueden pasar por auriculares o campo libre.
- Se utilizan tonos como: narrow band noise, warble, lenguaje (sílabas).
- Se deben buscar niveles mínimos de respuesta.

Material: Dos altavoces ubicados a una distancia de aproximadamente un metro el uno del otro y conectados a un audiómetro. Dos cajas situadas justo debajo de los altavoces. Cada caja esconde un muñeco que se ilumina y se mueve a voluntad del examinador. (Letourneau G, Blanch E.)

Metodología: La prueba se suele efectuar en campo libre, dada la corta edad de los niños a quienes se destina. Se emite un estímulo auditivo por uno de los altavoces y unos segundos después, del mismo lado, un estímulo visual. El proceso se repite hasta estar seguro que el niño gira automáticamente la cabeza cuando oye un sonido para ver el muñeco. A través de este acondicionamiento se analiza la respuesta a distintas frecuencias, a varias intensidades hasta conseguir umbrales.

3. Audiometría por juego condicionado

Consiste en condicionar al niño a dar una respuesta motriz ante un estímulo auditivo, el cual se pasa por auriculares o en campo libre. El material usado varía según la edad: fichas o encajes.

Técnica:

- El evaluador hace la demostración con una ficha
- Insertar la ficha ante la presencia el sonido al unísono: evaluador-niño
- El niño inserta la ficha ante la presencia del sonido
- Pasar el sonido 3 a 4 veces a intensidades fuertes hasta establecer el condicionamiento, disminuirla hasta determinar el umbral.

4. Barrido de frecuencias

Es uno de los métodos más simples y precisos que permite estudiar cada oído por separado, incluyendo los niños a partir de los seis años. Se refiere a la audiometría de tonos puros en las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz a 20 dB HL en todo el rango frecuencial. La intensidad se fija a 20 dB por encima del umbral, se estimula por vía aérea y se barren las frecuencias desde 250 hasta 4000 Hz.

Pueden obtenerse tres tipos de respuestas:

- a. A 20 dB: se perciben todas las frecuencias, se considera audición normal.
- b. A 20 dB: si una o varias frecuencias no son percibidas, se considera audición sospechosa.
- c. A 20 dB: ninguna frecuencia es percibida, se considera que la audición es anormal. Las dos últimas necesitan estudio completo y formal de la funcionalidad de la audición.

Se puede complementar con una timpanometría, la cual es útil en la detección de trastorno del oído externo y medio. Se deben identificar los valores del volumen físico del canal, gradiente, presión y compliancia máxima.

5. Test del *peep-show* (Letourneau G, Blanch E.)

Es otra prueba de condicionamiento que consiste en obtener respuestas voluntarias ante el sonido inducidas por una recompensa agradable como una imagen en una pantalla, muñecos móviles, películas.

Metodología: El niño está sentado frente a las imágenes o muñecos dinámicos y espera oír un sonido. Sólo entonces oprimir el interruptor; si se adelanta no se produce movimiento. Cuando el niño ha aprendido a dar respuestas fiables, se buscan los umbrales variando frecuencia e intensidad.

6. Pruebas verbales

Son pruebas que permiten analizar los centros de decodificación y las respuestas del órgano auditivo. El material empleado depende de las adquisiciones vocales del sujeto y de su nivel de hipoacusia; en ocasiones, se pueden observar mejores respuestas al estímulo vocal que al tonal. La valoración verbal sirve ante todo para verificar la prueba tonal y comprobar la habilidad comunicativa y la sociabilidad del niño. El sonido de la voz se emite en campo abierto o a través de los auriculares. Entre las pruebas vocales conductuales se encuentran:

a) Estimulaciones vocálicas: hasta los dos años y medio

Para esta prueba se utilizan sonidos del medio ambiente y del lenguaje, calibrados en bandas de frecuencias más estrechas que cubren en intensidad y frecuencia la zona del lenguaje; esto es similar a los valores de la audiometría tonal convencional. Se pueden usar estímulos como:

- Cucú o bebé: corresponde a la zona frecuencial entre 25 - 750 Hz.
- Tch - tch: corresponde a la zona frecuencial entre 3000 - 6000 Hz.
- Silbido: corresponde a la zona frecuencial de 2000 Hz.

La estimulación se inicia en intensidad baja y se va aumentando de 10 en 10 dB hasta encontrar reacción del niño.

b) Percepción sonora del lenguaje: hasta los dos años y medio

Los estímulos utilizados en esta prueba pueden ser: reacción al llamado por el nombre, a sonidos del lenguaje en frecuencias graves (p, o), agudas (s, ch, j, i) o al material usado en la prueba anterior. Se debe iniciar a una intensidad de 30 a 40 dB sobre el umbral y, según la respuesta, disminuir o aumentar la intensidad hasta encontrar el umbral. Una respuesta de 30 dB se considera normal para este grupo de edad, 20 dB corresponden a un umbral audiométrico entre 10 y 5 dB (Gallego y Sánchez, 1992).

c) Prueba con imágenes: mayores de dos años y medio

En esta prueba se utilizan láminas sencillas que sean reconocidas por el niño, quien debe señalar la imagen que corresponda a la palabra escuchada. Se inicia a una intensidad confortable: 30 dB buscando el 100% de discriminación, se disminuye la intensidad de 10 en 10 dB hasta que el niño no responda. Si no responde, se aumenta la intensidad. Para niños mayores, se deben pasar grupos de diez palabras para cada intensidad, en niños menores, cinco palabras (Gallego y Sánchez, 1992).

La ASHA (1997) recomienda identificar en niños escolares el umbral de recepción del habla (Speech Response Threshold / SRT), que consiste en pasar cuatro palabras para que el niño reproduzca dos, que son equivalentes al 50%; el SRT ayuda a confirmar los resultados de las pruebas de tonos puros.

9.9 Prevención y promoción de la salud auditiva y comunicativo

El Ministerio de Salud y Protección social en Colombia en el año 2014 indica que “la Subdirección de Enfermedades no Transmisibles - SENT, en el marco de sus competencias dispuestas en el artículo 18 del decreto 4107 de 2011 adelanta desde el año 2012 el diseño de diferentes herramientas para los gestores de la salud y de otros sectores, que les permita implementar acciones territoriales de promoción y gestión integrada de la salud”. Por lo anterior plantea una guía de actividades promocionales y preventivas para el desarrollo de la estrategia de información y educación en salud auditiva y comunicativa las cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 18. Guía de actividades promocionales y preventivas para el desarrollo de la estrategia de información, educación, comunicación – IEC en salud auditiva y comunicativa.

GRUPOS POBLACIONES	OBJETIVOS ESPECIFICOS	TEMAS	ESTRATEGIAS
Mujeres en edad fértil y embarazadas	<p>Crear y fortalecer los programas de promoción y prevención en salud auditiva y comunicativa y EVS, capacitando al personal del sector de la salud, dando a conocer los factores protectores y los factores de riesgo, con el fin de socializar y multiplicar la información a mujeres e</p>	<p>Derechos y deberes en salud Redes de servicios Anatomía de oído y fisiología de la audición. Factores protectores. Factores de riesgo. Desarrollo auditivo y comunicativo. Estimulación temprana Definición de la deficiencia auditiva y su clasificación. Comunicación, lenguaje y lengua: su relación con la deficiencia auditiva. Detección temprana Alternativas de comunicación, rehabilitación e inclusión social. Participación social y comunitaria</p>	<p>Conferencias a los profesionales de la salud. Charlas informativas a la comunidad, o proyección de videos en las salas de espera. Campañas de información y educación a las madres gestantes, a través de medios masivos (radio, televisión, prensa); material impreso y videos.</p>
Madres o cuidadores de niños menores de 10 años	<p>Crear y fortalecer los programas de promoción y prevención en salud auditiva y comunicativa y EVS, capacitando al personal de los sectores de salud, educación, Bienestar Familiar (I.C.B.F) y Departamento Administrativo de Bienestar Social (DABS), sobre la importancia de la salud auditiva y comunicativa, dando a conocer los factores protectores, los factores de riesgo y la importancia de la detección oportuna de la deficiencia audición, con el fin de socializar la información con las madres o cuidadores de niños menores de 10 años.</p>	<p>Derechos y deberes en salud Redes de servicios Anatomía del oído y fisiología de la audición. Factores protectores. Factores de riesgo. Desarrollo auditivo y comunicativo. Estimulación temprana Definición de deficiencia auditiva y su clasificación. Comunicación, lenguaje y lengua: su relación con la deficiencia auditiva. Importancia de acudir a los controles de crecimiento y desarrollo para una detección temprana. Alternativas de comunicación, rehabilitación e inclusión social. Participación social y comunitaria</p>	<p>Conferencias a los profesionales de la salud, educación e I.C.B.F. y DABS. Charlas informativas a la comunidad, o proyección de videos en las salas de espera. Campañas de información educación a las madres o cuidadores de niños menores de 10 años, a través de medios masivos (radio, televisión, iglesias, prensa); material impreso y videos. Inclusión del tema de promoción y EVS, prevención en salud auditivo-comunicativa en las instituciones educativas dentro del servicio público educativo para los niveles de Pre-escolar (Dimensión Corporal) y Educación básica (Ciencias Naturales y Educación Ambiental).</p>

<p>Jóvenes de 10 a 29 años</p>	<p>Crear y fortalecer los programas de promoción y prevención en salud auditiva y comunicativa y EVS, capacitando al personal de los sectores de salud, y educación, sobre la importancia de la salud auditiva y comunicativa, dando a conocer los factores protectores, los factores de riesgo y la importancia de la detección oportuna de la deficiencia auditiva, con el fin de socializar la información.</p>	<p>Derechos y deberes en salud Redes de servicios Anatomía de oído y fisiología de la audición. Factores protectores en el hogar, la calle, el trabajo, establecimientos públicos. Factores de riesgo. Contaminación sonora, efectos del ruido sobre la salud, física acústica, NPS, Amor por el silencio en la etapa preescolar, contaminación sonora, niveles de presión sonora y daños a la audición y a la salud en general producidos por el ruido, importancias de los ambientes tranquilos para el descanso, reflexión y para el ecosistema, autocuidado uso de elementos y entorno laboral saludable dirigido especialmente a los estudiantes de los grados 11 y 12 y universitario Definición de deficiencia auditiva y su clasificación. Comunicación, lenguaje y lengua: su relación con la deficiencia auditiva. Participación social y comunitaria</p>	<p>Conferencias a los profesionales de la salud y educación. Charlas informativas a la comunidad, o proyección de videos en las salas de espera. Campañas de información y educación a los adolescentes a través de medios masivos (radio, televisión, iglesias prensa); material impreso y videos. Inserción curricular de los temas de promoción en salud y estilos de vida saludable, prevención de los trastornos del sistema auditivo y daños a la salud, de las instituciones educativas dentro de PEI de preescolar, Educación Básica y Media (Ciencias Naturales y Educación Ambiental) y dentro del currículo o nivel universitario.</p>
<p>Adultos</p>	<p>Fortalecer los programas de entorno laboral saludable y EVS y salud ocupacional, informando y capacitando al personal de los sectores de salud, educación, trabajo y medio ambiente, sobre la protección y conservación de la salud auditivo-comunicativa, con el fin de socializar la información con la población trabajadora de 19 a 29 años.</p>	<p>Anatomía del oído y fisiología de la audición. Física acústica. Conductas protectoras en el trabajo. Uso de protectores auditivos. Infraestructura. Definición de ruido y tipología, efectos fisiológicos y psicológicos ocasionados por exceso de ruido.</p>	<p>Conferencias a los profesionales de la salud. Consultoría a directivos u empleados e las empresas que lo soliciten. Charlas informativa a la comunidad. Campañas de información y educación.</p>

Audiología básica para estudiantes.

