

# Métodos de Evaluación Auditiva

*Dr. Marcos Goycoolea V., Josefina Ernst V., Viviana Orellana P., Pamela Torres U.  
Departamento de Otorrinolaringología, Clínica Las Condes y Audia*

## Evaluación de la Audición

La evaluación auditiva se realiza a través de una serie de exámenes que nos permiten determinar el grado de pérdida auditiva y la localización del problema. Esta evaluación es hoy por hoy tan compleja e importante en otología, que ha dado origen a una disciplina científica llamada audiología.

Una minuciosa historia y examen clínico (incluyendo el uso de diapasones) son esenciales, y contribuyen a tener una buena idea de la situación antes de hacer las mediciones a describir. Estas se hacen utilizando instrumentos electrónicos.

## Evaluaciones

1. Audiometría clásica de tonos puros.
2. Evaluaciones especiales:
  - A. Audiometría de alta frecuencia.
  - B. Pruebas supraliminares.
  - C. Audiometría de juego y de reforzamiento visual.
3. Logoaudiometría (audiometría verbal).
4. Audiometría a campo libre.
  - A. De juego y reforzamiento visual.
  - B. Con y sin audífonos.
5. Audiometría de potenciales evocados auditivos.
6. Audiometría de emisiones otoacústicas.
7. Inmitancia acústica - timpanometría.

### 1. Audiometría clásica de tonos puros (1,2)

Este es el examen fundamental para la medición de audición.

Se busca determinar el umbral (el estímulo de menor intensidad que es capaz de percibir el oído) para cada una de las frecuencias.

Los tonos puros generados electrónicamente por un audiómetro, se envían a través de fonos (conducción aérea) o de vibradores óseos (conducción ósea). El examen se hace en una cámara silente. Los umbrales para distintas frecuencias se miden en decibeles (medida de intensidad). Las frecuencias que se usan en audiometría convencional para conducción aérea son: 250 - 500 - 1000 - 2000 - 3000 - 4000 - 6000 - 8000 Hertz (ciclos por segundo). Las frecuencias que se usan en audiometría convencional para conducción ósea son: 250 - 1000 - 2000 - 4000 Hertz. El informe escrito se llama audiograma. Hay distintas formas de audiogramas, siendo el más común el descrito en la Figura 1. Las frecuencias (Hertz Hz) se colocan de izquierda a derecha. La intensidad (Decibeles dB) de arriba abajo. El oído izquierdo se marca de color azul (y con cruces) y el derecho con color rojo (y con círculos). La conducción aérea se escribe con línea continua y la ósea con línea punteada. Los símbolos usados deben estar descritos en el audiograma.

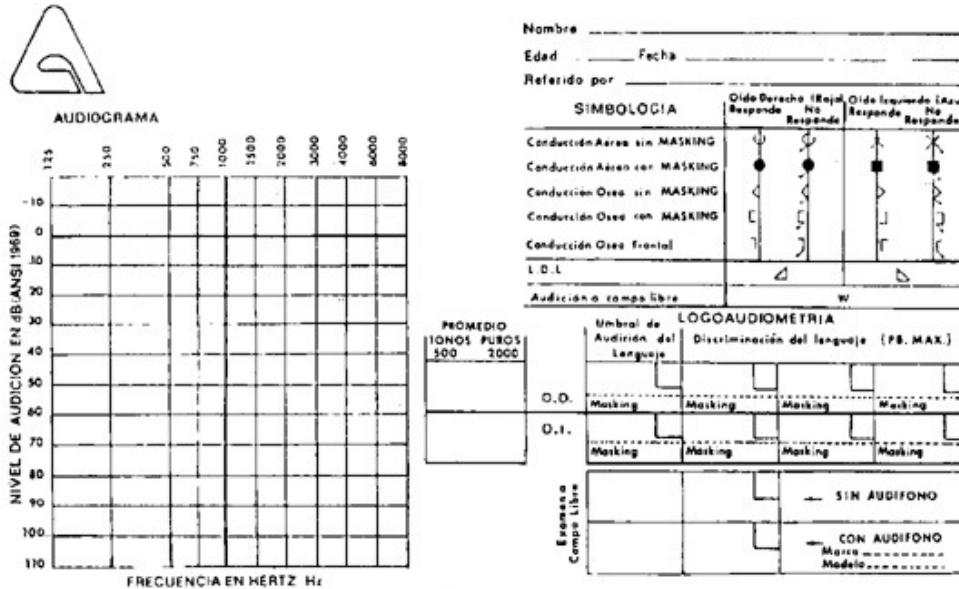


Figura 1. Audiograma standard

En caso que se requiera enmascarar; los umbrales derechos son triángulos rojos y los umbrales izquierdos son cubos azules para la vía aérea. Los umbrales óseos enmascarados son corchetes azules o rojos según el lado, y también se unen con línea punteada. Es habitual que el gráfico del audiograma lleve impresa una zona sombreada llamada "banano del lenguaje". Esta zona corresponde a la zona útil en frecuencia e intensidad de audición del lenguaje (espectro conversacional aproximadamente a dos metros de distancia).

