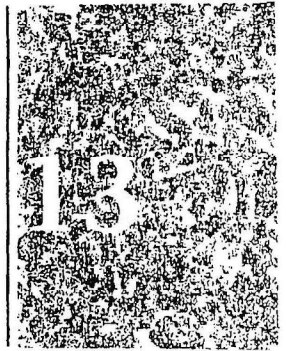


# Prótesis auditivas

J. Martínez



## CORRECCIÓN AUDITIVA PROTÉSICA

La audición condiciona las relaciones del hombre con sus semejantes a partir de su nacimiento. Aquello que somos, y lo que seremos mañana, depende en gran parte de nuestras facultades auditivas.

Un eminente profesor de otorrinolaringología, el Dr. Pialoux, de París, escribió en una ocasión: «el hombre es un animal superior que debe esencialmente su superioridad al hecho de que posee el lenguaje, pero no existe verdadero lenguaje sin función auditiva». La pérdida o la disminución de la audición provoca manifestaciones psicológicas, sociales y humanas que demuestran cuán importante es este sentido.

Anatómicamente, la audición normal depende de diferentes factores: el pabellón, el canal auditivo externo abierto, la membrana del tímpano en buen estado, los huesecillos del oído medio que conecten el tímpano con la ventana oval y un oído interno que funcione bien. Además, para la aireación del oído medio y la equiparación de presiones a ambos lados del tímpano es necesaria una comunicación con el exterior, función que realiza la trompa de Eustaquio cuando se abre. Asimismo, son necesarias unas vías aferentes (nervio auditivo) en buen estado, capaces de transportar la señal bioeléctrica elaborada en el oído interno hasta el cerebro donde será interpretada.

Cuando alguno, o varios, de estos elementos se modifican o dañan, aparece como consecuencia una merma en la capacidad auditiva. En consecuencia, la dificultad en la audición es un *efecto* que obedece a una *causa*. La exploración médica y la aplicación de métodos de prueba audiológicos conducen a la localización de la lesión y al diagnóstico clínico; es decir, a la determinación de la *causa* y a su posible tratamiento.

En la actualidad, muchas de las enfermedades que causan pérdidas auditivas de transmisión (debidas a anomalías en el oído externo y medio) pueden ser solucionadas y con muy buenos resultados mediante tratamiento o intervención quirúrgica. Sin embargo, en las pérdidas de percepción (debidas al oído interno o al nervio auditivo), las posibilidades de mejorar la audición dependen, en gran parte, de la corrección auditiva protésica.

Aparte de las pérdidas auditivas de percepción producidas por malformaciones congénitas, intoxicación medicamentosa o lesiones y enfermedades varias, el oído humano va perdiendo con la edad su capacidad de percepción de las frecuencias más agudas con la consiguiente dificultad en la comprensión del mensaje oral. Es lo que denominamos *presbiacusia*. En todos los estudios sobre la presbiacusia y la audición de las personas mayores, se constata la importancia de los efectos producidos por la exposición continuada a los ruidos intensos, así como la debida a los factores genéticos en el desarrollo de las pérdidas auditivas.

Como ya hemos apuntado, cuando la pérdida de audición no puede ser corregida mediante tratamiento médico, la única posible solución es la ayuda auditiva con un **audifono**.

Afortunadamente, los progresos actuales de la ciencia y de la técnica nos proporcionan los medios para poder disponer de audifonos extremadamente complejos, fiables y pequeños que nos permiten prestar una ayuda auditiva en casi todos los casos de hipoacusias.

En la figura 13-1 podemos ver el interior de un audifono moderno y apreciar su complejidad.

Contiene 140 piezas diferentes colocadas con la mayor precisión para proteger y preservar por largo tiempo las funciones esenciales del aparato. Entre estos 140 componentes podemos distinguir 14 transistores, 42 resistencias y 5 condensadores que forman el circuito amplificador, cuya flexibilidad de reglaje permite corregir cada caso individual de pérdida auditiva. Esta complejidad es todavía más manifiesta si consideramos que toda esta cantidad de elementos ocupan un reducidísimo espacio físico que hace posible su instalación detrás del pabellón auditivo o, incluso introduciéndolos totalmente en el conducto auditivo en el caso de los intraauriculares.

