

## EL IMPACTO DEL RUIDO EN EL SISTEMA AUDITIVO. SINAPTOPATÍA COCLEAR EN EL PACIENTE CON TINNITUS.

*Sheila Templado Aguilera<sup>1,2\*</sup>*  
*Luis Miguel Amorós Rodríguez<sup>2\*</sup>*  
*María Teresa Almela Rojo<sup>2,4\*</sup>*  
*Guillermo Savio<sup>3\*</sup>*  
*Francisco José García-Purriños<sup>1,4\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Católica de Murcia, (UCAM), Murcia, España.

<sup>2</sup>Clínica Templado – Audiología Avanzada, Murcia, España.

<sup>3</sup>Dto. De Investigación de Intelligent Hearing Systems, Miami; FL. USA.

<sup>4</sup>Hospital Universitario Los Arcos del Mar Menor, España.

### RESUMEN

La exposición a ruido tiene consecuencias en el funcionamiento de nuestro sistema auditivo. Síntomas como los acúfenos, sensibilidad a sonidos fuertes, o problemas de inteligibilidad en entornos ruidosos, pueden hacernos sospechar estas lesiones, muchas veces ocultas en las pruebas audiológicas convencionales, como ocurre con la sinaptopatía coclear.

Su detección precoz, diagnóstico, y tratamiento, son fundamentales para resolver la sintomatología y los efectos que el impacto de la privación auditiva incluso leve y en estadios tempranos de evolución, puede producir a nivel del córtex cerebral, con una reorganización crossmodal entre diferentes áreas funcionales.

### ABSTRACT

Exposure to noise has consequences on our auditory system. We are able to suspect a damage in patients with symptoms as tinnitus, loud sounds sensitivity or intelligibility problems in noise conditions which are often hidden in conventional audiological tests, for example in case of cochlear synaptopathy.

Their early detection, diagnosis and treatment are essential to resolve the symptoms and the effects that the impact of even mild auditory deprivation in early stages of evolution can produce at the level of the cerebral cortex, with crossmodal reorganization between different functional areas.

**Palabras Clave**— Acúfenos, tinnitus, sinaptopatía coclear, ruido, hipoacusia.

**Key words**— Tinnitus, cochlear synaptopathy, noise, hipoacusia.

### 1. INTRODUCCIÓN

Según los últimos datos publicados por la OMS, se considera audición normal, aquella establecida mediante promedio tonal aéreo de entre 0 y 20 decibelios (dB); y pérdida auditiva discapacitante a toda aquella que supere al menos un promedio de 35 dB en el oído que oye mejor. Los datos epidemiológicos que ofrece esta organización determinan que, más del 5% de la población mundial (430 millones de personas), actualmente padece pérdida auditiva discapacitante que requiere rehabilitación. Esta organización considera además, que para 2050, se prevé que haya casi 2500 millones de personas con algún grado de pérdida auditiva, y al menos 700 millones de personas necesitarán rehabilitación.

Debido a prácticas poco seguras, más de 100 millones de jóvenes adultos corren el riesgo de sufrir pérdida auditiva de forma permanente, susceptible de ser evitada si se cambiasen estos ambientes, siendo la exposición a ruido una de las causas más habituales de hipoacusia adquirida. Entre las consecuencias, se establecen como problemas los de la comunicación y el habla, la cognición, y el estigma. [1].

Es el estigma ligado a los problemas de audición, uno de los motivos por los que, según hemos detectado en nuestra práctica clínica, muchas personas se embarcan en un proceso

---

\* **Autor de contacto:** [mtemplado@alu.ucam.edu.com](mailto:mtemplado@alu.ucam.edu.com)

**Copyright:** ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

psicológico de negación y rechazo al diagnóstico y/o al tratamiento, que puede retrasar tanto la detección y diagnóstico precoces, como a la intervención y tratamiento.

## 2. TINNITUS COMO SÍNTOMA

El tinnitus se define como la percepción de un ruido o pitido, producido por actividad eléctrica aberrante, generado a nivel de la vía auditiva, y en ausencia de estímulos acústicos exteriores que lo provoquen.