Los audímetros están calibrados en relación a un standard de referencia, el cual también debe estar descrito (Ej. ANSI 1969). El 0 del audímetro es un promedio y no un cero matemático. La audición normal es entre -5 y 20 dB.

#### ¿Por qué el 0 del audímetro es un promedio y la audición normal va de -5 a 20 dB?

Esto se debe a las unidades de intensidad o decibeles. Los decibeles son en realidad números logarítmicos. Si se usaran medidas de intensidad propiamente tales: "dinas por centímetro cuadrado", el gráfico de la audiometría sería gigantesco; por ello se usan unidades logarítmicas, es decir decibeles. Como no hay entonces un cero matemático, lo que se hizo fue evaluar la audición a un gran número de personas normales. El promedio de audición de estas personas fue el cero. De allí la fluctuación de -5 a 20 decibeles. Esto lo hizo la institución ANSI (American National Speech and Hearing Institute) en 1969, y de acuerdo a este standard se calibran los audímetros (de allí ANSI 1969). La mayoría de los audímetros están calibrados de acuerdo a ANSI 1969.

#### ¿Qué se mide?

Se mide el umbral de audición en todas las frecuencias. El umbral de audición es la

intensidad mínima que puede ser oída por el paciente (para conducción aérea y ósea). Se obtienen curvas de conducción aérea (con fonos) y luego para conducción ósea (con vibrador óseo) en cada oído. Normalmente, la conducción aérea y ósea deben ser iguales (en realidad uno escucha mejor por conducción aérea, pero el audiómetro está regulado de tal modo que sean iguales) Figura 2.

En pérdidas conductivas, los umbrales de conducción aérea están aumentados y los de conducción ósea están normales. Figura 2. Esta diferencia se denomina "gap" (espacio, diferencia) (Ej: 30 dB) y da el grado de pérdida conductiva. Ejemplo: líquido en el oído (otitis serosa) da un pequeño gap en cambio una cadena osicular rota da un gap mayor.

En pérdidas neurosensoriales los umbrales de ambas curvas (aérea y ósea) están aumentados y las curvas son iguales. Figura 2. Si un oído tiene una pérdida severa de audición neurosensorial y se le pone un tono de 50 dB; 50 dB son lo suficientemente intensos como para ser llevados por conducción ósea (por los huesos del cráneo) al oído opuesto, teniendo el paciente la sensación que escucha. Esto daría un audiograma falseado. Por lo tanto, se usa en estos casos sonido (en el oído opuesto al que se está examinando) para "enmascarar" este efecto. Esta técnica se llama enmascaramiento y está descrita en detalle en las referencias. Se menciona aquí como concepto que cuando exista una diferencia de audición (neurosensorial o conductiva) entre ambos oídos de 40 dB o más debe usarse enmascaramiento.

En pérdidas mixtas, los umbrales de ambas curvas están aumentados, pero los de conducción aérea están más altos. Figura 2.

