

ACÚFENO Y UMBRALES AUDITIVOS EN LOS RANGOS CONVENCIONAL Y EXTENDIDO DE ALTA FRECUENCIA

TINNITUS AND HEARING THRESHOLDS IN CONVENTIONAL AND EXTENDED HIGH FREQUENCY RANGES

Ana L. Maggi^{a,b,c}, María Hinalaf^{a,b,c}, Sara Gaetán^c, Jimena Muratore^d, Jorge A. Pérez Villalobo^a, Pablo Kogan^a y Mercedes X. Hüg^{a,b}.

^aCentro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Universidad Tecnológica Nacional, Maestro. M. López esq., Cruz Roja, CP 5016, Córdoba, Argentina, acustica@frc.utn.edu.ar, <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra/>

^bConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el CINTRA - UTN FRC - UA CONICET, Argentina. <http://www.conicet.gov.ar/>

^cEscuela de Fonoaudiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria, Enrique Barros s/n, 5000 Córdoba, <https://www.fono.fcm.unc.edu.ar/>

^dEscuela de Fonoaudiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe 3100, CP 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina. <http://www.fcm.unr.edu.ar/index.php/es/>

Palabras clave: acúfeno, umbrales auditivos, alta frecuencia, adolescentes

El objetivo del presente trabajo fue analizar la presencia y ausencia de acúfeno en relación con los umbrales auditivos en los rangos convencional y extendido de alta frecuencia en adolescentes. La muestra estuvo conformada por 259 adolescentes a los cuales se les evaluaron los umbrales auditivos en los rangos convencional y de alta frecuencia. Se observaron en el rango extendido de alta frecuencia umbrales menores en los oídos con presencia de acúfeno. La diferencias se incrementa en el grupo con mayores umbrales, principalmente en las frecuencias 11200 a 16000 Hz. Dadas las diferencias encontradas en el rango extendido de alta frecuencia se considera necesario continuar investigando la temática en este grupo etario.

Keywords: tinnitus, hearing thresholds, high frequency audiometry, adolescents.

Abstract: The aim of this study was to analyze the presence and absence of tinnitus in relation to hearing thresholds in the conventional and extended high frequency ranges in adolescents. The sample was 259 adolescents. Hearing thresholds in the conventional and high frequency ranges were evaluated. Minor hearing thresholds in the extended range of high frequency in the ears with tinnitus were observed. The difference is increased in the group with higher thresholds, mainly at frequencies 11200 to 16000 Hz. It is necessary to continue investigating this problem in this particular age group because of the differences found in the extended high frequency range.

INTRODUCCIÓN

El acúfeno puede definirse como la percepción de sonido en ausencia de un estímulo sonoro externo. No constituye una patología en sí mismo, sino que puede ser síntoma de muchas enfermedades. Se trata de una percepción sonora, un fenómeno psicosensoorial experimentado en la corteza auditiva (Curet y Roitman, 2016).

Con respecto a la clasificación de este síntoma, según López González y Ortega (2010), cuando el acúfeno es causado por sonidos generados en el propio cuerpo (siendo percibido tanto por el sujeto como por el observador) se habla de acúfeno objetivo o somatosonido. Se trata de un acúfeno subjetivo, en cambio, cuando es resultado de una actividad neural anómala no evocada por sonidos, percibido sólo por el sujeto. Desde el punto de vista de la localización, el acúfeno puede ser uni o bilateral según se presente en uno o ambos oídos. Considerando el tipo de sonido, puede ser pulsátil o continuo. De acuerdo a su forma de inicio puede ser súbito o progresivo y agudo o crónico según si lleva instalado menos o más de tres meses, es decir, según su antigüedad.

Con respecto a las causas que originan el acúfeno, un gran número de etiologías han sido descritas, puede ser de origen otológico, neurológico, infeccioso-inflamatorio, farmacológico, metabólico, psicógeno, vascular, neuromuscular, articular, entre otros (Alvo y Nazar, 2010).