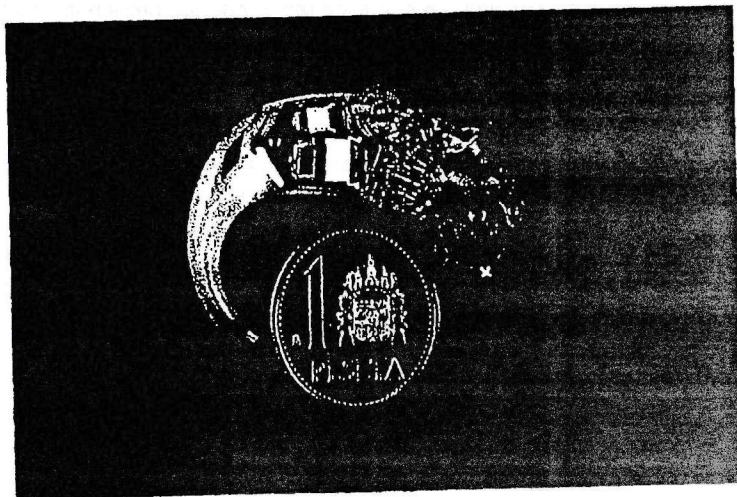


Fig. 13-1 Contenido de un audifono (véase texto).

En el momento de la aparición de las prótesis auditivas microelectrónicas, que se hicieron posibles gracias a los transistores a finales de la década de los cincuenta y principios de los sesenta, no era previsible que tuvieran lugar tales perfeccionamientos en su posterior desarrollo y que hicieran imperiosa la necesidad de especialistas que pudieran adaptar estos aparatos de un modo justo y óptimo de acuerdo con las características fisicoacústicas individuales del hipoacúsico.

Estos especialistas son los actuales **audioprotesistas**.

Hoy día, la tarea de efectuar una correcta adaptación de un audifono no es ni mucho menos simple. En efecto, requiere un estudio de las características fisicoacústicas de la audición residual del hipoacúsico, una rigurosa selección del tipo de aparato y sus reglajes más adecuados a dichas características, y una serie de pruebas acústicas de evaluación de los resultados obtenidos; además, el audioprotesista deberá obtener la impresión del molde anatómico para su posterior confección definitiva. Naturalmente, todas estas operaciones requieren el manejo, utilización e interpretación de un cada vez más sofisticado equipo instrumental de exploración y medida acústica. En definitiva, requiere, como decíamos, un especialista formado específicamente para tal menester, que deberá tener los conocimientos necesarios en disciplinas tan diversas como: acústica, electrónica, anatomofisiología del oído, instrumentación, audiometría, laboratorio protésico, etc.

En consecuencia, hoy día no puede comprenderse ni aceptarse la simple «venta» de prótesis auditivas en lugares que técnica, profesional y humanamente no están específicamente preparados para tales menesteres. Esto es todavía más grave en los casos de niños hipoacúsicos de corta edad, en los que el proceso es mucho más complejo y de mayor dificultad y responsabilidad.

En España, los estudios oficiales para la obtención del título de Técnico Especialista Audioprotesista están regulados por la OM, de 18 de octubre de 1983, BOE de 3 de diciembre de 1983, y ha aparecido una nueva regulación (septiembre de 2000) que adecua los estudios a la nueva LOGSE y los incluye en los ciclos formativos de grado superior. La normativa sobre la aplicación de prótesis auditivas está recogida en los Reales Decretos 414/1996 (BOE de 24 de abril de 1996) complementado por el 2727/98 (BOE de 12 de enero de 1999).

En la figura 13-2 vemos un ejemplo esquemático de una adaptación protésica auditiva. Antes de proceder a la adaptación de un audifono, el paciente deberá ser visitado por un médico especialista. Ello es muy importante si tenemos en cuenta que, como decíamos al principio, la pérdida auditiva es un efecto que obedece a una causa. El médico otólogo es el único responsable de la determinación de la causa y su posible tratamiento mediante el diagnóstico. En los casos en que la pérdida de audición no pueda ser corregida mediante tratamiento médico o quirúrgico, el paciente deberá dirigirse al audioprotesista.

Dado que el objetivo de este capítulo es ofrecer una visión general de las prótesis auditivas y de su correcta adaptación, vamos a tratar los puntos más

