

FP SANIDAD

G.S. AUDIOLOGÍA PROTÉSICA

# CARACTERÍSTICAS ANATOMOSENSORIALES AUDITIVAS

María del Sagrario Heredia Pereira

Cuarta edición

Complementos digitales 

  
EDITORIAL  
SÍNTESIS

# C Características anatomosensoriales auditivas

M.<sup>a</sup> del Sagrario Heredia Pereira  
(cuarta edición)



#### AGRADECIMIENTOS

Interacoustics, Natus / Otometrics, PATH Medical GmbH  
En memoria del profesor D. Luis Suances García-Consuegra, querido compañero D.E.P.

© María del Sagrario Heredia Pereira

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.  
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid  
Teléfono 91 593 20 98  
[www.sintesis.com](http://www.sintesis.com)

ISBN: 978-84-1357-495-0  
Depósito Legal: M-12.035-2026

Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

# ÍNDICE

Prólogo .....	12
---------------	----

## PARTE I

### Anatomía y fisiopatología de la audición y del equilibrio

#### **1. Características anatómicas del aparato auditivo y vestibular** **RA1**

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	16
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	16
Mapa conceptual .....	17
Glosario .....	18
Punto de partida .....	19
1.1. Introducción .....	20
1.2. Anatomía del oído .....	22
1.2.1. Anatomía del oído externo .....	23
1.2.2. Anatomía del oído medio .....	25
1.2.3. Anatomía del oído interno .....	32
1.2.4. Vía auditiva y vía vestibular .....	34
Ideas clave .....	41
Aplica lo aprendido .....	42
Solución del punto de partida .....	44
Práctica profesional .....	45
Ponte a prueba .....	46

#### **2. Características fisiológicas del aparato auditivo y vestibular** **RA1**

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	48
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	48
Mapa conceptual .....	49
Glosario .....	50
Punto de partida .....	50

2.1. Introducción .....	52
2.2. Fisiología auditiva .....	52
2.2.1. El papel del oído externo y medio: transmisión del sonido, ganancia frecuencial y adaptación de impedancia .....	53
2.2.2. Mecanismo de protección: el reflejo acústico facial .....	57
2.2.3. El oído interno: de energía mecánica a eléctrica .....	59
2.3. Fisiología del equilibrio .....	68
2.3.1. Órganos vestibulares. Función de equilibrio .....	68
2.3.2. Integración de las aferencias vestibulares. Reflejo vestíbulo ocular y reflejo vestíbulo espinal .....	70
Ideas clave .....	76
Aplica lo aprendido .....	77
Solución del punto de partida .....	78
Práctica profesional .....	80
Ponte a prueba .....	82

### 3. Patología del aparato auditivo: oído externo y oído medio

RA1

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	84
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	84
Mapa conceptual .....	85
Glosario .....	86
Punto de partida .....	86
3.1. Introducción .....	87
3.2. Patología del oído externo .....	88
3.2.1. Malformaciones congénitas del oído externo .....	88
3.2.2. Síndromes asociados a malformaciones del oído externo .....	90
3.2.3. Patología adquirida del oído externo .....	90
3.3. Patología del oído medio .....	94
3.3.1. Malformaciones congénitas del oído medio .....	94
3.3.2. Síndromes asociados a malformaciones del oído medio .....	94
3.3.3. Patología adquirida del oído medio .....	96
3.4. Hallazgos otoscópicos, y audiológicos en patología de oído externo y oído medio que cursa con pérdida auditiva transmisiva .....	102
Ideas clave .....	109
Aplica lo aprendido .....	110
Solución del punto de partida .....	111
Práctica profesional .....	113
Ponte a prueba .....	118

## 4. Patología del aparato auditivo: oído interno.

### Hipoacusia neurosensorial en el adulto. Vértigo vestibular periférico

RA1

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	120
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	120
Mapa conceptual .....	121
Glosario .....	122
Punto de partida .....	123
4.1. Introducción .....	124
4.2. Patologías del oído interno que causan hipoacusia neurosensorial coclear .....	125
4.2.1. Malformaciones congénitas del oído interno con afectación coclear .....	126
4.2.2. Alteraciones genéticas que causan hipoacusia coclear. ....	130
4.2.3. Patología adquirida con afectación coclear .....	137
4.3. Patología del oído interno que causa hipoacusia neurosensorial retrococlear .....	138
4.3.1. Malformaciones congénitas del oído interno con afectación retrococlear. ....	139
4.3.2. Alteraciones genéticas que causan hipoacusia retrococlear. ....	140
4.3.3. Patología adquirida con afectación retrococlear .....	141
4.4. Hipoacusia neurosensorial en el adulto .....	142
4.4.1. Hipoacusia sensorial por afectación coclear .....	145
4.4.2. Hipoacusia sensorial por afectación retrococlear .....	160
4.5. Alteración del procesamiento auditivo central .....	165
4.6. Patología del aparato vestibular. Vértigo vestibular periférico .....	167
Ideas clave .....	169
Aplica lo aprendido .....	170
Solución del punto de partida .....	171
Práctica profesional .....	172
Ponte a prueba .....	175

## PARTE II

### Exploraciones y pruebas audiológicas en adultos

## 5. Conceptos básicos en audiolgía

RA1, RA2

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	178
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	178
Mapa conceptual .....	179
Glosario .....	180
Punto de partida .....	181
5.1. Introducción .....	182

5.2. Terminología usada en psicoacústica .....	185
5.2.1. Conceptos básicos del sonido .....	186
5.2.2. Conversión entre dB SPL y dB HL .....	188
5.2.3. ¿Qué es RETSPL? .....	191
5.2.4. ¿Cuál es la relación entre dB SPL, dB HL y RETSPL .....	193
5.3. dB HL vs. dB SPL: ¿cómo se implementan en un audiograma? .....	194
5.3.1. El audiograma clínico (dB HL) .....	195
5.3.2. Audiograma físico (dB SPL) y conversión de escalas .....	196
5.4. Terminología usada en las pruebas audiológicas .....	197
5.5. Clasificación de la hipoacusia .....	205
5.5.1. Clasificación según la localización de la lesión .....	208
5.5.2. Clasificación según evolución .....	211
5.5.3. Clasificación según la edad en relación con la adquisición del lenguaje .....	212
5.5.4. Clasificación atendiendo al grado de pérdida auditiva .....	212
5.6. Cálculo de la pérdida auditiva .....	212
Ideas clave .....	221
Aplica lo aprendido .....	222
Solución del punto de partida .....	223
Práctica profesional .....	224
Ponte a prueba .....	226