Fisiopatológicamente, existen distintos mecanismos de generación del acúfeno, de hecho, una persona puede percibirlo por varios mecanismos combinados, sin embargo, ninguna de las teorías por sí sola resulta suficiente. Se distinguen mecanismos cocleares y mecanismos no cocleares. Los primeros hacen referencia a cualquier modelo que considere a la cóclea aislada del resto de la vía auditiva. En cuanto a los mecanismos no cocleares, éstos no excluyen el rol de la cóclea, pero hacen hincapié en los mecanismos retrococleares y centrales de la generación y persistencia del acúfeno (Baguley, 2002; Jastreboff et al., 1996).

Epidemiológicamente, el acúfeno es percibido por 1 de cada 10 adultos, afectando severamente la calidad de vida de por lo menos 1 de cada 100 (Langguth et al., 2009). Los principales síntomas asociados al acúfeno son insomnio, ansiedad, depresión, alteración de la capacidad de concentración y problemas en el ámbito familiar y laboral (Ziai et al., 2017; Erlandsson y Hallberg, 2011).

En el 17% de los pacientes con acúfeno, las quejas comienzan después de la exposición a ruido (Nicolas-Puel et al., 2006). Los adolescentes y jóvenes, particularmente, corren el riesgo de sufrir hipoacusia como consecuencia del uso nocivo de reproductores personales de audio, como teléfonos inteligentes, y la exposición a niveles sonoros dañinos en lugares de ocio ruidosos, como clubes nocturnos, bares y eventos deportivos (OMS, 2015).

En muchos casos una hipoacusia inicia procesos neurofisiológicos que dan lugar a la aparición del acúfeno (Weisz et al., 2006). No obstante, este síntoma puede estar acompañado de umbrales auditivos convencionales (125 a 8000 Hz) dentro de parámetros considerados normales. Esta situación se denomina en la literatura más reciente como pérdida auditiva oculta o “hidden hearing loss”, ya que si bien se presentan síntomas auditivos, con los métodos tradicionales de evaluación, no se corrobora una alteración (Lieberman et al., 2016; Dewey et al., 2018).

En este sentido, la audiometría de alta frecuencia, es decir, la evaluación de umbrales auditivos aéreos en el intervalo de 9000 a 20000 Hz, es considerada actualmente como un examen complementario útil para detectar la hipoacusia en etapa subclínica (Bess y Humes, 2005; Doménech, 2005). Existe escasa evidencia respecto a puntos de cortes específicos o valores percentilares orientados a establecer umbrales auditivos de alta frecuencia normalizados en la población infantil y adulta (Anastasio et al., 2012).

En un estudio multicéntrico (GAES, 2014) se evaluó el comportamiento de los umbrales auditivos convencionales y de alta frecuencia en pacientes con y sin acúfeno, encontrando diferencias estadísticamente significativas. En el grupo con acúfeno el descenso de los umbrales tonales en las altas frecuencias (9000 - 16000 Hz) fue mayor que en el grupo sin acúfeno.

Sánchez et al. (2016), en cambio, estudiaron los umbrales auditivos en los rangos convencional y extendido de alta frecuencia en adolescentes con y sin acúfeno, sin encontrar diferencias significativas entre los grupos. A su vez, evaluaron los umbrales de incomodidad hallando valores significativamente menores en los adolescentes con acúfeno versus los del grupo control. Este hallazgo sugiere hipersensibilidad auditiva en los adolescentes con acúfeno.

Weisz et al. (2006), por su parte, hallaron que en frecuencias inferiores a 500 Hz parece haber niveles auditivos ligeramente aumentados en el grupo con acúfeno en comparación con el grupo sin acúfeno, mientras que en las frecuencias altas no encontraron diferencias.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el presente trabajo propone como objetivo analizar la presencia y ausencia de acúfeno en relación con los umbrales auditivos en los rangos convencional y extendido de alta frecuencia en adolescentes de la ciudad de Córdoba.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el marco del Programa de Conservación y Promoción de la Audición implementada en el Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Asociada al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Se realizó un estudio descriptivo correlacional transversal. La muestra se conformó por 259 adolescentes entre 14 y 15 años, de cuatro escuelas de la Ciudad de Córdoba. Se contó con los avales del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba y de las autoridades de cada Escuela.

Los criterios de inclusión fueron: presentar consentimiento informado firmado por sus padres o tutores, oído medio con funcionamiento normal y reposo auditivo.