<p>Adultos</p>	<p>Crear y fortalecer los programas de promoción, capacitando al personal de los sectores de salud, educación, medio ambiente y trabajo sobre la importancia de la salud auditiva y comunicativa, dando a conocer los factores protectores, los factores de riesgo y la importancia de la detección oportuna de la deficiencia auditiva, con el fin de socializar la información con este grupo poblacional.</p>	<p>Comunicación, lengua y lenguaje y su relación con la audición. Anatomía del oído y fisiología de la audición. Física acústica. Factores protectores; por ejemplo para personas que presentan antecedentes cardio cerebro vasculares o trastornos metabólicos. Identificación de factores de riesgo. Definición de deficiencia auditiva y su clasificación.</p>	<p>Conferencias a los profesionales de la salud. Charlas informativas a la comunidad, o protección de videos en las salas de espera. Campañas de información de educación a los adultos a través de medios masivos (radio, televisión, prensa); material impreso y videos.</p>
	<p>Fortalecer los programas de salud ocupacional, informando y capacitando al personal de los sectores de salud, trabajo y medio ambiente, sobre la protección y conservación de la salud auditivo comunicativa, con el fin se socializar la información con la población trabajadora.</p>	<p>Anatomía del oído y fisiología de la audición. Física acústica. Conductas protectoras en el trabajo. Uso de protectores auditivos. Infraestructura. Definición de ruido y tipología, efectos fisiológicos y psicológicos ocasionados por exceso de ruido.</p>	<p>Conferencias a los profesionales de salud. Consultoría a directivos y empleados de las empresas que lo soliciten. Charlas informativas a la comunidad. Campañas de información y educación.</p>
<p>Mujeres en edad fértil o en embarazo.</p>	<p>Intensificar la vacunación de enfermedades inmunoprevenibles organizadas por el sector salud, según el esquema de vacunación nacional, con el fin de evitar la adquisición de enfermedades virales o infecciosas que pueden comprometer la salud auditivo comunicativa de las mujeres en edad fértil o en embarazo.</p>	<p>Vacunación.</p>	<p>Campañas de vacunación sobre la aplicación de los biológicos: Triple viral (MMR) a todas las mujeres mayores de 12 años en caso de no haber sido aplicado antes de los 5 años. Toxoide tetánico y Toxoide diftérico (TT/TD) a todas las mujeres mayores de 10 años y gestantes que habitan en zonas de alto riesgo para tétanos neonatal.</p>

<p>Informar a los profesionales de la salud que atienden a las madres gestantes, sobre la importancia de los controles prenatales y la atención eficiente del parto, con el fin de prevenir la presencia de problemas auditivos y comunicativos en la población.</p>	<p>Conductas de autocuidado durante el embarazo. Factores de riesgo.</p>	<p>Controles pre-natales una vez al mes. Incluir dentro de los exámenes de laboratorio la prueba de IGM (rubéola y toxoplasmosis).</p>	<p>Informar a los profesionales de la salud que atienden a las madres gestantes, sobre la importancia de los controles prenatales y la atención eficiente del parto, con el fin de prevenir la presencia de problemas auditivos y comunicativos en la población.</p>
<p>Niños menores de 10 años</p>	<p>Garantizar el control de las enfermedades infecto-contagiosas a través de la vacunación organizada por el sector salud, con el fin de prevenir la presencia de problemas auditivo comunicativos en la población.</p>	<p>Vacunación.</p>	<p>Campañas de vacunación sobre la aplicación de los biológicos: Triple viral (MMR) a todas las mujeres mayores de 12 años en caso de no haber sido aplicado antes de los 5 años. Toxoide tetánico y Toxoide diftérico (TT/TD) a todas las mujeres mayores de 10 años y gestantes que habitan en zonas de alto riesgo para tétanos neonatal.</p>
	<p>Informar a los profesionales de la salud que atienden a las madres gestantes, sobre la importancia de los controles prenatales y la atención eficiente del parto, con el fin de prevenir la presencia de problemas auditiva y comunicativa en la población.</p>	<p>Conductas de autocuidado durante el embarazo. Factores de riesgo.</p>	<p>Controles pre-natales una vez al mes. Incluir dentro de los exámenes de laboratorio la prueba de IGM (rubéola y toxoplasmosis).</p>
<p>Niños menores de 10 años.</p>	<p>Garantizar el control de las enfermedades infecto-contagiosas a través de la vacunación organizada por el sector salud, con el fin de prevenir la presencia de problemas auditivo comunicativos en la población.</p>	<p>Vacunación.</p>	<p>Campañas de vacunación sobre la aplicación de los biológicos: Triple rival (MMR) a todos los niños de 15 meses con el refuerzo a los 10 años. Meningitis Bacteriana a todos los niños de 1 año de edad.</p>

Audiología básica para estudiantes.

	<p>Detectar oportunamente la presencia de deficiencias auditivas en la población menor de 10 años a través de la aplicación del tamizaje auditivo en las consultas de crecimiento</p>	<p>Tamizaje auditivo.</p>	<p>Aplicación de las pruebas para detectar las deficiencias auditivas: Otoscopia (0 meses a 10 años). Instrumentos sonoros (0 a 3 meses). Objetos sonoros (4 a 36 meses). Voz de señalamiento (37 meses a 10 años).</p>
<p>Jóvenes de 10 a 29</p>	<p>Detectar oportunamente la presencia de deficiencias auditivas en los jóvenes de 10 a 29 años a través de la aplicación del tamizaje auditivo en las consultas de las alteraciones del desarrollo del joven de 10 a 29 años, con el fin de que reciban una atención adecuada.</p>	<p>Tamizaje auditivo.</p>	<p>Aplicación de pruebas para detectar las deficiencias auditivas: - Otoscopia. - Voz de señalamiento.</p>
	<p>Fortalecer y hacer cumplir los programas de prevención, tomando las medidas pertinentes con el personal de salud ocupacional y empleados de las diferentes empresas, en cuando a la salud auditiva y comunicativa de esta población.</p>	<p>Tamizaje auditivo.</p>	<p>Tamizaje auditivo anual a los adolescentes en escuelas o colegios. Análisis del mapa de riesgo ocupacional de las empresas, a cargo del Comité de Salud Ocupacional. Adecuación de planta física e infraestructura en los diferentes sitios donde se genera ruido. Equiparación de protección auditiva según las necesidades del trabajador.</p>
<p>Adultos</p>	<p>Detectar oportunamente la presencia de deficiencias auditivas en los adultos a través de la aplicación del tamizaje auditivo en las consultas de las alteraciones del desarrollo del adulto, con el fin de que reciban una atención adecuada.</p>	<p>Tamizaje auditivo.</p>	<p>Aplicación cada 5 años de pruebas para detectar las deficiencias auditivas. - Otoscopia. - Voz por señalamiento.</p>

	<p>Diagnosticar oportunamente la presencia de deficiencias auditivas en la población menor de 10 años a través de la evaluación audiológica de los niños detectados en las consultas de crecimiento y desarrollo, con el fin de que se inicie una atención oportuna para la adquisición y desarrollo de una primera lengua.</p>		
<p>Niños menores de 10 años.</p>	<p>Diagnosticar oportunamente la presencia de deficiencias auditivas en la población menor de 10 años a través de la evaluación audiológica de los niños detectados en las consultas de crecimiento y desarrollo, con el fin de que se inicie una atención oportuna para la adquisición y desarrollo de una primera lengua.</p>	<p>Pruebas para diagnóstico audiológico.</p>	<p>Evaluación audiológica por medio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Otoscopia. - Audiometría. - Logoaudiometría. - Inmitancia acústica. - Pruebas electrofisiológicas en los casos que se requieran (Electrococleografía, electronistagmografía, medición de emisiones

Fuente. Ministerio de Salud Protección Social de Colombia. 2015

Referencias

American Speech-Language-Hearing Association ASHA. Guidelines for Audiologic Screening. (1997). Panel on Audiologic Assessment. Available from www.asha.org/policy. Disponible: <file:///C:/Users/UsuarioCXC/Downloads/Guidelines%20for%20Audiologic%20Screening.pdf>. Consultado octubre 2016.

Carvajalino, I. (2012). Proceso de tamización y monitoreo audiológico. Memorias. Simposio Nacional de Audiología, Universidad del Cauca. Documento sin publicar.

Escobar, M. (2006). Seminario de actualización en audiología, Universidad del Cauca, Popayán. Documento sin publicar.

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). Audiología: Visión de Hoy. Manizales: Litografía cafetera Ltda.

INSOR. [Internet]. Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/audiologiacolombia/Proyecto_UN_INSOR.html. Consultado octubre de 2015.