## 6. Exploración clínica del oído. Exploración funcional de la audición: acimetría

**RA2**

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	228
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	228
Mapa conceptual .....	229
Glosario .....	230
Punto de partida .....	230
6.1. Introducción .....	231
6.2. Inspección y palpación .....	232
6.3. Otoscopia .....	237
6.3.1. Otoscopia neumática .....	242
6.4. Exploración del oído medio: la trompa de Eustaquio .....	244
6.4.1. Maniobra de Valsalva .....	244
6.4.2. Maniobra de Toynbee .....	244
6.4.3. Prueba de Politzer .....	244
6.5. Exploración con pruebas de imagen .....	245

6.6. Acumetría .....	246
6.6.1. Prueba de Rinne .....	249
6.6.2. Prueba de Weber .....	251
Ideas clave .....	256
Aplica lo aprendido .....	257
Solución del punto de partida .....	259
Práctica profesional .....	262
Ponte a prueba .....	264

## 7. Exploración funcional de la audición. Pruebas subjetivas I: audiometría tonal

RA2

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	266
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	266
Mapa conceptual .....	267
Glosario .....	268
Punto de partida .....	269
7.1. Introducción .....	270
7.2. Audiometría tonal liminar .....	275
7.2.1. Consideraciones previas a la realización de la prueba .....	279
7.2.2. Procedimiento para la audiometría tonal liminar por vía aérea .....	281
7.2.3. Procedimiento para la audiometría tonal liminar por vía ósea .....	285
7.2.4. Enmascaramiento en ATL .....	288
7.2.5. Técnica de enmascaramiento de la meseta de Hood .....	295
7.2.6. Audiogramas con símbolos de umbrales de <i>masking</i> , tras realizar la técnica de enmascaramiento .....	303
7.3. Audiometría extendida a alta frecuencia .....	304
7.4. Audiometría automática de Békésy .....	306
7.5. Audiometría supraliminar .....	306
7.5.1. Estudio del reclutamiento .....	307
7.5.2. Estudio de la adaptación auditiva patológica y la fatiga auditiva .....	311
7.5.3. Otras pruebas para el estudio de las lesiones cocleares o retrococleares .....	316
Ideas clave .....	320
Aplica lo aprendido .....	321
Solución del punto de partida .....	322
Práctica profesional .....	323
Ponte a prueba .....	326

## 8. Exploración funcional de la audición. Pruebas subjetivas II: audiometría verbal

RA2

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	328
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	328
Mapa conceptual .....	329
Glosario .....	330
Punto de partida .....	330
8.1. Introducción .....	331
8.2. Audiometría verbal .....	332
8.3. Prueba de umbral .....	334
8.3.1. Umbral de detección verbal .....	334
8.3.2. Umbral de recepción verbal .....	335
8.4. Pruebas de supraumbral .....	336
8.4.1. Pruebas de inteligibilidad del habla .....	337
8.4.2. Umbral confortable para el habla .....	348
8.4.3. Umbral de molestia para el habla .....	349
8.5. Enmascaramiento en las pruebas verbales .....	350
8.5.1. Reglas para enmascaramiento verbal .....	351
8.5.2. Técnica de <i>masking</i> en audiometría verbal durante la prueba de umbral .....	353
8.5.3. Técnica de <i>masking</i> en audiometría verbal durante la prueba de inteligibilidad del habla .....	355
8.6. Otras pruebas verbales .....	356
8.6.1. Test de palabras frágiles .....	356
8.6.2. Test de rasgos distintivos .....	358
Ideas clave .....	360
Aplica lo aprendido .....	361
Solución del punto de partida .....	362
Práctica profesional .....	364
Ponte a prueba .....	366

## 9. Exploración funcional de la audición. Pruebas objetivas

RA2

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	368
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	368
Mapa conceptual .....	369
Glosario .....	370
Punto de partida .....	371
9.1 Introducción .....	372

9.2. Impedanciometría .....	373
9.2.1. Timpanometría .....	375
9.2.2. Reflejo estapedial .....	385
9.2.3. Reflex decay test o test de fatiga del reflejo estapedial .....	391
9.2.4. Valoración de la trompa de Eustaquio .....	392
9.3. Otoemisiones acústicas .....	393
9.3.1. Antecedentes .....	393
9.3.2. Significado de las otoemisiones acústicas .....	393
9.3.3. Utilidad clínica y diagnóstica de las otoemisiones acústicas .....	394
9.3.4. Clasificación de las otoemisiones acústicas .....	395
9.3.5. Técnica de medida de otoemisiones .....	397
9.4. Potenciales evocados auditivos .....	400
9.4.1. Utilidad de los potenciales evocados auditivos .....	401
9.4.2. Clasificación de potenciales evocados auditivos .....	401
9.4.3. Electrocolegografía .....	402
9.4.4. Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral .....	403
9.4.5. Potenciales evocados auditivos de estado estable (PEAee) .....	409
Ideas clave .....	412
Aplica lo aprendido .....	413
Solución del punto de partida .....	415
Práctica profesional .....	418
Ponte a prueba .....	419

### PARTE III

## Audiología infantil

<b>10. Audiología infantil</b> .....	<b>RA3</b>
Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	422
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	422
Mapa conceptual .....	423
Glosario .....	424
Punto de partida .....	424
10.1. Introducción .....	425
10.2. Características del desarrollo cognitivo y del lenguaje en la infancia .....	430
10.3. Signos de sospecha de hipoacusia infantil .....	431
10.4. Audiología infantil I: exploración clínica .....	435