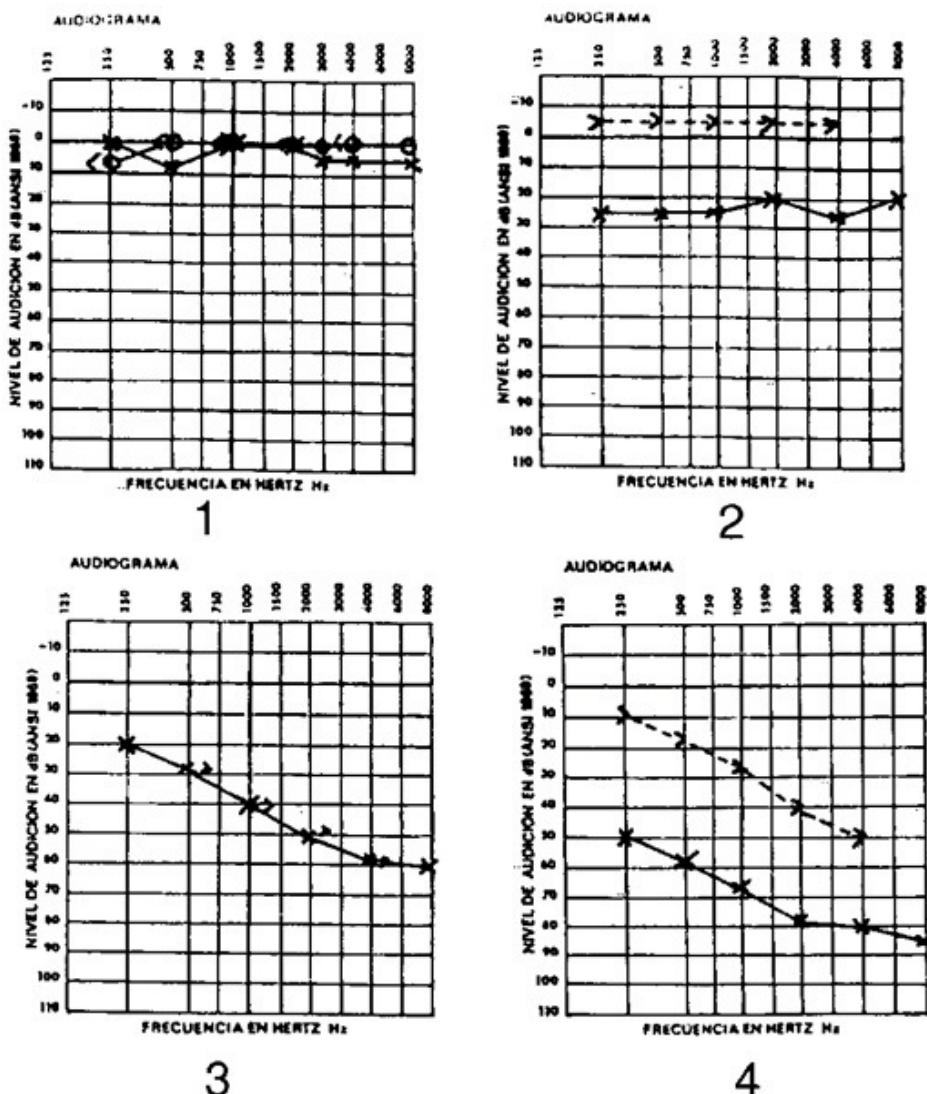


Figura 2. Audiogramas. 1. Audición normal 2. Pérdida auditiva conductiva 3. Pérdida auditiva neurosensorial 4. Pérdida auditiva mixta

## Grados y porcentajes de pérdida auditiva

Dos preguntas muy repetidas son: 1. ¿Qué porcentaje de pérdida auditiva tengo? 2. ¿Es mi pérdida severa o profunda?

El porcentaje de pérdida auditiva se obtiene promediando respuestas a tonos puros de acuerdo a una fórmula matemática. Es usado para calcular porcentajes para compensación por daños adquiridos. La fórmula no representa porcentaje real de audición propiamente tal.

Las pérdidas auditivas pueden ser calificadas de la siguiente manera:

|            |                     |
|------------|---------------------|
| -5 - 20 dB | audición normal     |
| 20 - 40 dB | hipoacusia leve     |
| 40 - 70 dB | hipoacusia moderada |
| 70 - 90 dB | hipoacusia severa   |
| 90 y más   | hipoacusia profunda |

## 2. Evaluaciones especiales

### A. Audiometría de alta frecuencia

Para la audiometría clásica se usan frecuencias de hasta 8000 Hertz. En la de alta frecuencia se usan hasta 12000 ó 16000 Hertz. Es útil para detección precoz en pacientes tratados con medicamentos ototóxicos, sin embargo, para ello también son útiles las emisiones otoacústicas (a describir).

### B. Pruebas supraliminares

Incluye una serie de pruebas en las cuales se usan estímulos sonoros superiores al umbral. Son pruebas que evalúan reclutamiento, fatiga auditiva y adaptación, y que sirven para determinar lesiones cocleares o retrococleares. Su descripción detallada va más allá del propósito de este capítulo. Reclutamiento. Consiste en la distorsión de la sonoridad, en la cual al aumentar la intensidad de un sonido se produce un aumento desproporcionado de la sonoridad. Se presenta en lesiones cocleares. Existen las pruebas de LDL, Fowier, y SISI, entre otras. Fatiga auditiva y adaptación. Normalmente el nervio debe transmitir el impulso sonoro mientras esté presente, pero si el estímulo es mantenido por un tiempo prolongado se produce una declinación dejándose de percibir el estímulo. Esto se denomina adaptación o deterioro. En lesiones retrococleares se produce un deterioro en un corto período de tiempo. Para ello existen las pruebas del deterioro tonal de Carhart y de Stat, entre otros. También existen pruebas que intentan medir el tinnitus determinando el tono que más se le asemeja, la intensidad y la inhibición residual (capacidad de enmascarar el tinnitus).