Las pruebas auditivas se realizaron en un vehículo especialmente carrozado y acondicionado como cabina audiométrica móvil con diseño acústico que cumplimenta con los requerimientos de las normas: nacional IRAM 4028-1 (1992) e internacional ISO 8253-1 (2010), en lo relacionado al aislamiento sonoro del ruido exterior y a la absorción sonora interior.

Se aplicaron las siguientes pruebas:

1. Cuestionario sobre el estado auditivo, para conocer antecedentes auditivos, la presencia o ausencia de acúfeno y características del mismo. En aquellos adolescentes que presentaron acúfeno se clasificaron los resultados, de acuerdo a la frecuencia de aparición, en:

Frecuente: conformado por los adolescentes que refirieron percibir el acúfeno casi siempre, diariamente y semanalmente.

Ocasional: conformado por los adolescentes que refirieron percibir el acúfeno anualmente y mensualmente.

2. Observación del conducto auditivo externo, para descartar ocupación total o parcial del mismo, mediante el uso de un otoscopio clínico Heine, modelo Beta.

3. Timpanometría, para determinar el estado del oído medio. Se consideró al oído medio sin alteraciones cuando la curva timpanométrica fue tipo A de Jerger (Jerger et al., 1974). Se utilizó un impedanciómetro automático “Minitymp” Kamplex MT10 Interacoustics.

4. Evaluación de umbrales tonales aéreos en los rangos convencional (250–8000) Hz y extendido de alta frecuencia (8000–16000) Hz. Su aplicación cumplimentó con las Normas IRAM 4028-1 (1992) e ISO 8253-1 (2010). Los saltos del estímulo auditivo fueron fijados en 3 dB HL para una mayor discriminación. Se utilizó un audiómetro Madsen Orbiter 922 y auriculares normalizados Senheiser HDA 200.

Los resultados de los umbrales auditivos se clasificaron en dos grupos:

Grupo 1: conformado por los oídos con umbrales auditivos menores o iguales a 21 dB HL en todas las frecuencias evaluadas.

Grupo 2: conformado por los oídos con umbrales auditivos mayores o iguales a 24 dB HL en al menos una frecuencia.

Los umbrales auditivos con valores menores hacen referencia a un mejor estado auditivo.

Para el análisis estadístico de los umbrales auditivos se consideró como unidad de estudio al oído, analizando de manera independiente el oído derecho y el oído izquierdo.

En el análisis descriptivo se utilizaron gráficos de puntos con valores promedios de los umbrales auditivos de acuerdo a: presencia y ausencia de acúfeno, frecuencia de aparición y clasificación de los grupos 1 y 2 según la valoración auditiva. En el análisis inferencial se aplicó el test Wilcoxon para muestras independientes, el cual arrojó diferencias entre un oído y el otro, por lo que se decidió analizar cada oído por separado y para analizar los umbrales auditivos de acuerdo a los grupos se aplicó el Test Wilcoxon (Mann-Whitney U). Se consideró en todos los casos un nivel de significación de $p < 0,05$. El software estadístico que se utilizó fue InfoStat Versión 2017, desarrollado por un equipo de docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC (Di Rienzo et al., 2017).

RESULTADOS

Se evaluó un total de 259 adolescentes (518 oídos) de los cuales 83 (166 oídos) refirieron no percibir acúfeno, mientras que los 176 (352 oídos) restantes mencionaron percibir o haber percibido acúfeno.