10.4.1. Exploración clínica .....	435
10.4.2. Estudios de imagen .....	438
<b>10.5. Estudios genéticos .....</b>	<b>438</b>
<b>10.6. Audiología infantil II: exploración audiológica objetiva .....</b>	<b>441</b>
10.6.1. Timpanometría. Reflejo estapedial .....	442
10.6.2. Otoemisiones acústicas .....	442
10.6.3. Potenciales evocados auditivos de tronco cerebral .....	443
10.6.4. Potenciales evocados auditivos de estado estable .....	444
<b>10.7. Audiología infantil III: exploración audiológica subjetiva .....</b>	<b>447</b>
10.7.1. Observación de la conducta del niño en respuestas al sonido .....	447
10.7.2. Pruebas de comportamiento audiométrico .....	449
<b>10.8. Prescripción de la prótesis auditiva .....</b>	<b>456</b>
10.8.1. Audífono .....	456
10.8.2. Implante coclear .....	456
10.8.3. Implante óseo .....	456
10.8.4. Principios de intervención temprana .....	457
10.8.5. Criterios actualizados para implantación coclear pediátrica .....	457
<b>10.9. Cribado auditivo neonatal .....</b>	<b>459</b>
<b>Ideas clave .....</b>	<b>463</b>
<b>Aplica lo aprendido .....</b>	<b>464</b>
<b>Solución del punto de partida .....</b>	<b>465</b>
<b>Práctica profesional .....</b>	<b>467</b>
<b>Ponte a prueba .....</b>	<b>469</b>

## PARTE IV

### Posibilidad de corrección de la pérdida auditiva

<b>11. Determinación de la posibilidad de corrección de pérdidas auditivas</b>	<b>RA4</b>
Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	472
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	472
Mapa conceptual .....	473
Glosario .....	474
Punto de partida .....	475
<b>11.1. Introducción .....</b>	<b>476</b>
<b>11.2. Características anatomosenoriales del usuario: características audiológicas de la hipoacusia de transmisión. Oído externo y medio .....</b>	<b>476</b>
11.2.1. Patologías que cursan con hipoacusia de transmisión .....	477

11.3. Características anatomosensoriales del usuario: características audiológicas de la hipoacusia neurosensorial .....	479
11.3.1. Patologías que cursan con hipoacusia neurosensorial .....	481
11.4. Determinación de las posibilidades de corrección de la pérdida auditiva .....	483
11.4.1. Características anatomosensoriales: ¿qué evaluar? .....	485
11.4.2. Soluciones protésicas actuales: indicaciones clínicas .....	485
11.4.3. Novedades recientes y tendencias .....	496
11.4.4. Otras ayudas técnicas .....	498
11.5. Interpretación clínica de los resultados audiológicos para decidir la corrección posible .....	501
11.5.1. Integración de la información audiológica .....	501
11.5.2. Evaluación de contraindicaciones .....	501
11.5.3. Interpretación clínica práctica .....	502
11.5.4. Decisión sobre la corrección .....	503
Ideas clave .....	504
Aplica lo aprendido .....	505
Solución del punto de partida .....	506
Práctica profesional .....	507
Ponte a prueba .....	508

## ÍNDICE DE COMPLEMENTOS DIGITALES

---

Complemento digital 1.1. Fundamentos para la historia clínica audioprotésica y desarrollo embrionario del oído
Complemento digital 1.2. Membrana timpánica
Complemento digital 2.1. Audífonos y contraindicaciones anatómicas y fisiológicas para la adaptación de una prótesis auditiva
Complemento digital 2.2. Las leyes de Ewald
Complemento digital 2.3. Fisiopatología de la hipoacusia relacionada con la disfunción del oído
Complemento digital 3.1. Patología general relacionada con la pérdida de audición o con la adaptación protésica y terminología básica
Complemento digital 4.1. Clasificación etiopatogénica de la hipoacusia neurosensorial
Complemento digital 4.2. ¿Sabías cómo se hereda la hipoacusia congénita de etiología genética?
Complemento digital 4.3. Recomendaciones clínicas y de práctica para monitorización audiológica de ototoxicidad

- Complemento digital 4.4. Patología del aparato vestibular. Vértigo vestibular periférico
- Complemento digital 5.1. Cálculo de pérdida de audición
- Complemento digital 6.1. Instrumental, calibración, anamnesis y normas de seguridad e higiene
- Complemento digital 6.2. Signos y síntomas de alerta en la inspección y palpación del oído
- Complemento digital 6.3. Ideas básicas acerca del estudio por imagen del oído
- Complemento digital 6.4. Pruebas de acumetría
- Complemento digital 7.1. Pruebas especiales en audiología
- Complemento digital 7.2. Condiciones de realización de las pruebas de audiometría.
  - El enmascaramiento en la audiometría subjetiva
- Complemento digital 7.3. Método de *masking* por fórmulas y ejemplos clínicos de su cálculo
- Complemento digital 7.4. Audiología laboral. Acufenometría
- Complemento digital 8.1. ¿Por qué la hiperacusia influye en la audiometría verbal?
- Complemento digital 9.1. Terminología empleada en pruebas de inmitancia
- Complemento digital 9.2. Conoce los patrones de posibles resultados en la prueba de reflejo estapedial ipsi y contralateralmente
- Complemento digital 10.1. Explorando cómo oyen los niños: técnica adecuada según edad y desarrollo
- Complemento digital 10.2. Desarrollo cognitivo infantil según Piaget

# 2

## Características fisiológicas del aparato auditivo y vestibular

### RESULTADO DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

**RA 1.** Describe las características anatomofisiológicas y patológicas generales y del aparato auditivo y vestibular interpretando prescripciones facultativas.

- a) Se han descrito las características anatómicas relacionadas.
- b) Se han precisado los mecanismos fisiológicos y sensoriales relacionados.
- c) Se han reconocido las patologías generales que influyan en la audición y en el equilibrio o que tengan repercusión en la adaptación protésica.
- d) Se han utilizado los términos médico-sanitarios básicos.
- f) Se han precisado los mecanismos fisiológicos y sensoriales del aparato auditivo.
- g) Se han precisado los mecanismos fisiológicos y sensoriales del aparato vestibular.
- j) Se ha interpretado la prescripción facultativa.
- k) Se han registrado los datos en la historia clínica audioprotésica.