Instituto Nacional para sordos. Instrumentos de tamizaje para la detección temprana de deficiencias a los menores de cinco años y escolares. Diciembre 2009 Bogotá. Disponible: http://www.insor.gov.co/historico/images/Publicaciones/cartilla_tamizaje_menores_5_aos.pdf. Consultado Octubre 2017

Létourneau M., Blanch E. La valoración audiológica de los niños. De la técnica a la observación. Instituto Universitaria Dexeus (Dpt. Pedia <file:///C:/Users/UsuarioCXC/Downloads/La+valoraci%C3%B3n+audiol%C3%B3gica+de+los+ni%C3%B1os.pdf>

Liceda María Ester, Taglialegne Nancy et. al. Dirección Nacional de Maternidad e Infancia. Programa Nacional de fortalecimiento de la detección precoz de enfermedades congénitas pesquisa neonatal auditiva. Ministerio de Salud Argentina. Edición 2014. Disponible en <http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000512cnt-pesquisa-auditiva.pdf>. Consultado octubre 2015

LOWE, Armin (1987). Detección, diagnóstico y tratamiento temprano en los niños con problemas de audición. Buenos Aires, Bogotá: M+Médica Panamericana).

Audiología básica para estudiantes.

Ministerio de Salud Colombiano Resolución 412/2000 de 25 de febrero. [Internet]. Disponible en: <http://www.minproteccionsocial.gov.co/Normatividad/RESOLUCI%C3%93N%200412%20DE%202000.pdf>. Consultado en octubre de 2016

Ministerio de salud y protección social: Lineamientos para la promoción y gestión integral de la salud auditiva y comunicativa “somos todo oídos” Ministerio de Salud de Colombia. 2014 file:///C:/Users/Audiologia%203/Downloads/Lineamientos%20salud%20auditiva%20guia%20metodologica%202017%20(1).pdf

Ministerio de Salud de Chile. Guía Clínica: Hipoacusia Sensorineural Bilateral del Prematuro. [Internet]. Disponible en: http://www.redsalud.gov.cl/archivos/guiasges/hipoacusia_prematuro.pdf. Consultado 2017.

Norma Técnica para la Detección Temprana de las Alteraciones del Crecimiento y Desarrollo en el Menor de 10 Años Ministerio de la Protección Social Colombiano. [Internet]. Disponible en: <http://www.esecarmenemiliaospina.gov.co/portal/UserFiles/File/evaluacion/guia%20de%20deteccion%20temprana%20en%20crecimiento%20y%20desarrollo.pdf>. Consultado en octubre de 2017

Northern, Jerry L. y Downs, Marion P. (1998) La audición en los niños. Bogotá: Salvat Cooperativa Editorial Magisterio.

Restrepo María P et al. Revista. Detección de pérdidas auditivas en los neonatos a través del tamizaje auditivo universal. REDIU. Año 1. No. 2. Noviembre de 2006. Disponible .http://www.fumc.edu.co/fumc/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_3320

Rojas Andrés, Gómez Olga, Rivas Fabio. Cumplimiento de la normatividad vigente para la detección temprana de la hipoacusia neonatal. Departamento de Salud Pública, Universidad Nacional de Colombia. Revista de Salud Pública. Volumen 16, Número 3, p. 462-472, 2014. ISSN electrónico 2539-3596. Impreso 0124-0064. Disponible en Artículos/Investigación <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/29149/49163>, Consultado 2016.

Capítulo 10

Distorsiones de la sensación sonora

Elvia Patricia Escobar Franco

patricia.escobar00@usc.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6955-9342>

Cita este capítulo

Escobar Franco, E. P. (2018). Distorsiones de la sensación sonora. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 207-223). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 10

Distorsiones de la sensación sonora

Elvia Patricia Escobar Franco

La audiometría corriente no permite estudiar una serie de fenómenos de distorsión de la sensación sonora. Estos fenómenos originan la falta de concordancia entre los resultados de la audiometría liminal y la incapacidad funcional real que manifiesta el paciente.

Las distorsiones de la sensación sonora son alteraciones en la dinámica de la audición, que consisten en una variación entre el estímulo y la sensación del sujeto. Estas distorsiones se presentan en el eje de la intensidad, el tono y la duración; además de los acúfenos, que corresponden a distorsiones en los tres ejes. Al ser distorsiones en el campo auditivo, son medidas esencialmente por la audiometría tonal supraliminal.

10.1 Distorsiones de la sensación de intensidad del sonido

En este caso la intensidad percibida por el individuo no corresponde a la intensidad física real del sonido; se encuentran tres distorsiones: reclutamiento y sobre-reclutamiento, que son una contracción de la dinámica de la intensidad, mientras que la tercera alteración es el inverso del reclutamiento, una ampliación del campo dinámico.

10.1.1 Reclutamiento

El reclutamiento es un rápido incremento en la sensación de intensidad una vez que se ha alcanzado el umbral, es decir, se escucha más fuerte de lo que se debería con relación al umbral de audición. El oído es hipersensible a intensidades superiores a 70 dB; un oído con reclutamiento es aquel en el que no se perciben los sonidos suaves, moderados o incluso severos dependiendo de cuál sea su umbral tonal y se perciben los sonidos fuertes con el mismo nivel de sensación sonora que un oído normal. Clínicamente, es un principio que, si el reclutamiento está presente, el daño es más coclear que retrococlear.

El origen anatomofisiológico del reclutamiento no se conoce con precisión y al respecto se han propuesto numerosas hipótesis. Las teorías mecánicas de Turmakin y Kobrak, son las que al parecer tienen mayor aceptación. Las células ciliadas internas son las que tienen menor movilidad que las externas y un sonido de poca intensidad estimulará solamente algunas células ciliadas externas y si estas están lesionadas no habrá audición. Si el estímulo sonoro es de mayor intensidad se pondrán en movimiento las células ciliadas internas las cuales se excitan a partir de los 60 dBHL. El estudio de este fenómeno tiene valor inmenso cuando se trata de identificar el lugar de la lesión. El reclutamiento nunca aparece asociado a problemas conductivos sino en lesiones del oído interno.

En 1948, Dix Hallpike y Hood, admitieron que el reclutamiento aparece cuando hay lesiones cocleares y está ausente cuando la lesión es retrococlear.

Historia

Los investigadores en audiolgía descubrieron en los años 30 un fenómeno al cual nombraron como “reclutamiento”, que se describe como el progresivo alivio del impedimento auditivo conforme el nivel de la señal de entrada se incrementa. Una persona con reclutamiento puede ser muy “sorda” para los sonidos de baja intensidad y progresivamente menos “sorda” para los sonidos de mayor intensidad, hasta los casos de reclutamiento “completo” que llegan a niveles altos en los que el individuo portador de impedimento auditivo tiene la misma sensación de sonoridad que un individuo normoyente. Las primeras referencias sobre el reclutamiento fueron hechas por E.P. Fowler en los Archives of Otorrhinoaringology. Pero fueron Steinberg y Garder quienes entendieron las implicaciones del reclutamiento en la amplificación para las personas con deficiencia auditiva. Concluyeron que si se provee suficiente amplificación a una persona con reclutamiento para hacer los sonidos del habla audibles, la misma cantidad de amplificación aplicada a sonidos de gran intensidad provocaría un dolor intolerable.

Clasificación del reclutamiento

a) Reclutamiento completo: es la condición en la cual la sonoridad de un tono en un oído con pérdida auditiva, es igual a la sonoridad de un tono de la misma intensidad en un oído con audición normal a altos

niveles de entrada. Se da en un hipoacúsico cuya sonoridad sea igual a la del normoyente ante niveles altos de estimulación.

b) Reclutamiento parcial: es la condición en la cual la sonoridad de un tono en un oído con pérdida auditiva se aproxima a la sonoridad de un tono de la misma intensidad en un oído con audición normal, a niveles altos de entrada. Se da en un hipoacúsico cuya sonoridad se aproxima a la del normoyente ante niveles altos de estimulación.

Según Portmann, se puede hacer la siguiente clasificación:

a) Reclutamiento: la sonoridad es mayor de lo que debería en correlación con el umbral auditivo e igual a la sonoridad de un normoacúsico a altas intensidades.

b) Inverso de reclutamiento: la sonoridad es menor de lo que debería en correlación con el umbral auditivo.

c) Sobre-reclutamiento: la sonoridad es mayor de lo que debería en correlación con el umbral auditivo y a la sonoridad de un normoacúsico a altas intensidades.

Teorías que explican el reclutamiento

Existen diversas teorías sobre el origen del reclutamiento:

a) La pérdida del poder inhibitorio de las células sobre las células vecinas.

b) La pérdida localizada de las células ciliadas.

c) La diferencia de función entre las células internas y externas.

La diferencia de función entre las células ciliadas internas y externas es la más aceptada para explicar el reclutamiento; las células ciliadas internas solo intervendrían ante estimulaciones de alta intensidad (a partir de 60 u 80 decibeles). El reclutamiento estaría asociado a la lesión de las células ciliadas externas que provoca hipoacusia ante estímulos de baja intensidad y retorno de la sensación de sonoridad normal al alcanzar el estímulo a altas intensidades gracias a la acción de las células ciliadas internas que quedan intactas.

Otra prueba de lo anterior sería que el reclutamiento no aparece jamás asociado a hipoacusias conductivas y se encuentra en las afecciones del oído interno, especialmente las que lesionan selectivamente las células del órgano de Corti (Síndrome de Meniere, Trauma Acústico y ototoxicidad).

El reclutamiento no se encuentra en las lesiones retrolaberínticas. Las excepciones, como casos de reclutamiento presente en neurinoma del acústico (reportadas por Fowler , Hallpike y Hood), pueden explicarse debido a lesiones inflamatorias de la vecindad del órgano de Corti o por la compresión del sistema vascular del conducto auditivo interno, que resultan en trastornos secundarios auténticamente cocleares.

Reclutamiento y diploacusia

Cuando existe lesión de las células ciliadas externas del órgano de Corti, se pierde sensibilidad auditiva para las frecuencias de la zona coclear lesionada. Cuando el sonido supera el umbral auditivo del sujeto, estimula otras fibras remanentes aledañas a la zona afectada encargadas de frecuencias específicas diferentes. El sistema nervioso central interpreta la frecuencia del estímulo correspondiente a la fibra estimulada y no como la que suena en realidad. A este fenómeno se le conoce como *diploacusia*, en el que un tono suena distinto en el oído sano que en el oído enfermo.

10.1.2 Sobrereclutamiento

Es una relación anormal entre la sonoridad y la intensidad real, en la cual el oído afectado parece oír más o mejor que el oído sano. Las teorías de reclutamiento mencionadas anteriormente explican de igual manera este fenómeno.