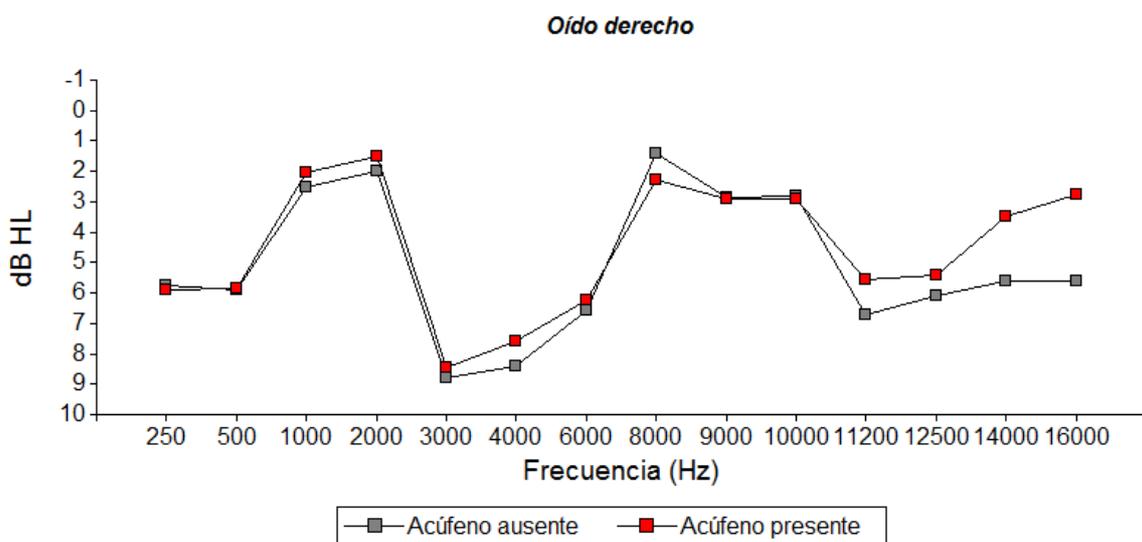


Figura 1. Umbrales auditivos promedios en oído derecho con presencia y ausencia de acúfeno.

En la [Figura 1](#) se observa que el grupo con presencia de acúfeno, en 10 de las 14 frecuencias evaluadas en el oído derecho, presentó umbrales auditivos menores que el grupo con ausencia de acúfeno, en las frecuencias 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 11200, 12500, 14000 y 16000 Hz. Las mayores diferencias se observan desde la frecuencia 11200 Hz hasta la 16000 Hz. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ambos grupos.

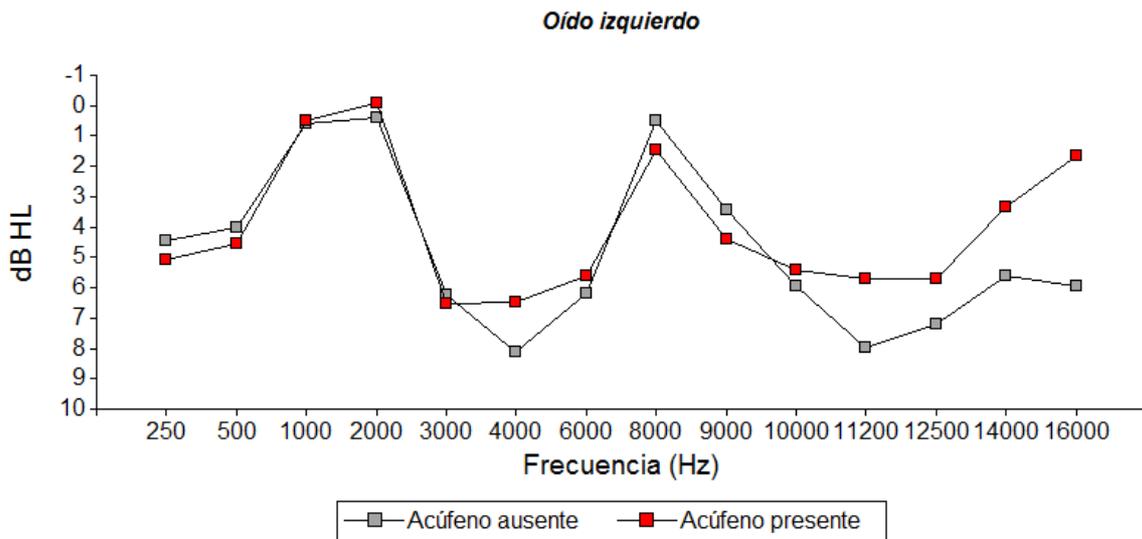


Figura 2. Umbrales auditivos promedios en oído izquierdo con presencia y ausencia de acúfeno.

En el [Figura 2](#) se observa que el grupo con presencia de acúfeno en 9 de las 14 frecuencias evaluadas en el oído izquierdo presentó umbrales auditivos menores que el grupo con ausencia de acúfeno, en las frecuencias 1000, 2000, 4000, 6000, 10000, 11200, 12500, 14000 y 16000 Hz. Las mayores diferencias entre los oídos con presencia y ausencia de acúfeno se observan en la frecuencia 4000 Hz y a partir de la frecuencia 11200 Hz hasta la 16000 Hz. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las frecuencias 14000 y 16000 Hz entre ambos grupos.