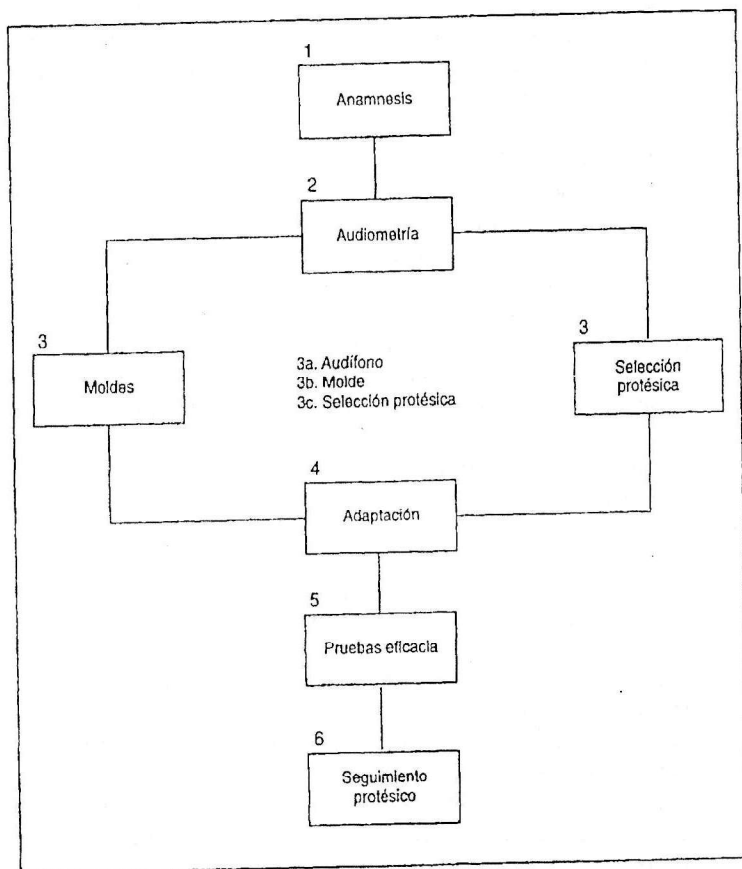


Fig. 13-2 Proceso de adaptación protésica auditiva.

importantes que, siguiendo el esquema anterior, permitirán al logopeda tener una visión global del trabajo del audioprotesista, así como de los instrumentos con los que trabaja, ya que con él tendrá que colaborar estrechamente, sobre todo en los casos de niños hipoacúsicos de corta edad.

## AUDIOMETRÍA PROTÉSICA

La audiometría protésica tiene como objetivo la determinación de los parámetros psicoacústicos útiles para la corrección protésica.

Como sabemos, el ser humano auditivamente normal posee una enorme dinámica auditiva que se extiende entre los 0 dB SPL (umbral auditivo) y los 134 dB SPL (umbral del dolor), en el campo de las intensidades, y entre los 20 Hz y los 20 kHz en el campo de las frecuencias (v. fig. 13-6).

Dentro de esta extensa gama, existe una zona muy importante comprendida entre los 250 y 5.000 Hz y los 20 y 90 dB SPL en donde se desarrolla la palabra. No es casual que el oído normal alcance su máxima sensibilidad precisamente en esta zona.

Existen otros niveles que son audiológicamente importantes: el umbral de incomfortabilidad y el de mayor confortabilidad, llamado por los anglosajones MCL (*Most Comfortable Level*). Todos estos niveles son subjetivos y presentan variaciones individuales. No obstante, estudios estadísticos sobre personas jóvenes auditivamente normales han dado los siguientes valores de referencia, que son aceptados mundialmente:

|   |            |
|---|------------|
| Valor del umbral de audición a 1 kHz para tono puro | 0 dB SPL   |
| Valor umbral de dolor                               | 134 dB SPL |
| Valor umbral subjetivo de incomfortabilidad         | 120 dB SPL |
| Nivel de audición más confortable (MCL)             | 60 dB SPL  |
| Valor umbral de detectabilidad de la palabra        | 20 dB SPL  |

Del estudio de estos valores podemos obtener algunas conclusiones importantes desde un punto de vista audiológico, a saber:

1. Antes del umbral del dolor, es decir, el valor de intensidad donde la sensación deja de ser auditiva para tornarse dolorosa, existe el umbral de molestia o incomfort, a partir del cual la audición es desagradable.
2. El nivel más confortable para el oído normal se sitúa alrededor de los 60 dB SPL, es decir, en el centro de la dinámica útil situada entre 0 y 120 dB, en la zona conversacional. La voz humana emitida en ambiente normal, no ruidoso, tiene como nivel medio precisamente este valor de 60 dB SPL.

Cuando por una u otra causa se produce una lesión en el órgano auditivo, estos niveles quedan modificados en mayor o menor grado produciéndose una hipoacusia. La dinámica auditiva queda entonces modificada con respecto a la normal; es lo que se conoce como *dinámica residual auditiva*.