10.1.3 Reclutamiento inverso

También llamado reclutamiento invertido, ocurre cuando a fuertes intensidades las sensaciones provocadas en el oído afectado son menos sensibles que en el oído sano; a medida que se aumenta la intensidad en el sujeto, oye menos por el oído patológico. Algunos autores indican que la lesión es extracoclear; otros aducen que ocurre hipotéticamente al lesionarse en forma selectiva los elementos de alto umbral sensorial (células ciliadas internas).

Existe otro fenómeno dentro de las alteraciones de intensidad que se denomina Paracusia de Willis, que consiste en que el paciente oye mejor cuando el ambiente es muy ruidoso y oye mal cuando es silencioso. La Paracusia de Willis positiva significa hipoacusia conductiva y es debida a que en un ambiente ruidoso se aumenta la intensidad de la voz, de tal manera que desaparece el déficit auditivo, ya que se comprende mejor el lenguaje. La Paracusia de Willis negativa se manifiesta por dificultades para comprender el lenguaje en ambiente ruidoso e indica una hipoacusia neurosensorial con reclutamiento.

10.2 Distorsiones en el eje de la frecuencia (paracusias tonales)

Es la percepción anormal de la altura o tono de un sonido; la más conocida de estas distorsiones es la diploacusia. En una frecuencia, el sujeto no percibe la misma sensación de altura en uno y otro oído. Ese trastorno de audición es evidente si es unilateral o de predominio unilateral; si la distorsión es bilateral e igual, pasa casi siempre inadvertida, el paciente se percata, generalmente, si es músico. Esta distorsión se ha encontrado en hipoacusias neurosensoriales leves de 30 a 40 dB.

10.3 Distorsiones en el eje del tiempo

Es una relación anormal entre la duración del estímulo y el tiempo de percepción; se encuentra por la permanencia de la sensación luego de suspendido el estímulo o la desaparición de esta durante la estimulación.

La fatiga se define como la caída del umbral auditivo durante y después de una estimulación continuada superior a su umbral e indica alteración del proceso fisiológico; esta caída no predecible es expresada en decibeles y tiempo determinado. Toda estimulación continua trae consigo una baja en la respuesta nerviosa hasta que la energía perdida se recupera. En la fatiga del nervio auditivo se distinguen dos fenómenos de fatiga: la fatiga post-estimuladora y otro de fatiga perestimuladora o adaptación auditiva. Estos fenómenos son reversibles y se pueden considerar como una etapa preliminar al trauma acústico.

Fatiga auditiva o fatiga pos-estimuladora:

Se presenta después de haber estimulado durante algún tiempo el oído con una intensidad por encima del umbral de audición y se manifiesta como un descenso del umbral auditivo comparado con el inicial.

En general, es más efectiva utilizando tonos agudos que graves, lo que afecta no sólo una frecuencia determinada sino las vecinas, especialmente, la inmediata superior a la investigada. Si hubiera lesión coclear, aumenta la fatiga y el período de recuperación coclear.

Adaptación auditiva o fatiga perestimuladora

Es un fenómeno en el cual se atenúa la sensibilidad durante un tiempo de estimulación prolongada y se da sólo en la exposición ante un ruido continuo, no se produce ante exposición intermitente

10.4 Pruebas para la evaluación de las distorsiones sonoras

Existen diversas distorsiones que modifican la normal percepción del sonido en cuanto a su intensidad, su tono y su duración. En este apartado se describirán las pruebas más conocidas para medir esas alteraciones.

10.4.1 Métodos para la evaluación del reclutamiento

Se encuentran el balance binaural de Fowler, SISI.

10.4.1.1 Balance binaural monotonal de Fowler

Fue la primera prueba que se empleó para el estudio del reclutamiento y fue descrita por Fowler. Solo se puede realizar cuando hay una diferencia entre ambos oídos por vía aérea de de por lo menos 30 dB y se necesita un audiómetro de dos canales o un dispositivo especial de cambio alternado. El método se basa en la comparación de la sensación de intensidad entre el oído sordo y el sano o menos hipoacúsico (Red de Salud de Cuba, s.f.).

Las pruebas de balance hay que hacerlas alternando. Primero se aplica en el oído mejor e inmediatamente se pasa el tono patrón para el otro oído y el paciente debe equipar el sonido entre ambos.

Procedimiento:

- 1) Hallar el perfil auditivo de ambos oídos. Si se identifica una diferencia mayor de 30 dB entre los umbrales aéreos, se procede de la siguiente manera:
 - a. Se le explica al paciente la prueba y se le dice que nos avise cuando oiga los dos sonidos iguales. Se elige una frecuencia, generalmente, mayor que 500Hz; se va aumentando la intensidad en el oído más hipoacúsico hasta que la persona oiga igual en los dos oídos (se ha equilibrado inicialmente la sensación de volumen).
 - b. Se va aumentando la intensidad en pasos de 10 dB en el oído mejor, hasta llegar al límite del audiómetro, y se le pide al paciente que en cada paso vaya haciendo una equiparación de sensación de volumen en el oído más hipoacúsico.
 - c. Se hace este procedimiento básico con las demás frecuencias.

Anotación:

Los resultados se anotan sobre la línea de la abscisa correspondiente a la frecuencia examinada y mediante un trazo recto se unen dos puntos, siempre se sitúa a la izquierda de la frecuencia el oído sano o mejor y a la derecha el más hipoacúsico. Se usa la simbología básica de la vía aérea para cada uno.

También la anotación puede hacerse fuera del audiograma, señalando la frecuencia que se explora y uniendo con trazos continuos las intensidades exploradas en el oído sano o mejor, con la equiparación de volumen que se obtiene en el otro.

Resultados:

1. Si no hay reclutamiento, las líneas continuas serán siempre paralelas. Una vez lograda la equiparación inicial de la sensación de volumen en ambos oídos, cada vez que se aumentan 10 dB en el mejor oído, necesitaremos aumentar esa misma cantidad de dB en el oído más sordo para que llegue a tener la misma sensación de volumen que el otro.

2. Cuando hay reclutamiento, las líneas se van horizontalizando y acercándose, va siendo necesario menos intensidad para tener la misma sensación en ambos oídos.

3. A veces las líneas después de horizontalizarse invierten su pendiente inicial, o sea el oído más sordo refiere mayor sensación de volumen que el mejor; este fenómeno es conocido como sobre-reclutamiento.

10.4.1.2 Detección de pequeños cambios de intensidad (prueba de S.I.S.I.)

La prueba descrita por Jerger, Lassman y Hardford es rápida, sencilla y muy fácil tanto para el paciente como para el profesional. Se basa en el uso de pequeños estímulos mantenidos y sin ritmo.

Consiste en 20 incrementos de intensidad que aparecen de 5 en 5 segundos; cada incremento alcanza su máxima amplitud en 50 milisegundos y se mantiene durante 200 milisegundos para decaer al nivel inicial en otros 50 milisegundos. La intensidad de cada incremento es de 1 dB. El dispositivo especial del audiómetro se dispara de tal manera que cada cinco segundos aparece un salto de 1 dB que dura 300 milisegundos. La prueba se hace a 20 dB sobre el umbral.

Cuando el paciente haya contestado correctamente los diez o quince últimos incrementos de intensidad, es conveniente continuar con cinco o diez más. Cuando estemos seguros de que ha comprendido bien, ponemos 20 dB sobre el umbral encontrado inicialmente. Se cuentan solo los últimos 20 aplicados. Esto se hace porque muchas veces el paciente no está debidamente familiarizado con la prueba a sólo 1 dB de intensidad y alargándola se le brinda más facilidad a sus respuestas.

No se debe disminuir abruptamente la intensidad mínima diferencial cuando se está haciendo el condicionamiento a la prueba; después de probar con 5 dB, se aplican intensidades mínimas de 3 y 2 dB.

Inicialmente, solo se tomaban las frecuencias comprendidas entre 500 Hz y 4000 Hz, pero se recomienda hacer también 250 Hz y 6000 Hz para afinar más la prueba.

Procedimiento:

1. Se halla el umbral de audición por vía aérea.
2. Se explica al paciente que cada dos minutos oirá un tono continuo y que ocasionalmente escuchará un aumento muy pequeño de sonido, como un pico de sonoridad; cuando lo oiga tendrá que apretar el botón de respuesta que tiene en su mano.
3. Cuando estemos seguros de que la persona ha comprendido bien, se ponen 20 dB sobre el umbral encontrado inicialmente en la frecuencia que vayamos a explorar y se envían 8 a 10 incrementos a 5 dB para familiarizar al paciente y unos más a 3 y 2 dB. Se pone en marcha el mecanismo automático, y se comienza la prueba. Se cuentan solo los 20 incrementos de 1 dB. Cada vez que se produce un incremento se enciende una luz en el panel del audiómetro para que el técnico tenga control.
4. Se realiza el mismo proceder para las demás frecuencias. Generalmente, las frecuencias a evaluar son 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, pero pueden incluirse, si se considera necesario, las recomendadas por Hardford.

Anotación:

La anotación se hace sobre el “sisigrama” (curva audiométrica que registra el índice de sensibilidad a los pequeños aumentos de intensidad). En el eje de las abscisas se ponen las frecuencias y en el de las ordenadas el porcentaje de aciertos.

El método que se sigue para anotar los resultados es en porcentaje de incrementos sobre una serie de 20, de 1 dB de intensidad, el número de aciertos se multiplica por cinco para hallar el porcentaje y se ubica sobre el eje de las frecuencias usando los símbolos y colores convencionales para cada oído.

Resultados:

- Si se percibe menos del 20%, el test es negativo.
- Entre 20 – 60%, el test es dudoso.

-Más del 60%, el test es positivo, se corresponde en general con sorderas con reclutamiento.

10.4.1.3 Umbral de algiaacusia

La sensación dolorosa aparece en el oído normal a más de 80 dB sobre el umbral. Cuando hay reclutamiento, el techo desciende, aparece pronto la “algiaacusia o umbral doloroso”. Este estrechamiento del campo auditivo indica reclutamiento. Es un test muy fácil y rápido y se aconseja realizarlo en todos los casos inmediatamente que se concluye el examen audiométrico liminal.