Se clasifican en dos tipos; objetivos o somatosonidos, que representan tan solo el 5%, que puede ser percibido por el examinador, y tienen como causa, fenómenos hidrodinámicos en patologías de tipo vascular (arteriosclerosis, glomus yugular, bucle arterial anormal en el canal auditivo interno, hipertensión arterial, shunt arteriovenoso); y subjetivos, que no son percibidos por el examinador y es percibido como propio en ausencia de un estímulo exterior que lo provoque.

Es necesario descartar, durante la evaluación, las alucinaciones auditivas o los provocados por la memoria eidética, ya que su evaluación y enfoque terapéutico deben ser abordados por especialistas en salud mental.

Según la *American Tinnitus Association*, el tinnitus o acúfeno, es el tercer síntoma más incapacitante que puede padecer una persona, solo por detrás del dolor intenso o los problemas de equilibrio. Su gravedad se intensifica por la falta de diagnóstico o la determinación por parte del médico de que los acúfenos no tienen cura, estableciendo en el paciente la idea errónea de que éstos no tienen tratamiento o solución.

Si bien la prevalencia real es difícil de precisar, se cree que entre el 10 y el 17% de la población mundial está afectada por este síntoma. Se cree también que, en los jóvenes, por hábitos como la música con auriculares y la exposición a ruido, el porcentaje de afectados es del 19%. [2].

## 3. SINAPTOPATÍA COCLEAR

Liberman definió la sinaptopatía coclear (SC) o hipoacusia oculta (hidden hearing loss) como una pérdida de sinapsis entre las células ciliadas internas y las fibras nerviosas auditivas ante la exposición a ruido.

Estos pacientes pueden mostrar un aumento de umbrales tonales auditivos entre 10.000 y 16.000 hercios (Hz), pero manteniendo un promedio tonal aéreo (PTA) dentro de la normalidad. Pueden mostrar un aumento de los umbrales del reflejo estapedial, unas otoemisiones acústicas dentro de la normalidad, y con latencia y amplitud de la onda I del potencial evocado auditivo de tronco cerebral también dentro de la normalidad. [3].

## 4. REORGANIZACIÓN CORTICAL EN HIPOACUSIAS LEVES

Cuando se produce una alteración en el funcionamiento del sistema auditivo, más allá de la pérdida cuantitativa de audición, se generan alteraciones que impactan directamente en la organización normal del córtex cerebral.

Los trabajos de Julia Campbell y Anu Sharma, [4,5], han demostrado, mediante estudios de neuroimagen por resonancia magnética funcional (fMRI), y potenciales evocados auditivos corticales (CAEP, siglas en inglés), que la privación auditiva incluso leve, produce una reorganización cortical cros-modal y cambios compensatorios en pacientes hipoacúsicos incluso en estadios tempranos de evolución.

## 5. ELECTROCOCLEOGRAFÍA (ECHOCHG), UNA TÉCNICA PARA LA DETECCIÓN PRECOZ Y DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL EN LA SINAPTOPATÍA COCLEAR O HIPOACUSIA OCULTA.

La electrococcleografía (EcochG) es un test electrofisiológico, objetivo, que se utiliza para registrar los potenciales bioeléctricos de la cóclea y de la porción distal del VIII par craneal en respuesta a un estímulo acústico.

Con una sensibilidad del 92% y una especificidad del 84%, [6], consiste en la captación de los potenciales de polarización y despolarización de las células ciliadas cocleares y el potencial eléctrico inicial del nervio coclear.

Está indicada para ayudar en el diagnóstico diferencial de lesiones cocleares y retrocileares, hipoacusias súbitas, rotura de la ventana redonda, Enfermedad de Menière o Hidropsia endolinfática, neuropatía auditiva y de forma emergente, en la SC. [7].