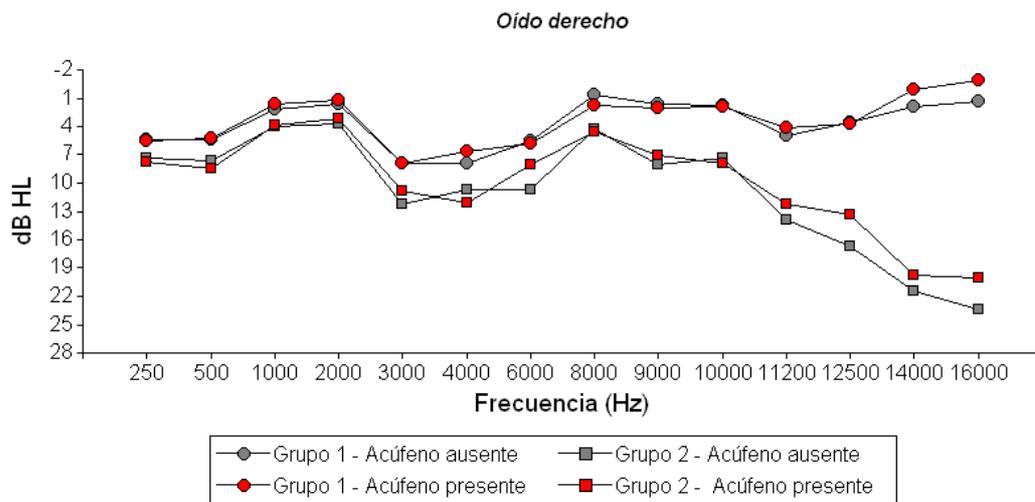


Figura 3. Umbrales auditivos en oído derecho con presencia y ausencia de acúfeno de acuerdo a los grupos 1 y 2.

En la [Figura 3](#) se observa que en el grupo 1 (umbrales menores o iguales a 21 dB HL en todas las frecuencias evaluadas) las curvas auditivas de oído derecho referidas a la presencia y ausencia de acúfeno son similares entre sí. En el grupo 2 (umbrales mayores o iguales a 24 dB HL en al menos una frecuencia) se observa que las curvas auditivas son similares entre presencia y ausencia de acúfeno, encontrándose diferencias en la frecuencia 6000 Hz y a partir de la frecuencia 11200 Hz con umbrales menores en el grupo con presencia de acúfeno.

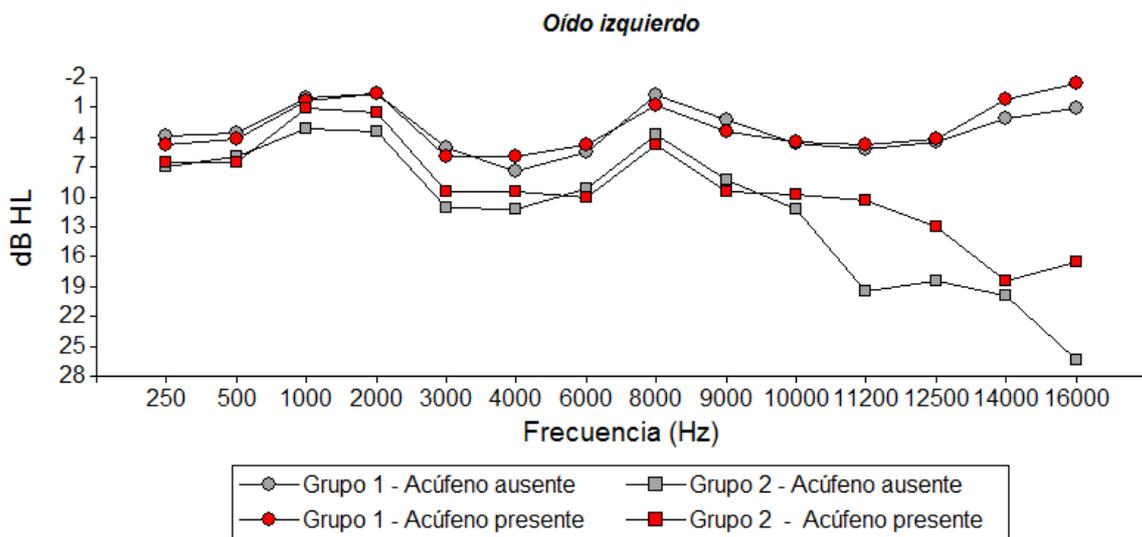


Figura 4. Umbrales auditivos en oído izquierdo con presencia y ausencia de acúfeno de acuerdo a grupos 1 y 2.