Es importante recordar, una vez más, que el reclutamiento se ve en las sorderas neurosensoriales con lesión coclear y también en las lesiones del nervio facial que implican parálisis del músculo estapedial. Se ha visto, incluso, que personas con audición normal padecen algiaacusia y algunos autores plantean que se trata de una labilidad a los ruidos de poca intensidad; otros, como Tato, afirman que podría ser una lesión incipiente del órgano de Corti sin que aún haya llegado a producir pérdida auditiva.

Procedimiento:

-Se le solicita al paciente que nos avise cuando el tono aplicado le causa franca molestia.

- En cada frecuencia que se explore, se comienza a aumentar la intensidad desde el umbral obtenido previamente, hasta que el paciente avise de la intolerancia.

Anotación:

En la frecuencia e intensidad correspondiente, se dibuja y rellena un triángulo isósceles de base inferior a la derecha o izquierda, con el color clásico establecido para cada oído. Si la sensación que se obtiene es de molestia pero no de dolor, se hace una anotación similar, solo que el triángulo se dibuja pero no se rellena.

10.4.1.4 Prueba de umbrales de intensidad

Se han determinado diferentes umbrales en el campo auditivo, umbral de comodidad y umbral de molestia auditiva (no algiacusia). La aproximación de ambos perfiles al compararlos entre sí es un índice de *reclutamiento*.

Es muy fácil de realizar y tiene la ventaja con respecto al test anterior, de que se obtienen dos umbrales para compararlos entre sí. Como se toman los dos oídos por separado no importa la diferencia de audición que haya entre ellos.

Procedimiento:

- Se encuentra el umbral de mínima audición.
- Se le dice al paciente que se la va presentar un tono, que comenzando de una manera suave va a ir subiendo su intensidad, y que nos tiene que avisar cuando más le agrada, ni suave ni fuerte, como le gustaría oír la música de la radio.

Con estímulos breves, se va aumentando la intensidad en pasos de 5 dB, y cuando llegue a un término razonable, se desciende otra vez rápidamente. Esto se hace dos o tres veces comenzando por el tono de 1000 Hz, luego se hacen las demás frecuencias como en el audiograma liminal.

- El umbral de molestia se toma igual, el paciente debe avisar cuando el sonido comienza a resultarle desagradable o molesto, sin llegar al nivel de algiacusia.

Anotación:

La curva de audición confortable se representa con una línea de puntos y la del umbral de incomodidad con un trazo continuo, siempre utilizando el color clásico para cada oído.

Resultados:

- Audición normal: el perfil normal y estas dos curvas forman tres trazos paralelos. La diferencia entre los umbrales de comodidad e incomodidad es de más de 40 dB.

- Hipoacusia conductiva: la diferencia es igual que en la audición normal, pero es casi seguro que no aparecerá el umbral de molestia por no tener suficiente rendimiento el audiómetro común.

- Corticopatías: las dos líneas se acercan indicando reclutamiento en las frecuencias que lo presentan, a veces es tan notable que con solo 5 dB de diferencia se pasa del umbral cómodo al de molestia. La diferencia entre las dos curvas de 30 dB o menos será el índice de *reclutamiento*.

- Neuropatías o lesiones retrocleares: no se ha encontrado en ningún caso el nivel de incomodidad.

10.4.1.5 Métodos de fatiga acústica

Estas pruebas se basan en la caída de la curva audiométrica después de una estimulación continuada. No se conoce a ciencia cierta la esencia ni la localización de este fenómeno; puede tener lugar tanto en la cóclea como en cualquier parte a lo largo de la vía auditiva.

En la fatiga del VIII par se pueden distinguir dos fenómenos parecidos pero perfectamente separables: el fenómeno de *fatiga posestimulatoria* y el de *fatiga perestimuladora o de adaptación auditiva*. Los dos tipos de fatiga se diferencian en su producción. Mientras que la *fatiga posestimuladora* parece estar determinada por el cansancio neuronal debido a la acumulación de productos metabólicos en las células del órgano de Corti, la *adaptación*, según Langenbeck, parece depender de una alteración pasajera de los fenómenos eléctricos de la membrana tectoria, Jerger sugiere que es debida a un período refractario prolongado de las fibras nerviosas.

Los dos fenómenos tienen gran importancia audiométrica. Se utilizan para determinar el topodiagnóstico de una lesión en el órgano auditivo.

Fatiga auditiva (posestimuladora)

Se presenta luego de haber estimulado durante cierto tiempo el oído con una intensidad por encima del umbral auditivo. Se manifiesta por un descenso inmediato del umbral auditivo por comparación con el umbral inicial después

de la estimulación auditiva. Este fenómeno depende de la intensidad, la duración, la frecuencia de estimulación y el estado de la cóclea.

Es más efectiva utilizando tonos agudos que tonos graves. No solo se afecta una frecuencia determinada sino las vecinas. En especial la inmediatamente superior a la investigada. La lesión en la cóclea aumenta la fatiga y hace que los períodos de recuperación tomen más tiempo.

Procedimiento:

- Se encuentra el umbral mínimo de audición.
- Se pone en el audiómetro el tono 1000 Hz a 80 dB durante un minuto.
- Se deja en reposo el oído durante 15 segundos tomando después una nueva audiometría. Se coloca el mismo tono a una misma intensidad durante tres minutos.
- Se deja en reposo el oído durante 15 segundos y se toma de nuevo una audiometría.
- Se vuelve a hacer lo mismo (el mismo tono y la misma intensidad) durante cinco minutos, practicando la última audiometría.

Resultados:

Una pérdida de 10 dB entre la primera y última audiometría se considera normal. Valores por encima de 10 dB indicarían reclutamiento o susceptibilidad del órgano de Corti para el trauma acústico.

Adaptación auditiva

La adaptación o fatiga preestimulatoria es un fenómeno de atenuación de la sensibilidad durante un período de estimulación prolongada, o sea el oído sometido a un ruido de larga duración disminuye su sensibilidad. Se presenta únicamente cuando se excita el oído con un tono continuo.

La investigación de *la adaptación auditiva* puede hacerse por encima del umbral (Hood) o a nivel del umbral y se denomina prueba de decaimiento del umbral tonal (Tone Decay).

10.4.1.6 Prueba de decaimiento del umbral tonal (“Tone Decay”)

Es mucho más fácil de realizar por el clínico.

Procedimiento:

- Se investiga primer el umbral de audición de la frecuencia que se quiere evaluar.
- Después, esta frecuencia es presentada al paciente sin interrupción al nivel de intensidad correspondiente a su umbral. El sujeto debe levantar el dedo en tanto oye el estímulo. Si después de un minuto es aún percibido el sonido al mismo nivel, la prueba es negativa y normal para la frecuencia considerada.
- Después de un momento de reposo se pasa a otra frecuencia.
- Si, al contrario, se deja de oír el sonido antes del minuto (decaimiento del umbral tonal), se aumenta inmediatamente en 5 dB la intensidad: el paciente vuelve a oír el estímulo. Si después de algunos segundos deja de percibirlo de nuevo, se aumentan de nuevo 5 dB más y así sucesivamente, hasta completar un minuto.

Resultado:

Si el deterioro del umbral está entre:

- 10 o 15 dB en un minuto: normal o hipoacusia de conducción.
- 15 – 30 dB en un minuto: hipoacusia sensorial (órgano de Corti).
- Mayor de 30 dB en 1 minuto: hipoacusia neural (retrolaberíntica).

Referencias

Red de Salud de Cuba. (s.f.). Audiometría tonal supra liminal. Disponible en http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/audometria_supraliminal.pdf

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). *Audiología Hoy*. Manizales: Litografía cafetera Ltda.

Gómez, O. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá: Universidad Nacional.

José A. Rivas, Ariza Héctor (2007). *Tratado de Otología y Audiología*. Editorial Amolca Bogotá. Colombia.

Capítulo 11

Acúfenos

Elvia Patricia Escobar Franco

patricia.escobar00@usc.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6955-9342>

Cita este capítulo

Escobar Franco, E. P. (2018). Acúfenos. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 225-231). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo II

Acúfenos

Elvia Patricia Escobar Franco

El acúfeno es una percepción subjetiva percibida por el oído que tiene cierto grado de continuidad, en ausencia de estimulación auditiva. Aunque puede ocurrir en cualquier época de la vida, predomina entre los 40 y 80 años sin distinción de sexos, generalmente es molesto e incómodo y en la gran mayoría de los casos sólo es percibido por el paciente, aunque, en algunas ocasiones, puede ser escuchado por otras personas. El acúfeno constituye un síntoma y se puede presentar en todas las enfermedades del sistema auditivo, pero, para algunos autores, se debe considerar como una entidad nosológica independiente que puede derivar la creación de la Tinitología que sería la ciencia que trata de los acúfenos.

11.1 Generalidades

Habitualmente el acúfeno es descrito como un tono puro, aunque en ocasiones se describen sonidos más complejos tales como murmullo del océano, escape de gas, corriente de agua, ruidos de insectos, etc.

La intensidad del acúfeno se determina por la Acufenometría y aunque es variable, los límites de esta variación son más bien estrechos, pues la inmensa mayoría no sobrepasa los 20 dB por encima del umbral y un bajo porcentaje puede alcanzar los 40 dB. Todo sujeto que percibe acúfenos presenta una baja auditiva, que algunas veces no se manifiesta en la audiometría tradicional, sino en la evaluación de altas frecuencias superiores a 8000 Hz.

Los acúfenos pueden ser de predominio uni o bilateral dependiendo de la hipoacusia; son más evidentes en las horas de la noche y aumentan su frecuencia con el stress, la fatiga y la ingestión del alcohol.

Aunque el acúfeno no es una enfermedad sino un síntoma, se puede afirmar, sin exagerar, que todo adulto con audición normal ha experimentado zumbidos en los oídos en alguna ocasión de su vida, que se han presentado después de una exposición a un ruido intenso. Los acúfenos se ven asociados

a problemas de oído medio, disfunciones cocleares, alteraciones del octavo par craneal, los núcleos cocleares y la vía auditiva (Ariza y Rivas, 2007).

Etimológicamente, el término acúfeno procede de dos verbos griegos: *acúo*= oír y *faino*= aparentar. Literalmente significa oír fantasmas. El término *tinitus* es una palabra latina que significa “sonido de campanas”. Al acúfeno se le denomina tinitus tal vez porque una forma muy común de acúfeno es un ruido semejante a un tintineo.