Si bien la electrococcleografía ha sido tradicionalmente utilizada para el diagnóstico diferencial de la enfermedad de Menière, entre sus distintas utilidades clínicas, se encuentra el estudio de la función coclear y su sinapsis con las primeras neuronas del nervio auditivo, este hecho la convierte en una técnica idónea para el diagnóstico diferencial en pacientes con tinnitus.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es mostrar la utilidad de la EcochG, que combinada con otras pruebas de diagnóstico audiológico, nos ayuda en la determinación de la fisiopatología y la génesis del tinnitus en pacientes afectados por este síntoma, todos ellos, con antecedentes de exposición a ruido, y previamente filiados como normoyentes.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. evaluación audiológica general del paciente de tinnitus.

La evaluación audiológica necesaria para la determinación de la fisiopatogenia y la génesis del tinnitus, debe incluir: exploración visual del oído externo y medio, otoimpedanciometría con reflejos ipsilaterales y contralaterales, audiometría tonal de ultra-alta frecuencia, hasta 16.000-20.000 Hz; emisiones otoacústicas por productos de distorsión, transitorias, de supresión, y espontáneas; electrococclografía, y potenciales evocados auditivos de tronco cerebral.

No se incluyen en esta descripción ni las pruebas de imagen, como la resonancia nuclear magnética (RNM) por no ser pruebas audiológicas, ni las pruebas funcionales mediante test de inteligibilidad; no por ello son menos importantes, pues las pruebas de imagen son imprescindibles para el diagnóstico otológico diferencial y descartar determinadas lesiones orgánicas, y las pruebas de inteligibilidad serán necesarias en función del grado incapacitante a nivel comunicativo, y de habla en ruido que manifieste el paciente; así como el enfoque terapéutico que se determine a posteriori. [8].

### 5.2. Muestra

Se estudiaron un total de 36 oídos, hombres y mujeres de entre 23.3 y 58.4 años de edad. (Tabla 1). Todos ellos con el síntoma común de tinnitus, y un diagnóstico previo de normalidad auditiva.

Todos los pacientes fueron evaluados según el procedimiento descrito en el punto 5.1. Para el objetivo de este trabajo, se han analizado los datos audiométricos y los registros electrofisiológicos de EcochG.

Se han distribuido en tres subgrupos en función del perfil audiométrico. Grupo A: audiometría normal (figura 1), Grupo B: caída en ultra-altas frecuencias (figura 2), y con escotoma y caída de altas y ultra-altas frecuencias simultáneamente (figura 3).

### 5.2. Procedimiento de EcochG.

Montaje de electrodos: Se utilizó un montaje de electrodos horizontal, con referencia o negativo con posicionamiento en membrana timpánica mediante electrodo tipo wick, positivo en mastoides contralateral (M2) y GND en N1. Los registros biofisiológicos fueron obtenidos mediante hardware DUET y software Smart EP® de Intelligent Hearing Systems. La impedancia de wick fue en todos los casos inferior a 5 Ohms y del resto de electrodos por debajo de 2.5 Ohms.

El paciente relajado en cabina insonorizada, sin actividad miogénica, en decúbito supino, y la cabeza lateralizada hacia el lado contrario de la exploración.

El análisis de estadística descriptiva ha sido realizado mediante el software JAMOVI®

## 8. RESULTADOS

Siguiendo los criterios de Liberman, fueron filiados como Sinaptopatía Coclear Definida (SCD) aquellos casos donde el área y el ratio fueron superiores a los valores de normalidad, y aquellos en los que el área fue superior y el ratio no. Estos casos fueron un total de 19 de los 36 oídos explorados, representando un total del 55,77%.

Se determinó como probable o sospecha de SC en estudio, aquellos cuyos valores se encontraron en el límite de la normalidad o ligeramente superior, representando un total del 25% de los oídos evaluados.

Se descartó SC en aquellos casos cuyos valores de área y ratio se encontraron por debajo de los valores límite de normalidad. Representando un 22,2% de los oídos evaluados.

En total, un 77,8% fueron diagnosticados de SCD o sospecha de SC, permaneciendo estos últimos en monitorización continuada semestral de su función coclear para controlar la evolución.