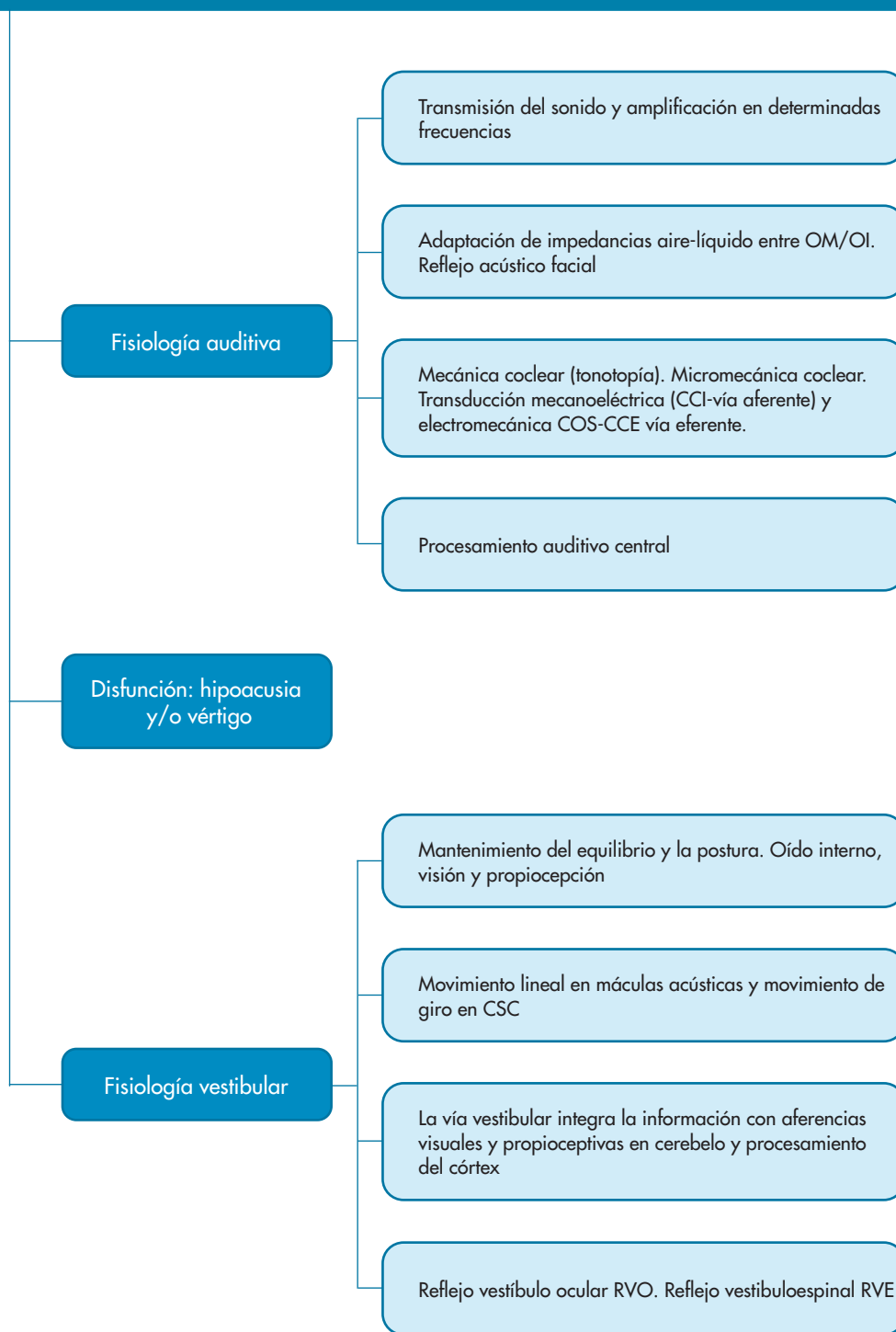
### Objetivos de Desarrollo Sostenible

En este capítulo se va a trabajar el ODS 4.



## MAPA CONCEPTUAL

## FISIOLOGÍA AUDITIVA Y VESTIBULAR





## GLOSARIO

- Adaptación de impedancias.** Función del oído medio que permite transmitir eficazmente la energía sonora desde el aire al líquido del oído interno, compensando la diferencia de impedancia acústica entre ambos medios.
- Amplificador microfónico coclear.** Mecanismo por el que las células sensoriales ciliadas externas (CCE) aumentan la intensidad de una señal sonora de baja energía.
- Codificación frecuencial.** Proceso mediante el cual diferentes frecuencias del sonido son representadas en la actividad eléctrica del sistema nervioso.
- Impedancia.** La impedancia acústica es la oposición total (resistencia y reactancia) que presenta el sistema auditivo a la transmisión del sonido. Se expresa normalmente en ohmios acústicos ( $\Omega$ ).
- Micromecánica coclear.** Conjunto de movimientos microscópicos del órgano de Corti que permiten la activación de las células sensoriales auditivas.
- Nistagmo.** Movimiento ocular rítmico con fase lenta y rápida, indicador fundamental de actividad o alteración vestibular.
- Otoneurología.** Subespecialidad de la neurología y la otorrinolaringología, se encarga del diagnóstico y tratamiento de trastornos que afectan a los sistemas auditivo y vestibular.
- Prestina.** Proteína las células ciliadas externas (CCE) responsable de su capacidad de contracción y amplificación coclear.
- Resonancia acústica.** Fenómeno por el cual se amplifica de manera natural ciertas frecuencias (por ejemplo, CAE en torno a 2000-4000 Hz).
- Sistema de integración multisensorial.** Procesamiento combinado de señales vestibulares, visuales y propioceptivas para mantener el equilibrio.
- Transducción.** Proceso por el cual la energía mecánica de las ondas sonoras se convierte en señales eléctricas en el sistema auditivo.
- Vértigo vestibular periférico.** El vértigo vestibular periférico (VVP) es un síntoma caracterizado por una sensación ilusoria de movimiento o giro (del propio cuerpo, del entorno o de ambos) que se origina por una alteración en las estructuras periféricas del sistema vestibular, es decir, en el oído interno (laberinto vestibular) o en el nervio vestibular antes de llegar a los núcleos vestibulares del tronco encefálico.