Estadísticas norteamericanas de encuestas realizadas señalan que uno de cada cinco habitantes sufre de acúfeno permanente, lo que daría unos sesenta o setenta millones de pacientes en Estados Unidos, un 20% de los cuales es severo.

Según Trowbridge, la edad de preferencia oscila entre los 40 y los 80 años, afectando por igual a hombres y mujeres. Es un síntoma muy raro en los niños. En un 50% de los casos el paciente localiza el acúfeno en un solo oído, el resto en los dos oídos. La frecuencia del sonido percibido por el paciente puede variar desde grave hasta aguda, siendo más frecuente entre los 3000 Hz y 4000 Hz.

11.2 Clasificación

Los acúfenos se pueden clasificar según varios conceptos:

1. Subjetivos si sólo el paciente puede percibirlos y objetivos si el examinador puede escucharlos bien sea directamente o con la ayuda de algún instrumento de examen.
2. Según el posible sitio de origen, podrían ser vibratorios que son aquellos que tienen un origen mecánico cerca o dentro del oído y no vibratorios que son aquellas percepciones de origen supuestamente neural sin un fenómeno mecánico aparente. Los no vibratorios se dividen en periféricos y centrales; los periféricos pueden ser timpánicos y petrosos.

11.3 Etiología

Acúfenos subjetivos: todas las enfermedades otológicas pueden producir acúfenos; enfermedades del oído externo, del oído medio como otosclerosis, otitis media crónica; enfermedades del oído interno como trauma acústico, barotrauma, ototoxicidad, Síndrome de Costen, –que es un trastorno de la oclusión–, entre otros procesos como la presbiacusia, neurinoma del octavo par, sordera súbita, entre otras.

Acúfenos objetivos: estos se incluyen dentro de los acúfenos vibratorios y tienen dos posibles causas: vascular y muscular. Los ruidos arteriales pueden deberse a aneurismas carotídeos, fístulas arteriovenosas, estenosis ateromatosas, malformaciones congénitas y los que se originan en tumores vasculares como los glomus carotídeos y yugulares. Dentro de las causas musculares se ha informado de acúfenos debidos a clonus de los músculos periestafilinos, igualmente se ha invocado el clonus del músculo del estribo.

11.4 Acufenometría

La Acufenometría es la medición de un acúfeno, tinnitus o zumbido en relación a su altura tonal intensidad y presentación temporal.

Técnica

Se toma como base la audiometría tonal. Se pregunta al paciente la ubicación del acúfeno, si es unilateral, bilateral o central; se determina su tonalidad, por medio de un interrogatorio que indique qué sonido se asemeja a algún ruido de la naturaleza; por ejemplo, rumor del mar, el canto de un grillo, el ruido de una cascada, ruido de un motor, un silbido. Así mismo se establece si el tinnitus es continuo, interrumpido o pulsátil; si aparece preferencialmente por las noches o en lugares silenciosos y solitarios.

De acuerdo a la descripción del acufeno, se escoge un tono o ruido enmascarante para enviarlo a través del audiómetro en forma interrumpida, continua o pulsátil, 30 dB por encima del umbral. Luego de identificado el tono en el oído contrario, se pasa la señal a una intensidad fuerte, que se disminuye hasta que se iguala a la del zumbido. Cuando el acúfeno es bilateral se hace la equiparación sonido-zumbido en el mismo oído.

Estos datos se trasladan al audiograma por medio de barras, además se anexa una descripción del mismo. Cuando la comparación se hace con un tono puro, se marca en la frecuencia e intensidad identificada; si es intermedio se hace la anotación entre ellas, y si es un ruido enmascarante, se anota a nivel de la intensidad pero fuera del audiograma, teniendo en cuenta las observaciones anteriores.

Cuando se equipara el acúfeno con el oído contrario, se debe tener en cuenta en este oído el umbral audiométrico y la intensidad del acúfeno; por ejemplo, si en el oído izquierdo en la frecuencia 4000 Hz el umbral es de 25 dB y se equiparó la intensidad a 35 dB, la intensidad real del acúfeno es de 10 dB sobre el umbral auditivo. Este valor se debe graficar en el oído derecho, que percibe el acufeno (Gallego y Sánchez, 1992).

Referencias

Ariza, H. y Rivas J.A. *Otología*. Santafé de Bogotá, 1992. Imprenta y publicaciones fuerzas militares, Colombia Capítulo 6, páginas 174-178.

Ariza, H. y Rivas J.A. (2007). *Tratado de Otología y Audiología: diagnóstico y tratamiento médico-quirúrgico* (Segunda edición). Bogotá: Amolca.

Gallego, C. y Sánchez, M. (1992). *Audiología Hoy*. Manizales: Litografía cafetera Ltda.

Stach, Brad. *Clinical Audiology*. Singular Publishing Group, San Diego, 2008.

Capítulo 12

Habilidades Auditivas

Laura González Salazar

laura.gonzalez@correounivalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6231-2374>

Cita este capítulo

González Salazar, L. (2018). Habilidades Auditivas. En: Campo Cañar, C. X.; Castaño Bernal, J. L.; Chaves Peñaranda, M. C.; Escobar Franco, E. P.; & González Salazar, L. *Audiología básica para estudiantes*. (pp. 233-245). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Capítulo 12

Habilidades Auditivas

Laura González Salazar

Sabemos que “oír bien” implica poder percibir o captar sonidos muy suaves o de muy baja intensidad y sonidos muy fuertes o de muy alta intensidad, poder escuchar selectivamente con un oído y con el otro, poder oír sólo lo que se quiere escuchar ignorando lo que no conviene. Esto se presenta porque el sistema auditivo comprende dos canales neurológicos independientes y cada uno puede procesar el habla adecuadamente para lograr mejor comprensión.

Es necesaria la audición binaural (escuchar por los dos oídos) para separar las fuentes del sonido, para localizarlas y para la orientación tridimensional en el espacio acústico; tiene ventajas marcadas sobre la recepción monoaural (por un solo oído), tanto para la discriminación del habla como para la orientación espacial. Además, la binauralidad facilita escuchar el habla en situaciones con mucho ruido, como cuando se presenta un mensaje competitivo (seleccionar la conversación de una sola persona en una fiesta o una multitud, e ignorar el resto). Este mecanismo de “oído selectivo” ha sido entendido actualmente por algunos científicos, quienes descubrieron que el cerebro puede utilizar filtros que permiten seleccionar sonidos en ambientes ruidosos.

Las funciones del lenguaje humano parecen estar relacionadas principalmente con el hemisferio derecho, que puede también interpretar el habla. En algunas personas, es normal que el hemisferio derecho sea dominante para el habla, especialmente cuando son zurdos.

La corteza auditiva está incuestionablemente involucrada en los procesos auditivos perceptuales, incluyendo el análisis final, la interpretación del sonido y la asociación del sonido con su significado. Katz, Stecker y Henderson (1992) describen el proceso de la audición central como “Lo que hacemos con lo que escuchamos”; en otras palabras, es la capacidad del Sistema Nervioso Central para procesar las señales sonoras que recibe. El cerebro identifica los sonidos analizando sus peculiaridades físicas

distintivas de frecuencia, intensidad y características temporales, que se perciben como tono, volumen y duración.

Una vez que el cerebro ha terminado su análisis de las características físicas del mensaje o sonido que recibió, construye una imagen de esa señal usando dichas partes componentes, para compararla con imágenes guardadas. Si encuentra otra igual, entendemos lo que se dice o reconocemos los sonidos que tienen significados importantes en nuestras vidas.

Pero ¿Cómo pueden llegar estas señales sonoras hasta la corteza cerebral?

A partir del núcleo coclear, el sistema auditivo presenta una interacción compleja de señales neurales en casi todos los niveles del Sistema Nervioso Central, desde el complejo olivar superior hasta la corteza auditiva. Además, los conductos neurales no son simplemente conductores pasivos de una señal eléctrica, sino que el análisis ocurre en todos los niveles del sistema auditivo desde la cóclea hasta la corteza. La vía auditiva se convierte en un sistema completo de núcleos y vías interconectadas entre sí debido a que algunas fibras conectan a un núcleo con el siguiente, pero otras pueden saltarse uno o varios núcleos y terminar mucho más arriba. Lo mismo sucede en el sentido derecho-izquierdo. Por esto, puede decirse que la vía auditiva es a la vez homolateral o ipsilateral y cruzada.

La mayoría de las neuronas que tienen su origen en los núcleos cocleares cruzan al lado contrario en el cuerpo trapezoide y se dirigen hacia arriba en el lemnisco lateral para terminar en el colículo inferior en el mesencéfalo. Las fibras de los núcleos cocleares que no cruzan al lado contrario, ascienden por el lemnisco lateral del mismo lado hasta el colículo inferior ipsilateral.

Las conexiones bilaterales que existen entre cada colículo inferior y cada núcleo del lemnisco ayudan aún más a transmitir la información auditiva proveniente de ambos oídos.

A partir del colículo inferior, las señales se retransmiten al cuerpo geniculado medial ipsilateral. Las neuronas terminales se proyectan desde este sitio hasta el área auditiva primaria en el lóbulo temporal.

El área cortical adyacente es el área de asociación auditiva, que, al parecer, es necesaria para poder “darle sentido” a las señales auditivas que llegan al área primaria. Las dos áreas tienen una extensa red de conexiones neurales.

Cuando el mensaje sonoro se refiere a tonos puros, sonidos y palabras familiares, la audición se cumple rápida y simplemente en forma elemental, en tanto que cuando se refiere a mensajes no familiares o distorsionados precisa de un proceso integrativo para reconstituir su significado, exigiendo para esto la indemnidad funcional del lóbulo temporal contralateral o, en ocasiones, de ambos lóbulos temporales.

La organización tonotópica es solo una de las muchas funciones neurales proporcionadas por el Sistema Nervioso Central Auditivo al analizar el sonido entrante. Parece que las unidades neurales sencillas son sincronizadas individualmente para proporcionar una selectividad de frecuencia de respuesta. Una unidad neural no sólo tiene su mejor frecuencia de respuesta, sino que también responde a otras frecuencias siempre y cuando estas sean de intensidades más altas.

El análisis del sonido también ocurre en las neuronas que son sensibles a las variaciones en las relaciones interaurales de fase. Algunas neuronas son activadas por un oído aunque sean inhibidas por el otro, y la inhibición de un estímulo puede ocurrir como resultado de un segundo estímulo.