La audiometría protésica tiene como objetivo la determinación de la dinámica residual auditiva en la zona frecuencial de la palabra. Para ello deben obtenerse, con la mayor precisión posible, los umbrales de audición e incomfort para las frecuencias discretas comprendidas entre 125 y 6.000 Hz (125, 250, 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000 y 6.000), mediante audiometría tonal. Ello nos dará los valores máximos y mínimos entre los que está limitada la posibilidad de audición del hipoacúsico, en la zona frecuencial de la palabra, desde un punto de vista cuantitativo. Sin embargo, como es sabido, la evaluación del aspecto cuantitativo de la audición no basta, aun siendo muy importante, para determinar el grado de dificultad real en la comprensión del lenguaje. Son varios los factores que influyen en el hecho de obtener diferencias notables en la inteligibilidad de la palabra para pérdidas cuantitativamente muy semejantes; algunos de ellos son explicables objetivamente desde un punto de vista fisicoacústico, pero otros son de índole más subjetiva, como los socioculturales, psicológicos, etc.

En la audiometría protésica tiene una gran importancia la audiometría vocal realizada con material fonético estandarizado. Ello entraña una importante dificultad en el caso de los niños hipoacúsicos prelocutivos que por su corta edad, o por no haber tenido un tratamiento adecuado, carecen de lenguaje, imposibilitando la realización de la audiometría vocal.

En resumen, la audiometría protésica comporta:

1. Medición de los umbrales de audición para las frecuencias de la zona conversacional en los dos oídos.
2. Medición de los umbrales de incomfortabilidad para las mismas frecuencias en los dos oídos.
3. Efectuar audiometría vocal con cascos:
  - a) biaural,
  - b) oído derecho,
  - c) oído izquierdo,
  - d) biaural más lectura labial,
  - e) lectura labial sola si es necesario.

De forma complementaria y aunque no corresponda exactamente a la definición de audiometría protésica, es muy conveniente efectuar una impedanciometría para comprobar que el timpanograma es normal; en caso contrario será necesario remitir al paciente al médico especialista. Además, el impedanciómetro será también de utilidad en la determinación de los umbrales de incomfort mediante la investigación del reflejo estapedial.

La audiometría protésica es muy importante para efectuar una correcta y eficaz corrección auditiva protésica. Su realización es laboriosa y requiere una gran dosis de paciencia junto a una amplia experiencia. Naturalmente, también es imprescindible disponer de una buena instalación, tanto desde el punto de vista del local como del instrumental. En el caso de los niños de corta edad, el problema es mucho más complicado si tenemos en cuenta que, en la actualidad, los medios objetivos de exploración audiológica son escasos y poco precisos en cuanto a la determinación de la dinámica residual auditiva. En estos casos, la realización de la audiometría mediante los reflejos de orientación condicionada (ROC), audiometría del juego, juguetes sonoros calibrados, etc., junto a la ayuda muy importante del logopeda, y una, todavía mayor, dosis de paciencia y experiencia, suelen dar buenos resultados.

## PRÓTESIS AUDITIVAS

Según el Diccionario de la Comisión Nationale d'Homologation de Francia, se define prótesis auditiva como: «Dispositivo activo destinado a mejorar, corregir o rehabilitar la audición de los deficientes auditivos, por medio de una adaptación de sus características específica y apropiada a sus capacidades de percepción y tolerancia».

**Dispositivo activo.** Se trata de un dispositivo que realizará su función mediante el consumo de aportación energética externa. La función principal que realizará será la de amplificar, por lo que necesitará de una alimentación mediante pilas o baterías.

**Adaptación.** La corrección que aportará la prótesis auditiva será diferente en función de las características de la pérdida auditiva del hipoacúsico. Cada paciente hipoacúsico presenta unos residuos de percepción auditiva individuales y, por tanto, la corrección aplicada mediante la prótesis deberá ser también individual. El acto mediante el cual se ajustan las características de la prótesis a las necesidades individuales del paciente recibe el nombre de *adaptación protésica*. Por tanto, será necesaria la participación de un profesional preparado para realizar dicha adaptación. En España dicho profesional recibe el nombre de *audioprotesista* y en Alemania *hörgerateakustiker*.

**Capacidades de percepción.** Hace referencia a la sensibilidad auditiva residual del paciente.

**Tolerancia.** En este caso se recogen toda una serie de aspectos objetivos y subjetivos que afectan a la tolerancia que puede tener un determinado paciente a determinadas soluciones protésicas.