## PUNTO DE PARTIDA



### *Prescripción audiológica de una patología del oído con pérdida auditiva (2)*

Vamos a retomar el caso presentado en el punto de partida del capítulo 1, pero en esta ocasión profundizando en la causa fisiológica que explica la pérdida auditiva y en las soluciones audioprotésicas que permiten a las personas afectadas desenvolverse en su vida cotidiana con las mismas oportunidades de comunicación y participación que quienes tienen una audición normal.

A partir del informe clínico del paciente con sordera debida a un acueducto vestibular dilatado, elaborarás un resumen con conclusiones que valoren la causa fisiológica de la pérdida auditiva y las soluciones audioprotésicas recomendadas en la prescripción.

### *Fase 1. Investigación guiada*

Recuerda estos apartados:

- *Diagnóstico*: hipoacusia neurosensorial bilateral progresiva asociada a acueducto vestibular dilatado (AVD).
- *Prescripción facultativa (extracto)*: “se recomienda adaptación bilateral con audífonos retroauriculares potentes de respuesta amplia y programación que priorice la inteligibilidad en frecuencias agudas. Control audiológico cada seis meses por riesgo de fluctuación auditiva. Evitar deportes de impacto o cambios bruscos de presión que puedan agravar la pérdida auditiva”.

A partir de ahí:

- a) Investiga sobre la causa fisiológica que produce la hipoacusia en el caso de un AVD.
- b) Contacta con los proveedores y casa comerciales de productos de audioprótesis, o consultar en sus webs, para entender por qué se prescribe la prótesis auditiva del informe, y si hay impedimento fisiológico en el pabellón y CAE para adaptar ese tipo de prótesis auditiva.

Si escaneas los siguientes códigos QR, podrás acceder a distintas webs de proveedores de tipos de prótesis auditivas: Oticon (QR 1), Beltone (QR 2), Phonak (QR 3) y Auzen (QR 4). También puede leer una revisión de la patología, “Acueductos vestibulares dilatados y pérdida de audición” (QR 5).



### *Fase 2. Análisis de la información*

Con la información obtenida en la fase 1, redacta unas conclusiones sobre la causa fisiológica de la pérdida y las prótesis auditivas a elegir.

### *Fase 3. Resultados y conclusiones*

Prepara un resumen con conclusiones acerca del AVD para compartir las ideas en clase a tus compañeros.

## 2.1. Introducción

Comprender la fisiología de los sistemas auditivo y vestibular es esencial para interpretar las prescripciones facultativas. Además, permite vincular estos conocimientos con los hallazgos de las pruebas diagnósticas en esta área.

El sistema auditivo se encarga de la percepción del sonido, mientras que el sistema vestibular regula el equilibrio y la orientación espacial. La disfunción de cualquiera de estos sistemas puede manifestarse a través de síntomas como pérdida de audición, vértigo, mareo o *tinnitus*.



### IMPORTANTE



El ODS 4: Educación de calidad, tiene como uno de sus objetivos “de aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento”. Los gobiernos tienen la responsabilidad de fomentar la formación técnica de los futuros estudiantes, también en el funcionamiento de la audición y el equilibrio, que son clave para interpretar correctamente las pruebas audiológicas.

Por lo tanto, el estudio de la anatomía y de la fisiología auditiva y vestibular es la base para descifrar y aplicar adecuadamente la evaluación en otoneurología y en el tratamiento audioprotésico, ayudando a reconocer las patologías otológicas o las generales que influyan en la audición y en el equilibrio o que tengan repercusión en la adaptación protésica.



### COMPLEMENTO DIGITAL 2.1

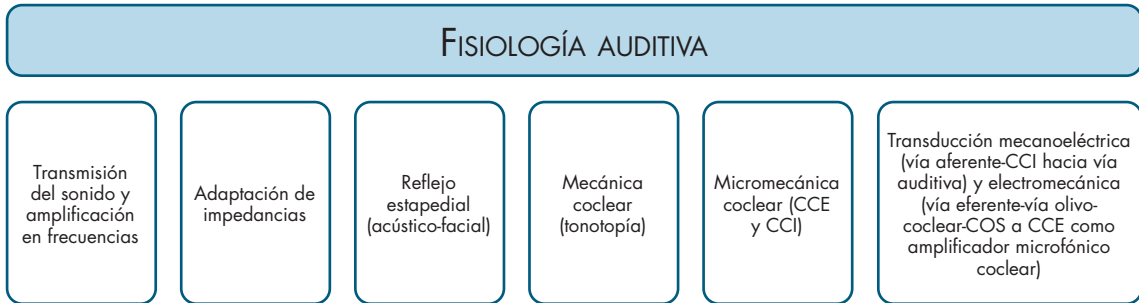
#### *Audífonos y contraindicaciones anatómicas y fisiológicas para la adaptación de una prótesis auditiva*

¿Qué es un audífono? ¿Cuáles son contraindicaciones anatómicas y fisiológicas que pueden impedir o limitar la adaptación de una prótesis auditiva? Para leer la respuesta a estas preguntas, accede a la estantería digital en la web de Síntesis ([www.sintesis.com](http://www.sintesis.com)) con el código de la página 11 de este libro.

## 2.2. Fisiología auditiva

En el contexto del rango de audición, el ser humano puede percibir sonidos que, generalmente van de entre 20 Hz y 20 000 Hz. Sin embargo, en el contexto de la audiología clínica, la evaluación audiológica se centra en las frecuencias de 125 Hz a 8 000 Hz de forma general, ya que este rango es crucial para la discriminación del habla, llegando a investigar en determinadas pruebas audiométricas altas frecuencias.