Otras unidades neurales responden más rápidamente a tonos que cambian en frecuencia que a tonos estables, y algunas unidades responden a tonos que suben en frecuencia mientras que otros responden a un descenso en la frecuencia. La proporción de descarga neural también cambia con la intensidad. Con una entrada continua de alta intensidad, ocurre la adaptación de respuesta (Corbera, 1978).

Hay muchas personas que no tienen dificultad para detectar la presencia de un sonido, pero sí tienen otro tipo de problemas auditivos como entender conversaciones en ambientes ruidosos, dificultad para seguir instrucciones complejas, para aprender vocabularios nuevos o un nuevo idioma, que pueden afectar su capacidad para desarrollar habilidades normales de lenguaje, tener éxito académicamente o comunicarse en forma asertiva. A veces no se reconoce que estas personas tengan un problema auditivo porque tienen la capacidad de detectar los sonidos o reconocer el habla en situaciones ideales de audición. Sus problemas son considerados como déficit de atención, dificultades de comportamiento, falta de motivación u otras.

Según David Pascoe (1994), se pueden reconocer cuatro capacidades auditivas básicas:

1. Capacidad temporal o rítmica: todos los sonidos cambian continuamente, de tal manera que la identificación de cada uno siempre depende, tanto de cada instante, como de las series temporales que dan realidad a cualquier señal o secuencia acústica. El oído es el órgano más eficiente que tenemos para detectar micro-tiempo; eventos que ocurren en milésimas de segundo son claros gracias a esta increíble habilidad. Pero esta capacidad micro-temporal sólo tiene valor cuando los instantes se unen y forman conjuntos, objetos acústicos de mayor duración. Esto requiere la presencia de una memoria de corto plazo que une los instantes y les da forma total, les da duración, extiende la sensación de los instantes de tal manera que el presente adquiere longitud durante la cual los cambios que ocurren de momento a momento son tan importantes como los instantes mismos.

2. Capacidad frecuencial: el sistema auditivo normal permite analizar los componentes frecuenciales o tonales presentes en cada uno de los espectros instantáneos que comúnmente se escuchan y, por consiguiente, reconocer espectros u objetos acústicos diferentes.

En espectrogramas de las vocales i – e se puede notar cómo una pequeña diferencia en la distribución tonal produce dos sonidos que se reconocen fácilmente como vocales diferentes. Se sienten y se reconocen diferencias entre un sonido y otro en un número incontable de combinaciones o contrastes. Este reconocimiento o síntesis es llevado a cabo en el cerebro pero depende de un análisis inicial que empieza en el oído interno o sistema neurorreceptivo y que incluye asociaciones centrales con experiencias previas.

3. Capacidad direccional: la onda sonora que llega al tímpano en cualquier instante es una vibración compleja que incluye muchos espectros simultáneos. Al llegar al tímpano, la onda sonora total presente en cada momento no es solo un conjunto de frecuencias que constituyen espectros, también es un conjunto de espectros que vienen de diferentes orígenes, o sea, es un conjunto de conjuntos de frecuencias.

Con una sola cóclea podemos separar los tonos dentro de cada espectro, pero cuando hay varios espectros al mismo tiempo, es muy difícil separarlos.

Para separar los espectros individuales dentro del espectro total o suma de espectros, se necesita de la presencia de dos cócleas y su interconexión a nivel del tallo cerebral.

La capacidad de separar los estímulos nos dice con gran eficiencia de dónde viene cada una de esas señales. Esto es lo que nos permite sentir al sonido como una sensación externa, algo que ocurre fuera de nuestro cuerpo y que no sentimos donde nos toca, o sea, no en los tímpanos sino en su lugar de origen.

Lo más importante de esto, con relación a la comprensión del lenguaje hablado, es que nos permite distinguir mejor la señal que deseamos oír, aun cuando esa no sea la más fuerte entre todas las demás que nos están llegando al mismo tiempo. Por esto es que podemos escuchar varias señales sonoras simultáneamente, escoger una de ellas y comprenderla aun cuando no sobresalga del ruido que la rodea.

Podríamos decir que la direccionalidad es la función principal del sistema auditivo.

Las sensaciones auditivas tienen propiedades especiales distintivas y parecen originarse arriba o abajo, adelante o atrás, a la izquierda o a la derecha; los sonidos simultáneos multidimensionales, como los de las orquestas sinfónicas en vivo, nos dan una impresión de naturalidad y contrastan con los sonidos planos unidireccionales que provienen de altavoces simples.

La localización auditiva depende de los dos oídos y de su desplazamiento, pues cada oído da una sensación algo diferente (inconsciente) de la misma fuente sonora. Las ondas sonoras, que impresionan los oídos viniendo de la misma fuente, se pueden diferir de tres maneras; estas diferencias son los indicios para la localización en los experimentos que han empleado modelos de cabezas (con micrófonos colocados en los lugares que ocupan los oídos y fuentes sonoras que giran alrededor de las cabezas) y han revelado lo siguiente:

a) La diferencia de intensidad es la amplitud diferencial entre las formas de ondas en los dos oídos. La diferencia puede aproximarse a los 7 dB por ejemplo, cuando la fuente se encuentra a 60 cms a la derecha del plano frontal mediano, las ondas sonoras en el oído derecho son 7 dB más intensas que las del oído izquierdo.

b) La diferencia temporal es el período que media entre la llegada del primer estímulo a un oído y la llegada del segundo estímulo al otro. La diferencia varía entre 300 y 700 milisegundos.

c) La diferencia de fase es el “retraso” entre la forma de la onda del estímulo en un oído y la forma de la onda del estímulo en el otro. El segundo estímulo llega tarde al segundo oído y la forma ondular sigue siendo tardía (fuera de fase); por ejemplo, en las ondas sinusoidales el estímulo en un oído puede caer en un valle mientras que el estímulo en el otro oído caer en una cresta.

Estas diferencias de estímulo operan simultáneamente en las situaciones de la vida real pero han sido aisladas y estudiadas en los laboratorios controlando cuidadosamente los estímulos de cada oído para llegar a las siguientes conclusiones entre otras:

- Cuando los mismos estímulos (con la misma intensidad, sin diferencia temporal ni de fase) se presentan en ambos oídos, la persona localiza la fuente en algún lugar del plano mediano.

- Cuando el estímulo que llega a un oído es más intenso (sin diferencia temporal ni de fase) la persona localiza la fuente en la dirección del estímulo más intenso.

- Cuando se presenta un golpe seco y breve a un oído y al otro oído se le presenta un golpe idéntico 30 milisegundos más tarde, la persona localiza la fuente en la dirección del primer golpe. Cuando se aumenta la diferencia temporal, localiza la fuente en la dirección del plano mediano. Cuando se aumenta aún más, la persona oye dos sonidos diferentes.

- Cuando los dos estímulos están fuera de fase (con la misma intensidad, sin diferencia temporal), la persona localiza la fuente sonora en la dirección del oído en el que se presentó el estímulo adelantado.

- Cuando los dos estímulos tienen ambos una fase adelantada simultáneamente, la persona localiza la fuente sonora dentro de su propia cabeza. Esto sucede en una situación creada artificialmente en la cual la persona se coloca entre dos altavoces en una cámara sonoamortiguada (o se pone audífonos).

4. Capacidad de diferenciar niveles subjetivos de sonido: el sistema auditivo normal tiene otra gran e indispensable ventaja: permite oír y aceptar cómodamente una enorme gama de niveles sonoros. Esta gama es llamada *campo dinámico auditivo*. En realidad, es difícil comprender las posibles razones del porqué se puede responder a niveles muy suaves y al mismo tiempo soportar niveles de presión sonora millones de veces mayores.

Con respecto al funcionamiento lingüístico, se sabe que entre los sonidos más suaves que constituyen el significado de las palabras y los más fuertes que en ellas pueden existir cuando se habla normalmente, hay diferencias entre 40 y 60 dB, aún en la misma frase; o sea que las intensidades presentes en la misma frase pueden tener niveles entre 10000 y 1000 000 veces mayores o menores; y cuando incluimos los diferentes niveles de intensidad con que podemos hablar desde el susurro hasta los gritos que se usan en medios muy ruidosos, se observa por qué se necesita cubrir una gama de más o menos 100 dB, o sea diferencias de intensidad de 10 000 millones de veces. Esto es una capacidad realmente increíble y sin la cual no podríamos funcionar en este mundo donde tanto los ruidos fuertes como los muy suaves pueden ser importantes.

Estas cuatro capacidades permiten sentir claramente diferencias muy pequeñas, cambios muy rápidos, conjuntos muy complejos que representan realidades en el medio ambiente, movimientos, objetos, personas, mensajes, significados. Todas estas son señales invisibles, las sentimos no en el sitio donde nos “tocan”, no en los tímpanos, sino en el sitio donde se originan. Es una sensación remota que nos dice dónde está cada cosa que se mueve.

Según Portmann y Portmann (1979), se pueden jerarquizar los mecanismos fundamentales de la audición en varios grados:

- El primer grado de identificación corresponde a la detección y al reconocimiento de las cualidades acústicas de un estímulo sonoro simple (por ejemplo: un sonido puro).
- El segundo grado responde a la identificación de elementos acústicos más complejos, a los cuales se une el reconocimiento de su forma temporal. Exige, pues, un condicionamiento previo, es decir,

cierta educación por el medio, una memorización de la experiencia adquirida (por ejemplo las vocales y las consonantes).

- El tercer grado responde a la simbolización de los elementos sonoros, uniéndose un significado para cada uno de ellos o a un grupo de ellos. Este tercer grado conduce a la noción de conceptos abstractos (las vocales).
- Un cuarto grado, que parece ser propio del hombre y en el que no tiene parte la audición por sí misma, es la comprensión del conjunto de los elementos simbólicos individualmente estructurados en el grado anterior: es la construcción del lenguaje. Si esta construcción se realiza bien a partir de la audición, se libera una vez constituida, ya que necesita de unos mecanismos superiores de naturaleza exclusivamente intelectual.

Puede decirse que para cada uno de estos estados, el mecanismo receptor debe manifestar una actitud particular: estos son la audibilidad (primer grado), la nitidez (segundo grado), la inteligibilidad (tercer grado) y, finalmente, la comprensión (cuarto grado).