### C. Audiometría de juego y de reforzamiento visual

Esta técnica se usa para niños entre los 6 meses y 2 años. Se condiciona al niño a girar la cabeza al escuchar sonidos, reforzando la respuesta visualmente. Se escoge generalmente un juguete iluminado como puede ser un animalito que se mueva y se ilumine junto con la presentación del sonido.

Audiometría de juego. Esta técnica se usa en niños de 2 a 4 años (cuando no se puede hacer una audiometría standard). Se le enseña al niño a colocar un objeto (como un cubo en una caja) cuando escucha un tono. A veces se requieren varias sesiones.

### **3. Logoaudiometría (audiometría verbal)**

Los tonos puros evalúan umbrales (intensidad mínima a la cual se escucha) y dan información en cuanto al tipo y grado de pérdida auditiva.

Logoaudiometría evalúa audición y comprensión del lenguaje. Se hace con conducción aérea.

Tests: A. Umbral de recepción de lenguaje. B. Reconocimiento de palabra (discriminación).

El propósito del test de umbral de recepción de lenguaje es determinar el umbral al cual una persona identifica correctamente el 50% de una lista de palabras. Este test se correlaciona con los tonos puros de 500, 1000 y 2000 Hertz y sirve para saber si el paciente escucha las palabras. Una vez determinado que si las escucha, se hace el test de reconocimiento de palabras para ver si discrimina correctamente las palabras y los sonidos de los cuales ésta se compone. Las listas de palabras son standard, con palabras familiares para el paciente y que posean una buena diferenciación fonética (Eg. Casa, vaso, perro, silla, etc), es decir, que sean fonéticamente balanceadas y representen lo mejor posible el espectro del lenguaje. El resultado se expresa en porcentaje de palabras reconocidas correctamente.

### **4. Audiometría a campo libre**

Se hace una audiometría con tonos (o palabras) en una cámara silente, pero sin tonos. El sonido es escuchado por ambos oídos. Este tipo de examen se utiliza en niños y adultos. Puede usarse en audiometría con reforzamiento visual y audiometría de juego en niños que no aceptan el uso de tonos. Es también el examen determinante para medir audición con audífonos (medición de la ganancia funcional del audífono o del implante coclear).

### **5. Audiometría de potenciales evocados auditivos (2,3)**

Cuando se da un estímulo sonoro al oído, las ondas atraviesan el oído externo y medio y llegan amplificadas al oído interno. Las células ciliadas estimuladas envían un estímulo eléctrico a la corteza a través de una serie de sinapsis en los núcleos del tronco cerebral. Usando electrodos externos y un sistema computacional, es posible hacer un registro de estas ondas eléctricas evocadas (potenciales eléctricos) que van de la cóclea a la corteza. Los registros de estos potenciales eléctricos auditivos se obtienen luego de un tiempo (latencia) de usado el estímulo sonoro.

Los más precoces son la electrocoeleografía (ECG) con 1 a 5 milisegundos de latencia, y los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC) con 4 a 19 milisegundos de latencia. Estos son los más usados clínicamente.

También existen los potenciales de latencias intermedias (zonas de proyección de la corteza) de 8 a 50 ó 100 milisegundos de latencia, y los tardíos (corteza cerebral) de 100 a 300 milisegundos. Los dos últimos no se usan habitualmente en la clínica.

Es importante mencionar que los potenciales evocados auditivos evalúan la integridad de la vía nerviosa y su sincronía. No se evalúa audición (percepción de audición). Cuando el examen está normal se estima que la audición es normal. Por otra parte, los potenciales evocados no evalúan la función cortical. Es por lo tanto posible que en un caso de daño (eg. Epilepsia) bi temporal una persona no escuche y sus potenciales evocados sean normales.

#### **A. Potenciales evocados auditivos del tronco cerebral**

Las respuestas evocadas auditivas más usadas son las del "tronco cerebral", es decir, hasta el cuerpo geniculado medial.

Como describimos anteriormente; para hacer este examen, se colocan electrodos en el

cráneo, los cuales registran actividad neuronal de la vía auditiva cuando el sonido (en forma de clicks) se le aplica al paciente por conducción aérea. Cada oído es examinado individualmente. Diez milisegundos después de ser presentado el sonido, se obtiene una respuesta que tiene la forma de seis ondas positivas, las cuales son registradas. Los componentes de estas ondas y su presunto origen son las siguientes: onda I. Nervio auditivo, onda II. Núcleo coclear, onda III. Complejo olivar superior, onda IV. Núcleo ventral del lemnisco lateral, onda V Colículo inferior, onda VI. Cuerpo geniculado medial. Figura 3.