A la vista de todo esto, está claro que deberemos proporcionar al paciente hipoacúsico una estimulación auditiva adicional de forma adaptada a sus necesidades. Pero, ¿dónde realizaremos dicha estimulación? El sistema auditivo posee tres zonas anatómica y fisiológicamente bien diferenciadas, como son: oído externo, oído medio y oído interno.

Estimulando convenientemente en cualquiera de las tres zonas puede proporcionarse una sensación auditiva, pero ¿qué tipo de estimulación es adecuada en cada caso? El oído externo debe ser estimulado de forma acústica, por medio de ondas sonoras. El oído medio, compuesto por los huesecillos (martillo, yunque y estribo), debe ser estimulado mediante vibraciones mecánicas, y el oído interno (compuesto por la cóclea, encargada de transformar las vibraciones mecánicas en señales bioeléctricas) debe ser estimulado mediante energía eléctrica.

## Tipos de prótesis

Cualquier dispositivo ideado para compensar una discapacidad en el sentido de la audición es una prótesis auditiva. Para ejercer esa compensación, la prótesis deberá provocar un estímulo en alguna parte de la cadena auditiva. La clasificación de las prótesis auditivas viene dada precisamente por el lugar en que ejercen dicho estímulo. Por ello, a continuación, detallaremos brevemente los tipos existentes hoy día.

**Prótesis de estimulación por vía aérea.** Es el tipo más común de prótesis, cuyo nombre genérico es *audífono*. Se trata de un dispositivo electroacústico que entrega una señal acústica, previamente procesada, en el tímpano. La

aplicación de otro tipo de prótesis se restringe a aquellos casos en que la estimulación por vía aérea no es posible.

**Prótesis de estimulación por vía ósea.** Estimulan a través de la aplicación de un vibrador en el hueso mastoides. El principio en que se basan es la transmisión de las ondas por vía ósea (craneal) hasta la cóclea, donde podrán ser descodificadas y conducidas hasta el cerebro. Los vibradores pueden aplicarse por encima de la piel (sujetos a una varilla de gafa), o directamente implantados en el hueso (para ello se requiere una intervención quirúrgica). Son causas de aplicación las malformaciones genéticas (p. ej., ausencia de conducto auditivo), otitis crónica, exceso de producción de cerumen, etc.

**Prótesis de estimulación por vía coclear.** También denominados implantes cocleares. Estimulan directamente a las fibras nerviosas que llegan hasta la cóclea. Por ello, proporcionan una estimulación eléctrica, a través de un haz de electrodos que se introducen en la cóclea mediante un acto quirúrgico, a través de los cuales se inyectan unas levisimas corrientes, suficientes para estimular las células nerviosas. Sólo son aplicables si la capacidad obedece a una disfunción total de la cóclea.

## Audífonos

La definición de audífono desde el punto de vista técnico podría ser la siguiente: «Un audífono es un dispositivo electroacústico cuya función es compensar la pérdida de audición mediante excitación en el oído externo (tímpano) con una señal acústica amplificada y procesada previamente de forma eléctrica».

Para poder realizar dichas funciones, el audífono debe componerse de las siguientes etapas:

1. *Transducción de entrada.* Esta etapa realiza típicamente la conversión de onda acústica a señal eléctrica. El dispositivo que realiza dicha función es el micrófono. Sin embargo, para situaciones en que las condiciones acústicas ambientales son desfavorables se utilizan otro tipo de transductores.

2. *Procesado de la señal eléctrica.* Es la etapa que modifica la señal acústica, previamente convertida a eléctrica por el transductor de entrada, de forma que adapte sus características tanto frecuenciales como de amplitud a las necesidades del usuario del audífono.

3. *Transducción de salida.* Esta etapa realiza típicamente la conversión de onda eléctrica, previamente modificada por el procesador, a señal acústica. El dispositivo que más realiza dicha función es el auricular. Sin embargo, algunos pacientes precisan de la estimulación acústica por medio sólido, es decir, vibración. A estos pacientes se les acopla un vibrador al hueso temporal del cráneo. De esta forma las vibraciones son conducidas directamente al oído interno (cóclea) provocándose la correspondiente sensación acústica. Esta solución se aplica en pacientes que, por diversas causas, no pueden

tolerar la invasión del conducto auditivo por el molde adaptador (p. ej., excesiva segregación de cerumen, otitis crónica, exceso de vellosidad en el conducto, etc.).

4. *Regulación por parte del audioprotesista.* El audioprotesista debe disponer de controles a través de los cuales modificar la respuesta del audífono a fin de adecuarla a las necesidades del paciente.