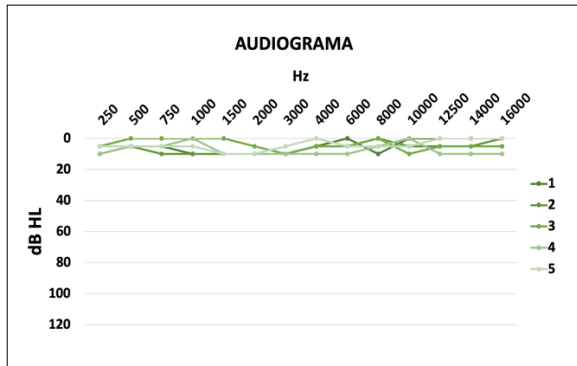
La media del área y el ratio fueron superiores a los límites de normalidad establecidos por Ferraro et. Al. (1.80 para el área, y 0.35 para el ratio); pero los valores medios de latencia y amplitud del potencial de sumación y del potencial de acción se encontraron dentro de la normalidad, en todos los subgrupos. (Tabla 2).

**Tabla 1.** Media, mínimo y máximo, y desviación estándar de la edad de la muestra, distribuidos por grupos.

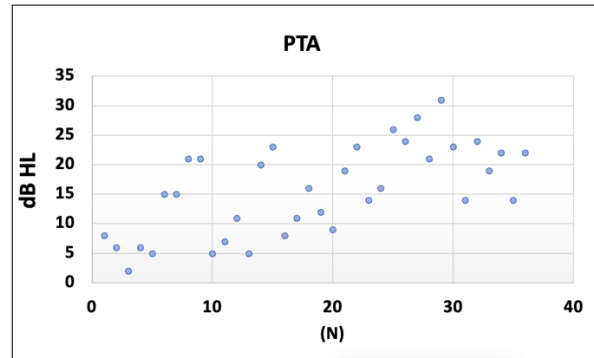
GRUPO	N	Media	Mínimo	Máximo	SD
A	5	26.1	23.3	28.7	2.6
B	13	45.7	33.2	52.8	6.4
C	18	48.1	37.1	58.4	7.07

**Tabla 2.** Media, mínimo y máximo, y desviación estándar de los resultados obtenidos en las electrococclografías.

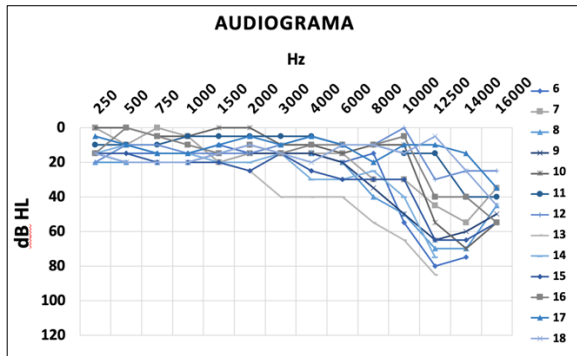
EcochG	Grupo	N	Media	Mínimo	Máximo	SD
ÁREA	A	5	2.06	1.01	3.44	0.96
	B	13	2.23	1.24	4.24	0.82
	C	18	1.93	1.26	2.85	0.41
RATIO	A	5	0.39	0.06	0.71	0.25
	B	13	0.70	0.11	2.69	0.67
	C	18	0.41	0.13	0.71	0.17
SP (ms)	A	5	0.87	0.67	1.10	0.16
	B	13	1.06	0.16	0.50	0.20
	C	18	0.98	0.80	1.25	0.11
SP(uV)	A	5	0.29	0.16	0.50	0.13
	B	13	0.25	0.06	0.67	0.18
	C	18	0.38	0.002	1.07	0.34
AP (ms)	A	5	1.73	1.50	2.07	0.22
	B	13	1.64	1.52	2.12	0.15
	C	18	1.69	1.45	2.02	0.19
AP (uV)	A	5	0.87	0.56	1.08	0.21
	B	13	0.58	0.18	1.22	0.31
	C	18	0.74	0.20	1.96	0.50