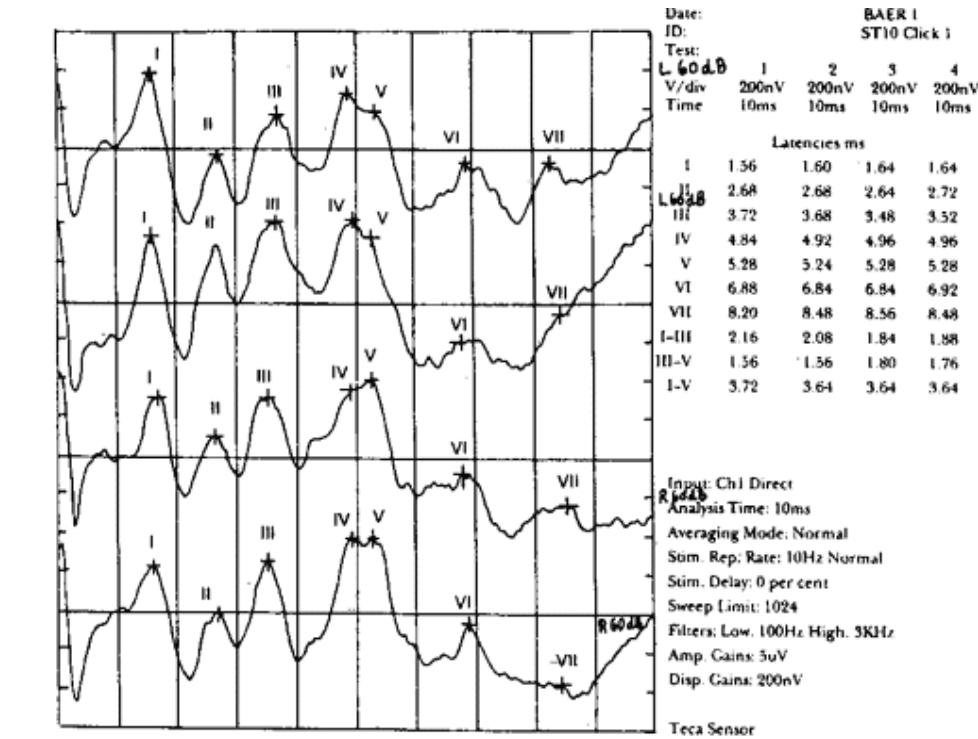


Figura 3. Potenciales evocados auditivos normales del tronco cerebral

Este examen se utiliza clínicamente para:

1. Estimación de umbrales. Es útil en recién nacidos, niños, pacientes que no cooperan, pérdidas funcionales, etc. Es de mencionar que este examen no detecta respuestas a bajas frecuencias y que una audiometría da más y mejor información en todo el rango de frecuencias. Es importante recordar que este examen está basado en una normal conducción del sonido por el oído externo y medio. Es esencial por lo tanto evaluarlos antes de hacer el examen. Por ejemplo; una otitis serosa (líquido en el oído) dará una mayor latencia de ondas. Por ello, además del examen clínico es necesario hacer siempre una timpanometría previa. La sedación (eg. Hidrato de cloral) no afecta el resultado del examen.
2. Propósitos diagnósticos. Latencias absolutas, latencias interondas, tiempo en milisegundos de producción de las ondas, pueden ser sugerentes de enfermedad. Por ejemplo: Cuando la latencia de la onda V es 0.2 milisegundos mayor que en el oído opuesto, se sospecha lesión retrococlear (Eg. Neurinoma del nervio acústico).

## B. Electrococleografía

Este examen registra el potencial de sumación generado por las células ciliadas y el potencial de acción del nervio auditivo al colocar un electrodo sobre el promontorio (a

través del tímpano) o en el conducto auditivo externo. Es útil para determinar umbrales para todas las bandas de frecuencia, y evalúa directamente la cóclea y el nervio auditivo, pero es más invasivo. Los parámetros que se usan habitualmente son la amplitud y la relación de amplitud de ambos potenciales. También permite diagnosticar *hídrops enfolinfático* (aumento de líquidos del oído interno, eg. Enfermedad de Meniere's). En estos casos hay un aumento en el potencial de sumación y en el cuociente de potenciales de sumación y acción (Figura 4).