Estos aspectos funcionales de la audición se integran dentro de la fisiología auditiva, que comprende distintos mecanismos de transmisión, amplificación y transducción del sonido (figura 2.1).

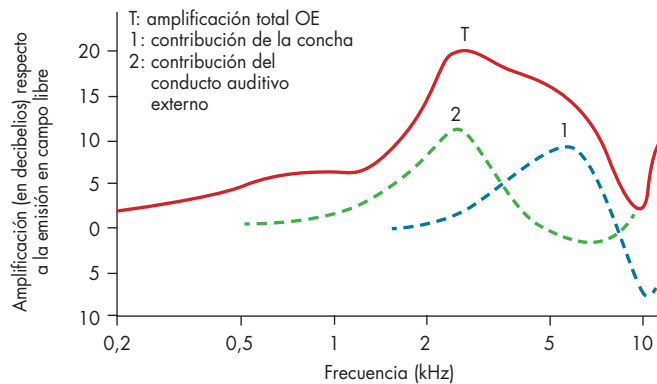


**Figura 2.1.** Ideas clave en la fisiología auditiva.

### 2.2.1. El papel del oído externo y medio: transmisión del sonido, ganancia frecuencial y adaptación de impedancia

El oído externo y el oído medio trabajan en conjunto para transmitir las vibraciones sonoras hacia el oído interno. El oído externo recoge y dirige las ondas sonoras hacia el tímpano, amplificando ciertas frecuencias, mientras que el oído medio, a través de la cadena de huesecillos y la membrana timpánica, las transmite al oído interno, amplifica determinadas frecuencias, actúa como filtro auditivo y aporta ventilación aérea a las cavidades timpánicas mediante la trompa de Eustaquio, equilibrando la presión que permite una adecuada audición.

El oído externo (pabellón auricular y conducto auditivo externo) capta la onda de sonido del exterior y la dirige hacia el oído medio. Actúa además como un resonador acústico que refuerza selectivamente ciertas frecuencias amplificando de forma pasiva la energía del estímulo sonoro. El conducto auditivo externo, por su longitud media de unos 2,5 cm, funciona como un tubo cerrado en un extremo. Esto provoca una resonancia natural en torno a 2 000 y 4 000 Hz, con un pico máximo de amplificación alrededor de 3 000 Hz, con una ganancia de unos 10-15 dB, lo que mejora la audición de los sonidos del habla (figura 2.2).



**Figura 2.2.** Amplificación (en dB) conseguida al pasar el estímulo sonoro por las estructuras del oído externo.

Una función clave del oído medio es actuar como un adaptador de impedancias. Este mecanismo es vital, ya que el sonido viaja a través del aire de baja impedancia en el oído externo y medio que debe ser transferido desde el oído medio a los líquidos cocleares de alta impedancia. Este proceso evita que el sonido se refleje en la interfase aire-líquido y se pierda energía.

Los elementos que realizan esta adaptación son:

- La membrana timpánica y la cadena de huesecillos (por su relación de áreas tímpano-ventana oval y el juego de palancas martillo-yunque).
- La membrana timpánica gracias a su forma cónica, su tensión y su modo de vibrar amplifica ciertas frecuencias.
- El juego de ventanas, que completa la transmisión hidráulica: la ventana oval (VO) introduce la onda en el líquido coclear y la ventana redonda (VR) se mueve en sentido opuesto a la VO para permitir el desplazamiento de la perilinfa dentro de la cóclea (ya que el líquido es incompresible, esta descompresión de la perilinfa “empujando” la VR hacia el OM, permite el desplazamiento y la transmisión de la onda de sonido a través de las moléculas del líquido coclear, generando la onda viajera en la cóclea).

Estos mecanismos amplifican la energía acústica, que puede alcanzar hasta 30 dB (véanse cuadros 2.1 y 2.2).

**CUADRO 2.1** Amplificación (en dB) conseguida al pasar el estímulo sonoro por las estructuras del oído externo

Estructura	Efecto	Rango de frecuencias (aprox.)	Ganancia (dB)
Pabellón auricular (concha, pliegues)	Refleja y dirige el sonido hacia el CAE, especialmente para localización vertical	3-6 kHz	+3 a +5 dB
Conducto auditivo externo	Resonancia de tipo tubo cerrado en un extremo	2-4 kHz (máx. ~3 kHz)	+10 a +15 dB
Combinación pabellón + CAE	Efecto total	2-5 kHz	+15 a +20 dB (pico alrededor de 3 kHz)

La ganancia coincide con el rango de máxima sensibilidad del oído humano (2-4 kHz), que incluye las frecuencias críticas del habla (consonantes, inteligibilidad)

**CUADRO 2.2.** Ganancia del oído medio como adaptador de impedancia

Factor de amplificación	Ganancia (dB aprox.)
Relación de áreas (tímpano/ventana oval)	20-25 dB
Efecto palanca martillo-yunque	2-3 dB
Resonancia/curvatura de la membrana timpánica	~2 dB
Ganancia total combinada	~28-30 dB



## RECUERDA

El oído externo (pabellón auricular y conducto auditivo externo) actúa como un sistema de amplificación pasiva para los sonidos que llegan a la membrana timpánica.

La acción conjunta de estas estructuras produce una ganancia total:

- Aproximadamente 10 a 20 dB de aumento de la presión sonora en el tímpano, en comparación con el sonido en campo libre.
- El valor medio más citado es de ~15 dB.

La amplificación no es igual para todas las frecuencias:

- El conducto auditivo externo funciona como un tubo resonante abierto en un extremo (longitud media  $\approx 2,5$  cm).
- La frecuencia fundamental de resonancia se calcula según su longitud ( $f \approx 3,4$  kHz para 2,5 cm), con picos que pueden variar según la anatomía individual.

El sistema formado por el conducto auditivo externo y la membrana timpánica actúa como una cámara de resonancia que amplifica las frecuencias entre 2 000 y 4 000 Hz, aproximadamente. Estas frecuencias coinciden con la zona donde se concentran los sonidos más importantes para la inteligibilidad del habla (especialmente consonantes como /s/, /f/, /t/).