En la [Figura 4](#) se observa que en el grupo 1 las curvas auditivas de oído izquierdo referidas a la presencia y ausencia de acúfeno son similares entre sí, encontrándose una mínima diferencia en las frecuencias 14000 y 16000 Hz con umbrales menores en el grupo con presencia de acúfeno. En el grupo 2 se observa que las curvas auditivas de oído izquierdo son similares entre presencia y

ausencia de acúfeno hasta la frecuencia 10000 Hz, encontrándose diferencias a partir de la frecuencia 11200 Hz, siendo más marcada la diferencia en las frecuencias 11200, 12500 y 16000 Hz con umbrales menores en el grupo con presencia de acúfeno. Es decir que las diferencias en el rango extendido de alta frecuencia entre presencia y ausencia de acúfeno son mayores en el grupo 2, en comparación con el grupo 1.

Se destaca que en ambos oídos (Figuras 3 y 4), en el grupo 2, los umbrales auditivos de las curvas con presencia y ausencia de acúfeno muestran un incremento progresivo a partir de la frecuencia 11200 Hz en comparación a las curvas auditivas del grupo 1.

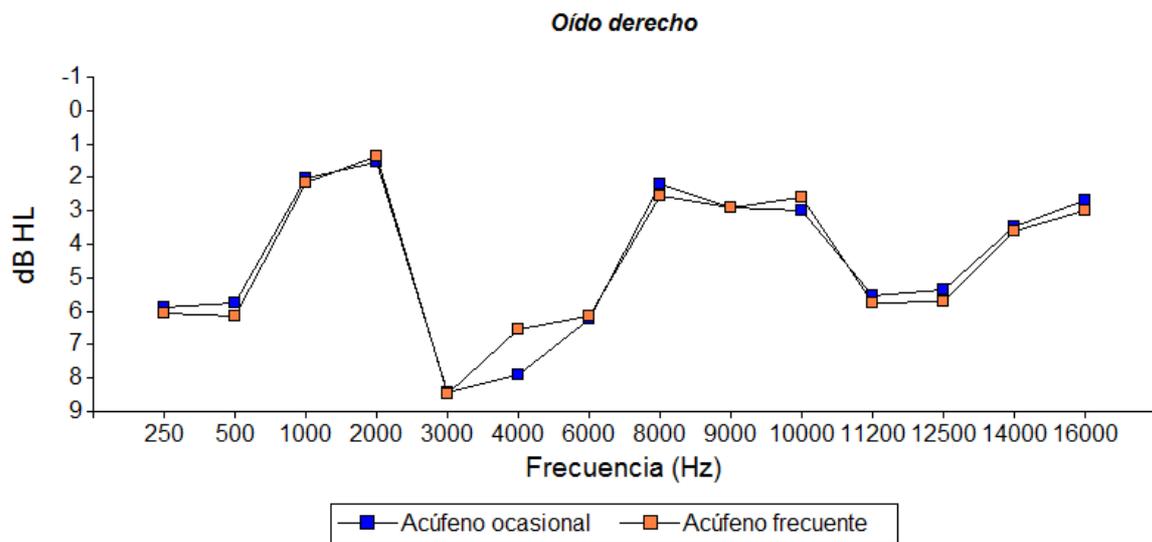


Figura 5. Umbrales auditivos en oído derecho de acuerdo a la frecuencia de aparición del acúfeno.

En la Figura 5 se observa que las dos curvas auditivas son similares en ambos grupos, frecuente y ocasional. En la mayoría de las frecuencias se observa que los umbrales auditivos se aproximan entre sí y específicamente se superponen en tres frecuencias (3000, 6000 y 9000 Hz). La frecuencia 4000 Hz presentó mayor diferencia entre los grupos, siendo mayor el umbral en el grupo ocasional.