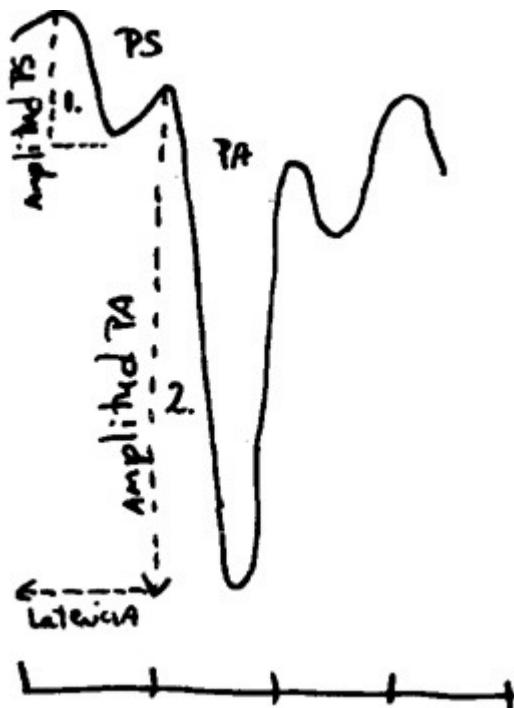


Figura 4. Electrococleograma normal. Potencial de Sumación (PS), Potencial de Acción (PA). 1 = Amplitud de PS, 2 = Amplitud de PA. 3 = Latencia.

### C. Telemetría de respuesta neural

Así como se pueden obtener potenciales evocados al aplicar estímulos sonoros con una fuente externa (potenciales evocados auditivos) o colocando un electrodo en el promontorio o en el conducto auditivo externo (electrococleografía); también se pueden obtener potenciales evocados del nervio auditivo a través de estimulación eléctrica con los electrodos de un implante coclear. Estos potenciales evocados se denominan telemetría de respuesta neural. Se pueden hacer durante y después de la operación. En el intraoperatorio confirman el funcionamiento del implante, la capacidad del nervio auditivo de ser estimulado, y la indemnidad de las estructuras nerviosas que transmiten los estímulos. En el postoperatorio ayudan además a optimizar la programación, en especial en niños de corta edad.

### 6. Audiometría de emisiones otoacústicas

Las células ciliadas externas del oído interno tienen actividad eléctrica espontánea. Esta actividad puede ser detectada espontáneamente y también como respuesta a estímulos sonoros. Este examen puede ser usado en screening de recién nacidos, para confirmar audición normal en niños y adultos, y para monitorizar efectos de medicamentos ototóxicos en el oído interno. Este examen será descrito en detalle en un capítulo especial.

### 7. Inmitancia Acústica - Timpanometría (4,5)

La timpanometría es un método para evaluar función de oído medio. Es importante mencionar que no mide audición directamente. Un timpanograma normal puede coexistir con una pérdida auditiva neurosensorial severa, y un timpanograma anormal puede coexistir con una audición normal.

## Conceptos Básicos

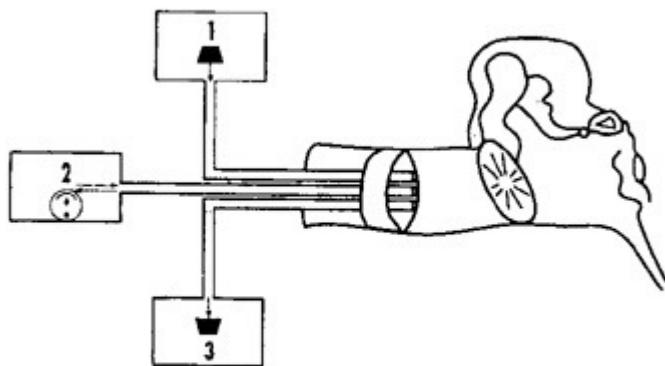
Cuando se aplica sonido al conducto auditivo externo, éste llega al tímpano y es transferido al oído interno por la cadena de huesecillos. No toda esta energía se transmite, ya que hay resistencia mecánica. La oposición o resistencia al paso de energía se denomina impedancia acústica.

La energía que pasa se denomina admitancia acústica. El término inmitancia engloba la impedancia y la admitancia.

Los instrumentos usados evalúan esta transferencia de energía, y al hacerlo, dan información de la función y el estado del oído medio.

Los instrumentos tienen una olla de goma que se coloca herméticamente sellada en el conducto auditivo externo. Figura 5. La olla cubre tres tubos (aperturas): 1. Conecta a una bomba de aire que introduce cambios de presión (positivos y negativos) en relación a la presión atmosférica. 2. Micrófono que permite dar tonos puros. 3. Micrófono que capta la energía reflejada y la envía al monitor del aparato para ser medida. El resultado de presurizar el conducto, introducir energía acústica (tonos puros) y captar la energía reflejada, es un gráfico llamado timpanograma.