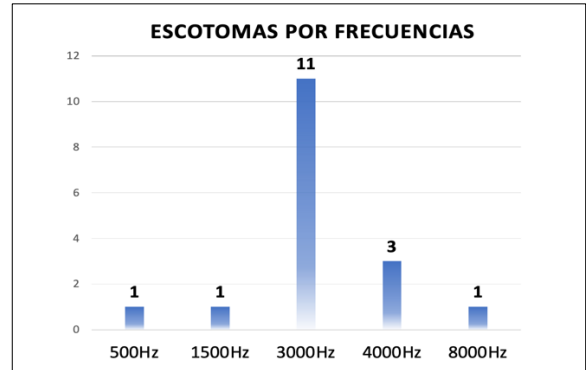
**Figura 1.** Cinco de los treinta y seis oídos evaluados presentaron audiograma normal. Grupo A.



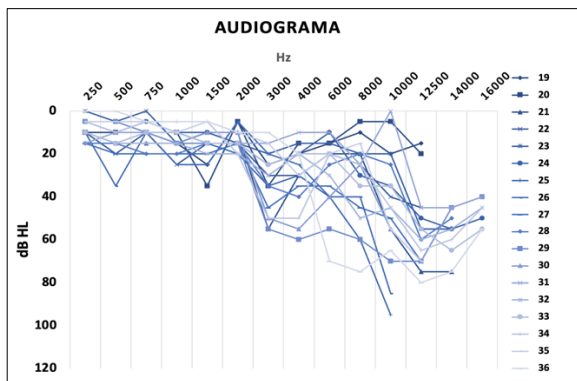
**Figura 4.** Promedio tonal aéreo de todos los oídos evaluados.



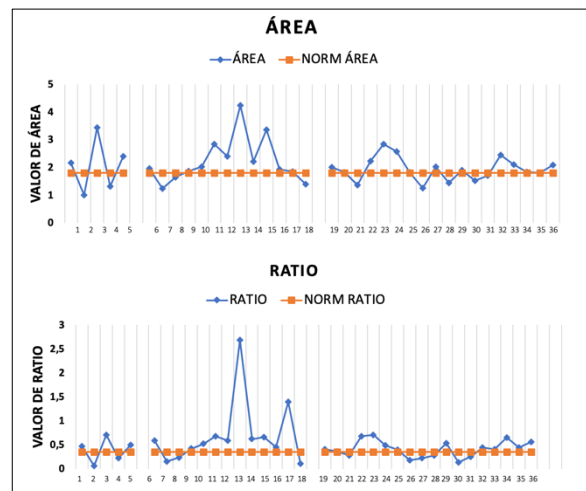
**Figura 2.** Trece de los treinta y seis oídos evaluados presentaron caída en ultra-altas frecuencias. Grupo B.



**Figura 5.** Distribución de escotomas por frecuencias.



**Figura 3.** Dieciocho de los treinta y siete oídos evaluados, presentaron escotoma y caída en altas y ultra-altas frecuencias de forma simultánea. Grupo C.



**Figura 6.** Resultados de electrocochleografía, divididos en dos gráficos, área y ratio, con valores normativos (Ferraro, 2009).

## 9. DISCUSIÓN

Tal como muestran estudios en modelos animales, la exposición al ruido impacta en las conexiones sinápticas entre las células ciliadas internas y las neuronas del nervio auditivo; pudiendo degenerar antes que las células ciliadas externas; y que puede producirse incluso, permaneciendo los audiogramas normales. Por lo tanto, la audiometría de alta y ultra-alta frecuencia, el estudio de los reflejos estapediales, las emisiones otoacústicas y la electrocoqueografía, son las pruebas fisiológicas más importantes para el estudio de los pacientes con exposición a ruido, que pueden manifestar tinnitus o hiperacusia como síntomas [9]; siendo la EcochG, la prueba que nos permite un estudio de la sinapsis; como manifiestan los trabajos de investigación de Liberman et. Al. [10,11,12,13]

## 10. CONCLUSIONES

El uso del promedio tonal aéreo no es suficiente para determinar el grado de lesión auditiva discapacitante, pues no reflejan alteraciones fisiológicas funcionales, que dan como resultado síntomas como el tinnitus; que en muchas personas condiciona gravemente su calidad de vida, y puede desencadenar enfermedades de tipo neuropsicológico y psiquiátrico, como la ansiedad, la depresión, alteraciones del sueño, trastornos obsesivos, incluso la autolisis.