Esta amplificación natural menoscaba la audición de sonidos de baja frecuencia (menos relevantes para el habla) y optimiza la percepción del lenguaje.

Por ello, la adaptación de impedancias es el proceso por el cual el oído medio compensa la diferencia de resistencia al paso de la energía sonora entre dos medios distintos: el aire (baja impedancia) y la linfa coclear (alta impedancia). Sin esta adaptación, más del 90 % de la energía acústica se perdería al pasar del aire al líquido.

El sistema tímpano-oscular (membrana timpánica y huesecillos), diferencia de áreas de la MT/VO y el mecanismo de juego de ventanas), funciona como un transformador mecánico que aumenta la presión sonora (~30 dB), permitiendo una transmisión eficaz hacia el oído interno.



## ACTIVIDADES PROPUESTAS

- 2.1. Explica los procesos de adaptación de la impedancia que realiza el oído medio para conseguir una transmisión del sonido eficaz desde el aire de la caja del tímpano hacia la perilinfa del oído interno.
- 2.2. ¿El CAE junto con la MT amplifican determinadas frecuencias en su función de la transmisión del sonido? Explícalo brevemente.

**2.3.** Imagina que el pabellón auricular y el canal auditivo externo actúan como una antena y un embudo para las ondas sonoras. No solo las recogen, sino que también las enfocan y amplifican de manera selectiva:

1. Calcula la ganancia en decibelios (dB) que proporciona el oído externo. Para ello, considera un sonido que tiene una intensidad de 65 dB al entrar al pabellón auricular y que, debido a la amplificación natural, llega al tímpano con una intensidad de 75 dB. ¿Cuál es la ganancia en dB?
2. ¿Qué frecuencias son las que se amplifican más eficazmente por este mecanismo y por qué?

El sistema neumático del temporal está formado por las celdillas mastoideas y otras cavidades del hueso temporal que se comunican con la cavidad timpánica. Sus funciones son:

- *Amortiguación de presión:* actúa como reserva de aire que ayuda a mantener la presión del oído medio constante.
- *Protección acústica:* atenúa cambios bruscos de presión sonora y vibraciones.
- *Aislamiento térmico:* ayuda a proteger el oído interno de variaciones rápidas de temperatura.

El grado de neumatización varía entre individuos y aumenta con el desarrollo postnatal.

Como ya se dijo en el capítulo anterior, la trompa de Eustaquio (TE) comunica el oído medio con la nasofaringe. Funciones principales: ventilación, igualación de presión y drenaje de la cavidad timpánica. La TE regula la entrada y salida de aire hacia las celdillas mastoideas, manteniendo la presión estable en el sistema neumático del temporal.

Cuando la TE se abre (deglución, bostezo), el aire puede entrar o salir de la cavidad timpánica, presurizando o despresurizando el sistema neumático. Esto asegura que la membrana timpánica y la cadena de huesecillos funcionen de manera óptima, facilitando la transmisión sonora y protegiendo al oído interno frente a cambios bruscos de presión.



### CASO PRÁCTICO 2.1

Una paciente de 35 años con audición normal acude al gabinete para hacerse un tapón de baño personalizado, ya que practica natación regularmente. El audioprotesista realiza el tapón de silicona a medida y, una vez colocado, decide comprobar su hermeticidad y el efecto acústico dentro del conducto auditivo externo (CAE) mediante una prueba denominada REM, medidas en oído real.

Para leer acerca de las pruebas REM, tienes información en un artículo de la revista *Gaceta Audio* acerca de la prueba REM y para que se emplea en los gabinetes de audiolgía (QR 1) y explicaciones sobre cómo se realiza de *Hearing Up* e *Interacoustics* (QR 2 y QR 3).



Al realizar la medición, el alumno observa que:

- Con el oído abierto, la curva de respuesta muestra los picos naturales de amplificación del CAE (alrededor de 2 500-3 000 Hz).
- Al colocar el tapón y comprobar la estanqueidad, esos picos desaparecen y la curva muestra una caída de intensidad en frecuencias medias-altas y un incremento de presión en bajas frecuencias, especialmente si la oclusión es total.

Responde a estas preguntas:

1. ¿Por qué desaparece la amplificación natural del CAE cuando el tapón sella completamente el conducto?
2. ¿Qué fenómeno acústico se produce dentro del CAE ocluido y cómo afecta a la percepción de la propia voz?
3. ¿Cómo diferiría este efecto si, en lugar de un tapón de baño, se tratara de un molde ventilado para un audífono retroauricular?
4. ¿Qué implicaciones tendría esta observación para la adaptación protésica en usuarios que refieren sensación de “eco” o “voz retumbante”?

### 2.2.2. Mecanismo de protección: el reflejo acústico facial

Cuando el sonido es excesivamente intenso, se activa un mecanismo de protección en el oído, conocido como reflejo acústico facial o reflejo estapedial. Este reflejo provoca la contracción del músculo del estribo, que está inervado por una rama motora del nervio facial (VII par craneal). Al contraerse, el músculo reduce la vibración transmitida a la cóclea, protegiendo al oído interno de posibles daños.

Este reflejo puede evaluarse clínicamente con pruebas de impedanciometría que miden la movilidad (compliance) de la membrana timpánica y la efectividad del reflejo estapedial en modificar esa compliance. La evaluación del reflejo estapedial permite valorar la integridad funcional de la vía neural que conecta el nervio coclear (VIII par) con el nervio facial (VII par), y de las estructuras del tronco encefálico que los interconectan.

Características funcionales del reflejo estapedial:

- Se activa con sonidos de unos 70-90 dB por encima del umbral auditivo (normoyente).
- Tarda en producirse unos 70-100 milisegundos, como rango clínico más relevante, y no protege de ruidos súbitos y breves (como un disparo o una explosión).

- Es más eficaz frente a sonidos continuos o prolongados (por su latencia de activación).
- Atenúa sobre todo las frecuencias bajas y medias (10–20 dB de reducción aproximada).