### INSTRUMENTO ELECTROACUSTICO DE INMITANCIA.



1. PARLANTE GENERADOR DE TONOS.
2. BOMBA DE AIRE QUE INTRODUCE CAMBIOS DE PRESIÓN DURANTE EL EXAMEN (PRESIÓN POSITIVA Y NEGATIVA).
3. MICROFONO QUE CAPTA LA ENERGÍA REFLEJADA.

Figura 5. Instrumento electroacústico de inmitancia

El timpanograma es por lo tanto la representación gráfica de la inmitancia de la cadena de huesecillos y tímpano. Figura 6. Debido a ello su configuración varía de acuerdo a distintas patologías que afectan al oído medio, lo que resulta de utilidad diagnóstica. Figura 7. Las frecuencias que se usan habitualmente son de 226 y 660 Hz. Se pueden usar múltiples frecuencias (timpanometría de multifrecuencia), pero este método no se usa de rutina. Existen también diversas evaluaciones.

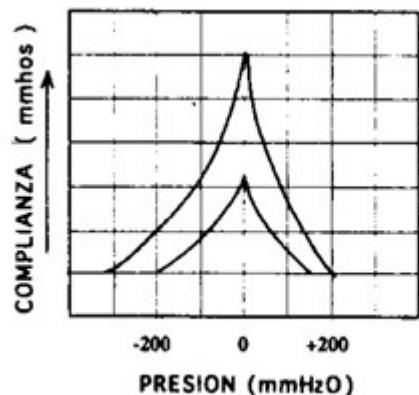
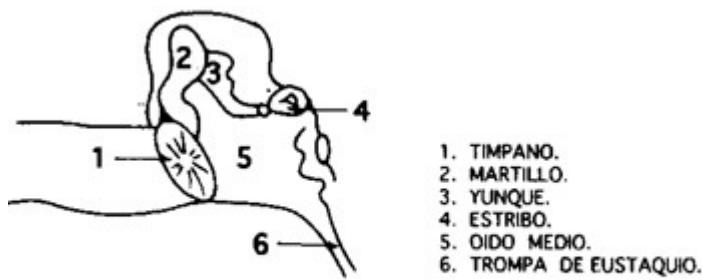


Figura 6. Timpanograma

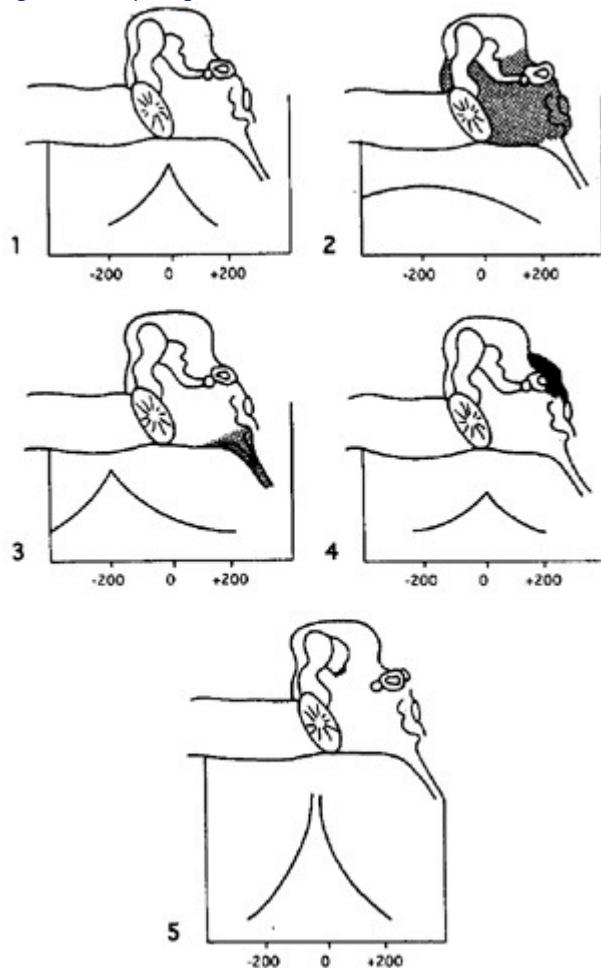


Figura 7. Timpanogramas.  
1.Normal 2. En un oido medio con otitis serosa. 3. En un bloqueo de trompa de Eustaquio 4. En fijacion de la cadena osicular. 5. En ruptura de la cadena osicular.