Estos trastornos de tipo psiquiátrico y psicológico, se ven incrementados incluso motivados, por la falta de diagnóstico y de opciones terapéuticas. El médico especialista en otorrinolaringología, responsable del diagnóstico patológico y el tratamiento de las alteraciones del sistema auditivo, junto con especialistas de campos afines como son los audiólogos, psicólogos, y psiquiatras; deben abordar estos casos desde la búsqueda de la objetividad diagnóstica, y la evaluación y tratamiento interdisciplinarios.

Además, tal como han demostrado los estudios de investigación de Anu Sharma descritos en el punto 4, la pérdida auditiva incluso leve, y en estadios tempranos de evolución, generan efectos de reorganización a nivel del córtex cerebral. Este tipo de evaluaciones y la importante utilidad de la electrocoqueografía, nos permiten una detección precoz de lesiones que, tal como se muestra en nuestro estudio, se incrementan con la edad y con una exposición mayor en el tiempo al ruido. Detectarlo de forma precoz permite asesorar y sensibilizar a los pacientes en medidas preventivas para evitar esta sobreexposición y su evolución.

## 11. REFERENCIAS

[1] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

[2] Curet, C., & Roitman, D. (2016). Tinnitus-Evaluación y manejo. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(6), 848-862.

[3] Liberman, M. C., Epstein, M. J., Cleveland, S. S., Wang, H., & Maison, S. F. (2016). Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. *PloS one*, 11(9), e0162726.

[4] Campbell, J., & Sharma, A. (2014). *Cross-modal re-organization in adults with early stage hearing loss*. *PloS One*, 9(2), e90594.

[5] Julia Campbell, & Anu Sharma. (2013). *Compensatory changes in cortical resource allocation in adults with hearing loss*. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7.

[6] Murad O. Al-momani, John A. Ferraro, Byron J. Gajewski & Gregory Ator (2009) Improved sensitivity of electrocochleography in the diagnosis of Meniere's disease, *International Journal of Audiology*, 48:11, 811-819, DOI: 10.3109/14992020903019338

[7] Kara, E., Aydın, K., Akbulut, A. A., Karakol, S. N., Durmaz, S., Yener, H. M., ... & Kara, H. (2020). Assessment of hidden hearing loss in normal hearing individuals with and without tinnitus. *The Journal of International Advanced Otolaryngology*, 16(1), 87.

[8] Barbee, C. M., James, J. A., Park, J. H., Smith, E. M., Johnson, C. E., Clifton, S., & Danhauer, J. L. (2018, May). Effectiveness of auditory measures for detecting hidden hearing loss and/or cochlear synaptopathy: a systematic review. In *Seminars in hearing* (Vol. 39, No. 02, pp. 172-209). Thieme Medical Publishers.

[9] Schaette, R., & McAlpine, D. (2011). Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. *Journal of Neuroscience*, 31(38), 13452-13457.

[10] Liberman MC, Kiang NY. *Acoustic trauma in cats. Cochlear pathology and auditory-nerve activity*. *Acta oto-laryngologica*. 1978; 358:1-63. PMID: 281107.

[11] Fried MP, Dudek SE, Bohne BA. Basal turn cochlear lesions following exposure to low-frequency noise. *Transactions Section on Otolaryngology American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*. 1976; 82(3 Pt 1):285-98. PMID: 960396.

[12] Wang Y, Hirose K, Liberman MC. Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2002; 3(3):248-68. PMID: 12382101.

[13] Valero MD, Hancock KE, Liberman MC. *The middle ear muscle reflex in the diagnosis of cochlear neuropathy*. *Hear Res*. 2016; 332:29-38. doi: 10.1016/j.heares.2015.11.005 PMID: 26657094.