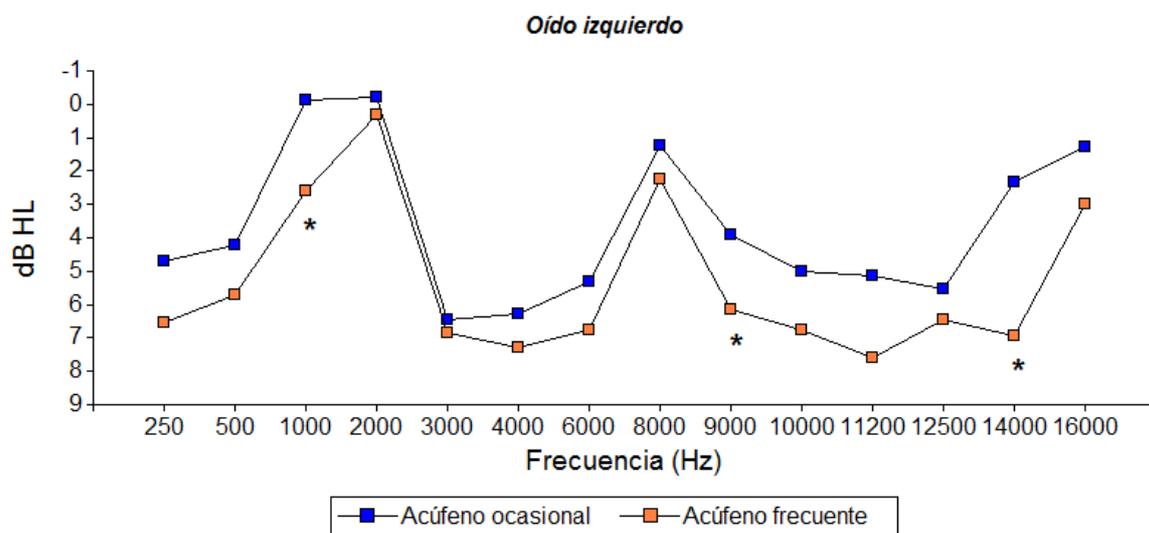


Figura 6. Umbrales auditivos en oído derecho de acuerdo a la frecuencia de aparición del acúfeno.

En la [Figura 6](#) la curva auditiva en el grupo frecuente presentó umbrales mayores en todas las frecuencias evaluadas en comparación a la curva auditiva del grupo ocasional. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las frecuencias 1000, 9000 y 14000 Hz.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En la presente investigación se analizó la presencia y ausencia de acúfeno en relación con los umbrales auditivos en los rangos convencional y extendido de alta frecuencia en adolescentes de la ciudad de Córdoba. Se evaluó un total de 259 adolescentes (518 oídos) entre 14 y 15 años de cuatro escuelas de la Ciudad de Córdoba.

En primer lugar cabe destacar que habiendo estudiado una población de temprana edad, el 68% (176) de los adolescentes refirió haber percibido acúfeno. Una de las principales causas del acúfeno es la sobreexposición a ruido y en este sentido, los adolescentes se encuentran expuestos principalmente a ruido social ([Zenker et al., 2001](#); [Jofré et al., 2009](#)).

En general, en la literatura, suele observarse que los umbrales auditivos son mayores en los sujetos con acúfeno, encontrándose un vínculo entre el acúfeno y la pérdida auditiva ([Langguth et al., 2013](#), [Shargorodsky et al., 2010](#)). Sin embargo, uno de los principales hallazgos de nuestra investigación fue que, llamativamente, los oídos con presencia de acúfeno presentaron umbrales menores en el rango extendido de alta frecuencia que los oídos con ausencia de acúfeno. Esta situación sucedió en ambos oídos, siendo mayor la diferencia en el oído izquierdo.

[Gollnast et al. \(2017\)](#) estudiaron una gran base de datos de sujetos con pérdida auditiva comparando entre quienes tenían y no tenían acúfeno. Analizaron los resultados de audiometrías en el rango convencional, según los grupos etarios. En el grupo de menores de 18 años (17180 niños y adolescentes), encontraron en los sujetos con acúfeno umbrales menores en todas las frecuencias con diferencia estadísticamente significativa en la mayoría de ellas. Esta situación no se repetía para los grupos de mayor edad. Los autores en un trabajo anterior ([Krauss, 2016](#)) presentan un modelo donde proponen que los umbrales auditivos deteriorados pueden mejorarse

fisiológicamente, hasta cierto punto, por medio de la resonancia estocástica (situación en la que el ruido mejora la detección de una señal) y que el acúfeno aparecería como un efecto secundario del mecanismo que busca optimizar la transmisión de la señal a nivel del receptor.