Hay ausencia o alteración del RE: en patologías del oído medio, en presencia de reclutamiento, afectación del nervio coclear, del nervio facial o del tronco encefálico, el reflejo puede faltar o ser ineficaz.

Importancia del reflejo estapedial:

- Protege las células sensoriales cocleares de posibles daños por sobreestimulación sonora.
- Contribuye a mejorar la discriminación del habla en entornos ruidosos (al atenuar los sonidos graves de fondo). Es un filtro frecuencial que favorece la transmisión de sonidos agudos.
- Puede ser evaluado en estudios audiológicos para detectar patologías del nervio facial o del nervio auditivo. La presencia o ausencia del reflejo estapedial permite valorar la funcionalidad de ambos nervios (VIII y VII) y de las estructuras del tronco encefálico que los interconectan, de la presencia de reclutamiento y del estado del OM.

Limitaciones:

- Lentitud de activación: no protege de sonidos impulsivos o de muy corta duración.
- Protección incompleta: solo atenúa una parte del sonido, no lo elimina.
- Fatiga del reflejo: ante estímulos prolongados puede disminuir su eficacia con el tiempo, ya que tiende a la adaptación (sobre todo en frecuencias  $> 1\ 000$  Hz).

Vía neural del reflejo estapedial:

a) Estimulación auditiva (entrada sensorial):

- Un sonido fuerte ( $>70$ – $90$  dB en normoyentes) es detectado por la cóclea en el oído interno.
- La información auditiva viaja a través del nervio auditivo (VIII par craneal) hasta el núcleo coclear en el tronco encefálico.

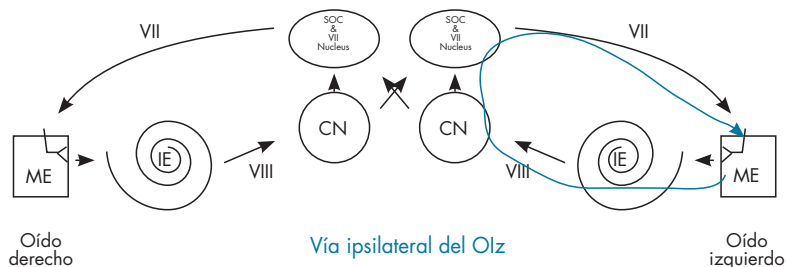
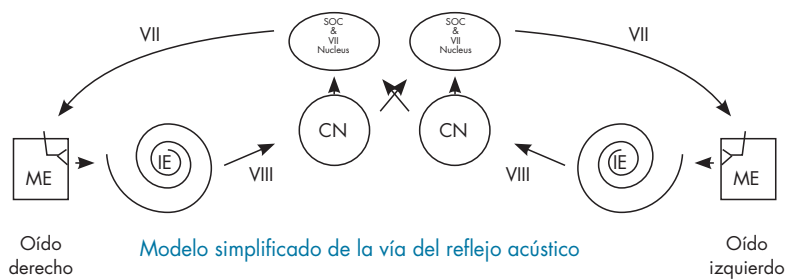
b) Procesamiento en el tronco encefálico:

- Desde el núcleo coclear, la señal se transmite bilateralmente (a ambos oídos) a los núcleos del complejo olivar superior (en la protuberancia del tronco encefálico).
- Luego, la señal llega a los núcleos motores del nervio facial (VII par craneal) encargados de activar el reflejo.

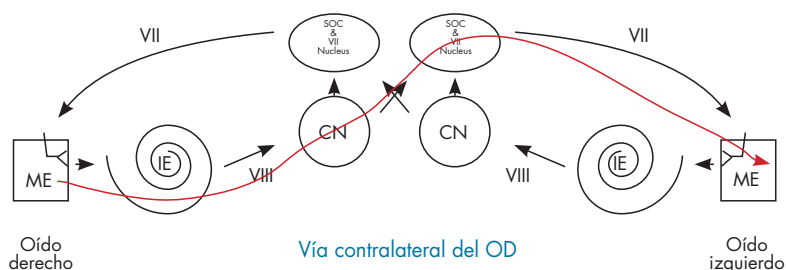
c) Respuesta motora (salida eferente):

- Desde los núcleos del VII par craneal, los impulsos viajan a través del nervio facial hasta el nervio del músculo estapedio del oído medio.
- El músculo estapedio, al contraerse, hace que el desplazamiento del estribo no sea eficaz en la transmisión de vibraciones hacia el oído interno.

En la práctica, la respuesta del reflejo estapedial se mide en la prueba del impedanciómetro, por separado en cada oído, bien en el oído derecho o bien en el oído izquierdo, aunque, se puede desencadenar la respuesta del RE estimulando ipsilateral o bien contra lateralmente al ser un reflejo bilateral, aunque se estimule por un solo oído (figura 2.3).



OD = oído derecho  
 Olz = oído izquierdo  
 ME = oído medio  
 IE = oído interno  
 VIII = nervio vestibulo-coclear  
 CN = núcleo coclear  
 SOC = complejo olivar superior  
 VII = nervio facial



**Figura 2.3.** Vía del reflejo acústico facial.

### 2.2.3. El oído interno: de energía mecánica a eléctrica

La parte anterior del oído interno es el centro de la percepción del sonido. La cóclea procesa la onda sonora de forma tonotópica, lo que significa que diferentes frecuencias son procesadas en distintas partes de la membrana basilar que soporta el órgano de Corti. Las vibraciones transmitidas por la ventana oval generan en la perilinfa una onda viajera que se propaga a lo largo de la membrana basilar, alcanzando su máxima amplitud en el punto correspondiente a la frecuencia del estímulo (mecánica coclear). Aquí, las células sensoriales de la cóclea transforman las vibraciones mecánicas recibidas del oído medio y de los movimientos de líquidos linfáticos cocleares en movimiento de los cilios celulares para convertirlo en señales eléctricas, proceso llevado a cabo por las células ciliadas internas y externas (micromecánica coclear):