Cuando hablamos de ajuste analógico significa que dichas regulaciones se realizan mediante resistencias variables incorporadas en el propio audífono (*trimmers*). A finales de los años ochenta se introdujeron los primeros audífonos con control digital. Ello significaba que en lugar de realizarse los ajustes de las características del audífono a través de resistencias variables, éstos se realizaban mediante un programador digital externo.

5. *Regulación por parte del usuario.* El usuario debe disponer de algún tipo de control sobre el funcionamiento del audífono: a) control del volumen; b) cambio de programa, y c) selector de transductor de entrada.

Dichas regulaciones pueden ser accesibles por parte del usuario: a) directamente en el audífono, y b) mediante mando a distancia.

6. *Alimentación (pila o acumulador).* La alimentación es un factor muchas veces olvidado por obvio, pero de crucial importancia. La alimentación es, por tanto, necesaria para que todo lo descrito anteriormente pueda funcionar. Por ello, será muy importante la calidad de la pila, es decir, su estabilidad en tensión. La falta de calidad en este sentido puede provocar efectos acústicos indeseados, como distorsión, zumbidos y oscilaciones.

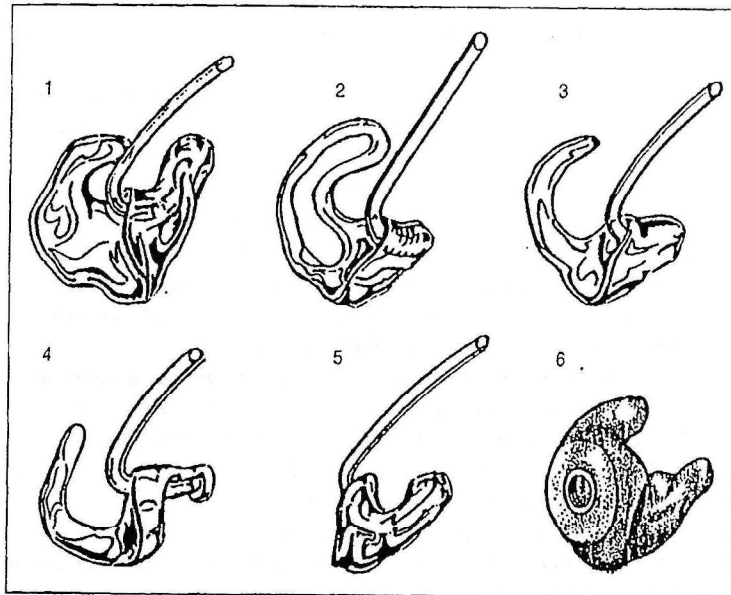
7. *Molde adaptador.* Para poder adaptar la salida acústica del audífono al conducto auditivo del paciente será necesario realizar un molde anatómico con las formas del mismo, que tenga un orificio interno capaz de canalizar la onda acústica hasta el interior del conducto (fig. 13-3).

## El micrófono

El micrófono convierte las ondas sonoras en señales eléctricas. El micrófono «electret» es el tipo utilizado más comúnmente. Es un tipo especial de micrófono a condensador que tiene incorporado un preamplificador de bajo nivel de ruido. El micrófono «electret» tiene una respuesta frecuencial suave y una sensibilidad reducida a las vibraciones mecánicas, lo que reduce el riesgo de *feed-back* acústico.

Los micrófonos pueden ser omnidireccionales o unidireccionales. La mayoría de los micrófonos utilizados en los audífonos son omnidireccionales, en el sentido de que todos los sonidos son recibidos de todas las direcciones con casi la misma sensibilidad.

Para mejorar la distinción de la palabra en un ambiente ruidoso, se puede utilizar, en los retroauriculares, un micrófono direccional, de forma que las señales que vienen desde atrás serán atenuadas mejorando de esta forma la habilidad del usuario para enfocar sobre la fuente sonora frontal. En ambientes con reverberaciones, el micrófono direccional disminuirá su eficacia.



>>>> Fig. 13-3 Distintos tipos de moldes anatómicos para adaptar el audífono al conducto auditivo.