### Reflejo acústico (Reflejo estapedial)

Este reflejo protege al oído de sonidos intensos. Al ocurrir ello, el músculo estapedio se contrae y torna más rígida a la cadena y al tímpano. Estos cambios pueden ser detectados por el instrumento de inmitancia (usualmente mal llamado impedanciómetro). La vía aferente es a través del nervio auditivo, y la eferente a través del nervio estapedial (rama del nervio facial). Aparece con intensidades de 70-80 dB y es consensuado (aparece en ambos oídos). Puede ser estimulado y detectado en el mismo lado (ipsilateral) o estimulado en un oído y detectado en el otro (contralateral).

**Uso práctico:** Si hay una pérdida conductiva de más de 30 dB no hay reflejos contralaterales aún si la pérdida es unilateral. Si la pérdida es unilateral, se puede obtener reflejo ipsilateral en el lado sano. Por otra parte, si hay reflejos ipsilaterales bilaterales pero no hay contralaterales, se sospecha una lesión a nivel del tronco cerebral (eg. Placa de esclerosis múltiple). También se puede evaluar decaimiento y latencia para detectar lesiones retrococleares, así como también se puede usar para diagnosticar compromiso del nervio facial (que inerva al músculo estapedio) y como una forma indirecta de determinar pérdidas auditivas (la vía aferente del reflejo va por el nervio auditivo).

### Reflejo eléctrico estapedial

En operaciones de implante coclear se puede comprobar el funcionamiento del implante y la capacidad de estimular el nervio auditivo, provocando un reflejo estapedial, estimulando eléctricamente a través de los diferentes electrodos. Esto se denomina reflejo eléctrico estapedial.

### Prueba de función tubaria

Los cambios de presión que se pueden generar en el conducto auditivo externo, con el equipo de inmitancia, permiten evaluar la funcionalidad de la trompa de Eustaquio (función tubaria). En otras palabras, se somete a la trompa a cambios de presión y se evalúa su capacidad de responder a ellos. Esto se hace a través de distintas pruebas tanto en pacientes con tímpano indemne (eg. evaluación de función en buzos, pilotos, etc.) como con tímpano perforado (eg. evaluación previa a una operación de timpanoplastia).

### Evaluación de audición de acuerdo a la edad (2)

Estas son sólo normas generales, dado que hay mucha variación de niño a niño en actitud y cooperación. Por lo tanto el examen variará de acuerdo a cada niño y su situación.

Recién nacidos hasta 6 meses de edad: Emisiones otoacústicas y audiometría de potenciales evocados. (Estos exámenes se continúan haciendo a toda edad).

6 meses a 2 años: audiometría de reforzamiento visual. 2 a 4 años: audiometría de juego. 4 años y más: audiometría standard. Nota: Es importante tener siempre la certeza de indemnidad del oído medio, por lo que en cualquiera de los exámenes anteriores que se haga es útil hacer también una timpanometría.

Los conceptos principales son:

1. Exámenes lo suficientemente confiables como para decidir intervención temprana pueden y deben hacerse en niños.
2. Los distintos exámenes dan diferente información, la cual debe ser integrada en un conjunto, para obtener un diagnóstico adecuado.
3. El desarrollo de la producción de sonidos y del lenguaje depende directamente de los primeros años de vida. Es esencial que las pérdidas auditivas sean detectadas tempranamente para poder hacer un diagnóstico e intervención

eficientes.

## Bibliografía

1. Bess FH. *Basic Hearing Measurement*. En Lass NJ, Mc Reynolds LV, Northern JL, et al. Eds *Handbook of Speech Language Pathology and Audiology*. BC Decker Inc. Philadelphia 1988: 1094-122
2. Guzmán H, Goycoolea M, Espinoza F. *Evaluation of the Auditory System*. En De Souza C, Goycoolea M, Ruah C. Eds *Textbook of the Ear Nose and Throat*. Orient Longman Ltd. Hyderbad 1995: 28-45
3. Staller SJ, Mc Farlane LK. *Auditory Brainstem response and Electrocochleography*. En Lass NJ, Mc Reynolds LV, Northern JL, et al. Eds *Handbook of Speech Language Pathology and Audiology*. BC Decker Inc. Philadelphia 1988: 1166-87
4. Margolis RH, Shanks JE. *Tympanometry*. En Katz J. Ed *Handbook of Clinical Audiology*. Williams and Wilkins Co. Baltimore 1985: 438-75
5. Margolis RH, Hunter L. *Audiologic evaluation of the otitis media patient*. Otol Cl of NA 1991: 877-99.