Como vemos, los mecanismos, las capacidades o las habilidades auditivas específicas son supremamente complejas y están relacionadas estrechamente. Según Katz, Stecker y Henderson (1992), el procesamiento auditivo central, se define como lo que se hace con lo que se escucha; en otras palabras procesar las diversas señales sonoras que se reciben a través de la audición, logrando identificar intensidades, frecuencias y características temporales para luego compararlas con otras imágenes acústicas en el cerebro; de esta forma se logra la construcción de significados y la apropiación de aprendizajes.

La Asociación Americana de Habla, Lenguaje y Audición –ASHA– (American Speech-Language-Hearing Association, 2005) se refiere al procesamiento auditivo central como al conjunto de habilidades auditivas encargadas de darle un significado correcto al mensaje oral recibido; este depende del adecuado funcionamiento y sincronía de las habilidades auditivas centrales, que se definen y categorizan así:

- **Lateralización y Localización:** habilidad para ubicar auditivamente la fuente del sonido, que requiere la audición binaural.

- **Discriminación Auditiva:** capacidad que tiene el sistema auditivo para resaltar los sonidos del habla en un ambiente ruidoso, facilidad para identificar rasgos de la señal hablada que permiten comprender determinados significados o seguir instrucciones.

- **Reconocimiento de patrones auditivos:** habilidad de procesar las señales acústicas no verbales y reconocer el orden o patrón de presentación de los estímulos. Esta habilidad permite diferenciar sonidos de la misma sonoridad, altura y duración.

- **Desempeño auditivo con señales acústicas competitivas (figura de fondo auditivo):** habilidad para comprender la señal acústica primaria en presencia de ruido de fondo. Facilidad que se tiene para identificar la señal hablada en ambientes con más de una señal acústica de fondo. Inicialmente, este término fue usado en relación con la visión. Auditivamente, la tarea puede ser más difícil, porque los sonidos primarios y de competencia cambian sus características acústicas continuamente con el tiempo.

- **Desempeño auditivo con señales acústicas degradadas (síntesis binaural):** habilidad para comprender cuándo parte de la señal no se encuentra presente. Esta habilidad permite comprender la totalidad del mensaje a pesar de ser interrumpido por otras señales.

Otras capacidades o habilidades auditivas que se han considerado son las siguientes:

- **Separación binaural:** habilidad para escuchar con un oído mientras se ignora el estímulo del oído opuesto. La audición dicótica, como una tarea de separación binaural, requiere que el oyente atienda y reporte las diferentes señales presentadas simultáneamente a los dos oídos.

- **Memoria auditiva:** habilidad para almacenar y recordar los estímulos auditivos, incluyendo la habilidad para recordar la longitud o número de estímulos auditivos; y la memoria consecutiva o la habilidad para recordar el orden exacto de los estímulos auditivos presentados.

- **Mezcla auditiva:** habilidad para formar palabras a partir de fonemas articulados por separado.

Audiología básica para estudiantes.

- **Cierre auditivo:** habilidad para percibir el todo (palabra o mensaje) cuando se omiten las partes.

- **Atención:** habilidad para continuar escuchando durante un período de tiempo razonable.

- **Asociación:** habilidad para establecer una correspondencia entre un sonido no lingüístico y su fuente.

- **Cognición:** habilidad para establecer una correspondencia entre un sonido lingüístico y su significado. La cognición es el nivel más alto de percepción auditiva y el resultado de una suma de todas las tareas auditivas.

Cuando una o más de estas habilidades fallan, se presenta un desorden de procesamiento auditivo central que no necesariamente implica un déficit auditivo periférico.

Referencias

American Speech-Language-Hearing Association. (2005). (Central) Auditory Processing Disorders - The Role of the Audiologist. Recuperado de <http://www.asha.org/policy/PS2005-00114/>

Corbera, J. (1978). *Neurología Clínica*. México: Salvat Editores.

Katz, J., Stecker, N.A., & Handerson, D. (1992) Introduction to central auditory processing. En J. Katz, N.A. Stecker & D. Henderson (Eds.), *Central auditory processing: A Transdisciplinary view* (pp. 3-8). St. Louis: Mosby Year Book, Inc.

Pascoe, D. (1994). El aprovechamiento de los restos auditivos en las pérdidas severas y profundas. Su medición, su entrenamiento y su utilización eficiente (conferencia). St. Louis Missouri.

Portmann, M. y Portmann, C. (1979). *Audiología Clínica* (3 ed.). Barcelona, España: Editorial Toray-Masson.

Acerca de los autores

Claudia Ximena Campo Cañar

Fonoaudióloga egresada de la Universidad Católica de Manizales, Especialista en Terapia Miofuncional y Disfagia Orofaríngea de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana, Diplomada en Docencia Universitaria y Metodología de Investigación. Experiencia de 23 años en el área de Audiología. Docente Titular de la Universidad del Cauca desde el año 2000, Jefe departamento de Fonoaudiología, directora, asesora y jurado de proyectos de investigación de pregrado y posgrado, coordinadora de prácticas académicas en las áreas de audición y habla. Ha publicado varios artículos en las áreas de audiolgía, habla y educación. Hace parte del Grupo de Investigación Comunicación Humana y sus Desórdenes del Programa de Fonoaudiología de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Cauca.

<https://orcid.org/0000-0001-5352-3065>

José Luis Castaño Bernal

Ingeniero físico egresado de la Universidad Nacional de Colombia, Magister en Ingeniería Física de la Universidad de Barcelona (España) y Magister en Acústica y Vibraciones de la Universidad Austral (Chile). Tiene experiencia de diez años en investigación básica y aplicada en temas de nanotecnología, acústica y vibraciones. Ha impartido cátedras y seminarios en varias universidades colombianas y actualmente desempeña su cargo docente en la Universidad Santiago de Cali de tiempo completo.

<https://orcid.org/0000-0002-0001-8636>

María Consuelo Chaves Peñaranda

Fonoaudióloga egresada de la Universidad Católica de Manizales, Especialista en Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana y Especialista en Seguridad y Salud en el trabajo. Experiencia de 28 años en el área de audiología en el Programa de Fonoaudiología -Facultad de Ciencias de la Salud – de la Universidad del Cauca; se desempeña como docente de planta, coordinadora de la asignatura de audiología, asesora de las prácticas académicas en las áreas audición y habla. Directora, asesora y jurado de proyectos de investigación. Hace parte del Grupo de Investigación Comunicación Humana y sus Desórdenes del Programa de Fonoaudiología de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Cauca. Fonoaudióloga de planta del Hospital Universitario San José de Popayán.

<https://orcid.org/0000-0003-4020-0341>

Elvia Patricia Escobar Franco

Fonoaudióloga egresada de la Universidad del Valle, Especialista en Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana y Magister en Derecho Médico. Laboró como fonoaudióloga de planta en el Hospital San Vicente de Paul en la ciudad de Palmira durante 12 años. Profesional con 32 años de experiencia en el tratamiento de problemas de la comunicación humana y 18 años de experiencia en el área de audiología clínica y ocupacional, y en adaptación de prótesis auditivas. Docente hora cátedra de Audiología del Programa de Fonoaudiología de la Universidad Santiago de Cali y asesora de investigación. Hace parte del Grupo de Investigación del programa de Fonoaudiología de la Facultad de Salud de la Universidad Santiago de Cali. Docente medio tiempo en Universidad del Valle.

<https://orcid.org/0000-0002-6955-9342>

Laura González Salazar

Fonoaudióloga egresada de la Universidad Católica de Manizales, Especialista en Audiología de la Corporación Universitaria Iberoamericana y Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad del Valle. Fue docente Asociada de la Universidad del Valle. Experiencia de 35 años en audiología clínica, educativa y ocupacional, y en adaptación de prótesis auditivas. Hace parte del Centro de Diagnóstico Otológico de Cali y del Grupo de Investigación en Geriatria y Gerontología de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle, categoría B de Colciencias. Orienta investigaciones en nivel de pregrado y ha participado como ponente en distintos eventos nacionales.

<https://orcid.org/0000-0001-6231-2374>

Pares evaluadores

Enrique Pardo Pérez
Universidad de Córdoba
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6467-5790>

Adriana Correa Bermúdez
Corporación Centro Internacional de Entrenamiento e
Investigaciones médicas CIDEIM

Alexander Luna Nieto
Fundación Universitaria de Popayán
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9297-8043>

Alexander López Orozco
Universidad de San Buenaventura
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0068-6252>

Carlos Andrés Rodríguez Torijano
Universidad de los Andes
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0401-9783>

Carlos David Grande Tovar
Universidad del Atlántico
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6243-4571>

Ingrid Paola Cortes Pardo
Pontificia Universidad Javeriana
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0282-0259>

Jean Jader Orejarena Torres
Universidad Autónoma de Occidente
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0401-3143>

John James Gómez Gallego
Universidad Católica de Pereira
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6685-7099>

Juan Manuel Rubio Vera
Servicio Nacional de Aprendizaje Sena
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1281-8750>

Margaret Mejía Genéz
Universidad de Guanajuato
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5142-5813>

María Alexandra Rendón Uribe
Universidad de Antioquia
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1062-6125>

Willian Fredy Palta Velasco
Universidad de San Buenaventura
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1888-0416>

Yenny Patricia Ávila Torres
Universidad Tecnológica de Pereira
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1399-7922>

Marco Antonio Chaves García
Fundación Universitaria María Cano
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7226-4767>

Nelson Jair Cuchumbé Holguín
Universidad del Valle
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9435-9289>

Ángela María Salazar Maya
Universidad de Antioquia
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7599-1193>

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Times New Roman en sus respectivas variaciones a 10 y 11 puntos para el cuerpo del texto, y para subtítulos y para títulos Franklin Gothic Demi en 14 puntos.

Se Terminó de imprimir en noviembre de 2018 en los talleres de SAMAVA EDICIONES E.U.

Fue publicado por la Facultad de Salud y Ingeniería de la Universidad Santiago de Cali.

La audiolología una ciencia maravillosa donde se aprende a conocer con detalle el sentido del oído, la anatomía, la fisiología, las pruebas formales y no formales para la evaluación y diagnóstico audiológico, la normatividad de la salud auditiva en Colombia, las guías para la detección temprana de la hipoacusia, la prevención y la promoción de la salud auditiva y habilidades auditivas. Así, este libro interesante, sencillo y didáctico, dirigido especialmente a estudiantes de fonoaudiología, sirve de apoyo a profesores que se dedican a esta área de desempeño disciplinar.