### El amplificador

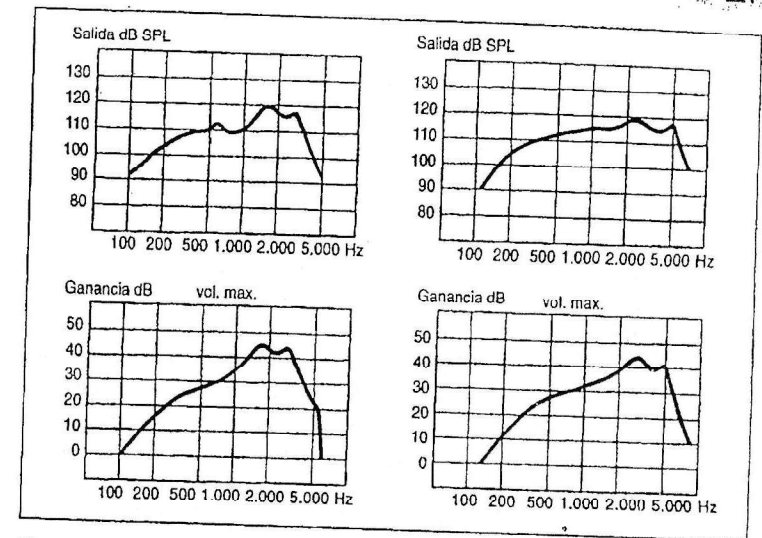
Las señales del micrófono o de la bobina inductiva son conducidas al amplificador. En éste la señal de baja energía que proviene de los transductores se transforma en una señal eléctrica potente que se transfiere al auricular del audífono.

### El auricular (altavoz)

El auricular convierte las señales eléctricas en ondas sonoras. Existen diferentes tipos de auriculares, tanto en cuanto a tamaño como en cuanto a rendimiento. Generalmente, el tamaño determina la sensibilidad y la salida máxima del auricular. Utilizando un filtro acústico, la respuesta y el rango frecuencial pueden modificarse (fig. 13-4).

### La pila

Existen en el mercado pilas de diferentes tipos y tamaños. Las pilas de cinc/aire son, con mucho, el tipo más usado. Estas pilas tienen una alta densidad de energía, son económicas y cuando se tiran después de su uso tienen poco impacto en el medio ambiente.



>>>> Fig. 13-4 Salida máxima y respuesta frecuencial de un audífono con auriculares normales (izquierda) y de banda ancha (derecha).

La capacidad se mide en miliamperios por hora (mAh). Por ejemplo, si una pila de una capacidad de 100 mAh se usa en un audífono con un consumo de energía de 1 mA, durará aproximadamente 100 h. El consumo, en los amplificadores modernos, depende de la salida máxima producida por el audífono. Por ello, el consumo de energía no siempre se puede especificar con exactitud.

### Regulación por parte del audioprotesista

La mayoría de los modelos de audífonos tienen facilidad de ser ajustados de acuerdo con la pérdida individual. Estas facilidades, que varían desde conmutadores y potenciómetros hasta memorias digitales controladas por ordenador, se usan para ajustar, por ejemplo, el nivel de amplificación en los tonos graves o agudos, salida máxima, ganancia máxima y comprensión (control automático de la ganancia [AGC] en siglas inglesas).

### Ganancia prefijada

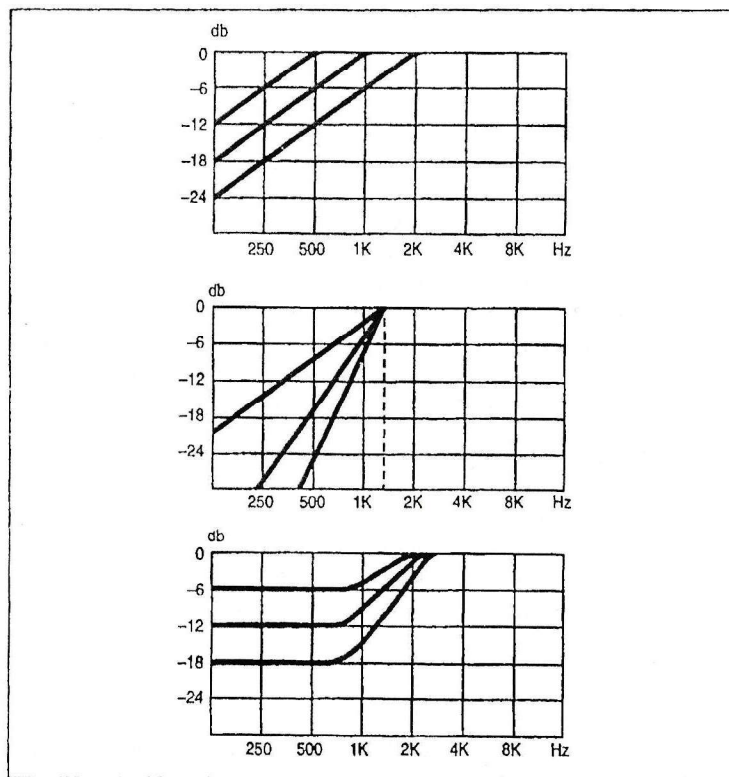
El audífono frecuentemente tiene un control de ganancia prefijada, que permite una reducción de la ganancia máxima de hasta 20 dB. La ganancia prefijada se ajusta a una posición que proporcione al usuario un rango adecuado del volumen. El control de ganancia prefijada también se utiliza para reducir la ganancia máxima a fin de evitar el riesgo de *feed-back* (pitido). Esta función puede ser útil para los niños o para aquellos que tengan dificultades en ajustar su control de volumen.

## FILTROS

### Filtro de corte de graves

El filtro de corte de graves se utiliza para reducir la amplificación en las bajas frecuencias (fig. 13-5). Este filtro se usa si la persona con pérdida auditiva presenta audición normal o casi normal en las bajas frecuencias, o tiene problemas de audición en ambientes ruidosos. Hay diferentes grados de pendiente de filtros, desde pendientes de 6 dB por octava en un filtro pasivo tradicional de primer orden, hasta 12, 18 o 24 dB por octava en un filtro activo (que contiene un amplificador). Existen filtros especiales de tono con pendiente variable.

La mayoría de las personas hipoacúsicas presentan una pérdida auditiva debido al proceso de envejecimiento (presbiacusia). Oyen las bajas frecuencias sin problemas especiales, pero tienen una audición deficiente en las altas frecuencias. Por ello, para compensar este tipo de pérdidas, se ha diseñado un filtro especial, el filtro IPA (*Inverse Presbycusis Adaptation*).



>>>>> Fig. 13-5 Filtros de corte de graves: A, con diferentes frecuencias de cortes; B, con diferentes pendientes, y C, respuesta frecuencial del filtro IPA (*Inverse Presbycusis Adaptation*).

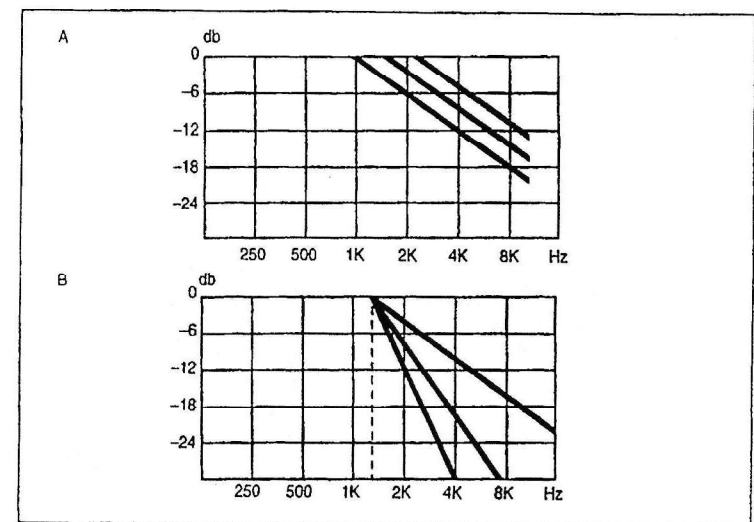
### Filtro de corte de agudos

El filtro de corte de agudos (fig. 13-6) se utiliza para reducir la amplificación de las altas frecuencias, normalmente por encima de los 1.000 Hz. Esta reducción también es útil para reducir el riesgo de *feed-back* acústico en los que presentan una pérdida intensa. Además, el filtro puede ser útil en los usuarios que llevan el audífono por primera vez, para atenuar las altas frecuencias. Este tipo de ajuste suele ser el preferido por aquellos que empiezan a usar un audífono. Después de un tiempo, el usuario se acostumbrará, lo que permitirá modificar la respuesta del filtro de corte de agudos para incrementar la amplificación de las altas frecuencias.

### Controles de salida y control automático de la ganancia (AGC)

La amplificación de un audífono debería estar ajustada de una manera que permita que el sonido amplificado sea audible sin que esté a un volumen inconfortable. Si el sonido es demasiado alto a cierta frecuencia, el usuario puede bajar el nivel de volumen hasta un punto en el que la ganancia en otras frecuencias sea insuficiente.

El máximo nivel de sonido que puede producir un determinado audífono se suele denominar como nivel de salida máxima del aparato en cuestión. Si el nivel es demasiado elevado para el usuario, debe ser reducido. El control de salida y el de comprensión se utilizan para realizar estos ajustes.



>>>>> Fig. 13-6 Respuesta de frecuencia del filtro de corte de agudos. A, ajuste de la frecuencia de corte, y B, ajuste de la pendiente.