Además, se pudo observar que la diferencia en los umbrales observados en las frecuencias mayores a 10000 Hz, entre presencia y ausencia de acúfeno se incrementa en el grupo 2 en comparación al grupo 1 (Ver [Figura 3](#) y [4](#)). Es decir que en los adolescentes con umbrales mayores la diferencia entre presencia y ausencia de acúfeno aumenta, observándose menores umbrales en quienes presentan acúfeno. Esto se observa en ambos oídos, pero de forma más pronunciada en el oído izquierdo.

En una investigación [König et al. \(2006\)](#) estudiaron las audiometrías de rango convencional en adultos con pérdida auditiva inducida por ruido relacionándolo con la presencia de acúfeno. Al igual que en la presente investigación observaron que el grupo con acúfeno presentaba umbrales menores. Las diferencias encontradas entre los grupos sin y con acúfeno fueron estadísticamente significativas. Si bien estudiaron una población con hipoacusia y sólo hasta la frecuencia 8000 Hz, está establecido que en las hipoacusias inducidas por ruido las pérdidas auditivas comienzan por las altas frecuencias, por lo cual podría pensarse que lo observado en adolescentes en la presente investigación, con el paso del tiempo y la continuidad de la exposición podría llevar a un escenario similar al encontrado por el equipo de König.

Por otro lado, se analizó el grupo con presencia de acúfeno, indagando sobre la frecuencia de aparición: ocasional y frecuente. Dado que se habían encontrado umbrales auditivos menores en quienes presentaban acúfeno, en el análisis de la frecuencia de aparición se esperaba que los adolescentes con acúfeno frecuente obtuvieran umbrales menores que los adolescentes con acúfeno ocasional. Sin embargo, se encontró que el oído izquierdo de los adolescentes con acúfeno frecuente obtuvo umbrales mayores que el grupo con acúfeno ocasional en todas las frecuencias evaluadas mientras que en el oído derecho se observó que los umbrales auditivos fueron similares entre los grupos, ocasional y frecuente (Ver [Figura 5](#) y [6](#)). Similares resultados obtuvieron [Moore et al. \(2017\)](#), quienes evaluaron a 4950 personas de 17 a 75 años y entre sus variables de estudio, describieron la presencia de acúfeno según la frecuencia de aparición: nunca, raramente, algunas veces, usualmente y constantemente. En sus resultados observaron una clara relación entre el aumento de la frecuencia de aparición con el aumento del grado de dificultad auditiva.

Finalmente, el análisis descriptivo sobre las curvas audiométricas de acuerdo a los grupos 1 y 2, mostró que las diferencias entre los umbrales auditivos fueron principalmente mayores en el rango extendido de alta frecuencia. Esto se encuentra en concordancia con lo ampliamente mencionado en la literatura científica respecto a la importancia de la exploración en las altas frecuencias, dado su valor para el diagnóstico de pérdidas auditivas incipientes por exposición a ruido ([Vielsmeier et al., 2015](#); [Rodríguez Valiente et al., 2016](#); [García Ortíz et al., 2017](#)).

Por lo aquí expuesto resulta de interés promover futuros trabajos en esta temática. Se sugiere ampliar el análisis con investigaciones de diseño longitudinal que permitan comparar los grupos de acúfeno de acuerdo al perfil auditivo, principalmente en el rango extendido de alta frecuencia, ya que en la presente investigación es donde se observaron las diferencias más significativas en este grupo de temprana edad. A su vez, se recomienda indagar sobre otras características del

acúfeno como el tipo de sonido, antigüedad y localización, para contribuir al estudio del acúfeno en relación con los umbrales auditivos en los rangos convencional y extendido de alta frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvo, A. y Nazar, R. Aproximación inicial para el diagnóstico y manejo del paciente con tinnitus. *Rev Hosp Clín Univ Chile*, 21:223-31, 2010.
- Anastasio, A., Radael, R., Caval Cante, J. y Hatzopoulos, S. A report of extended high frequency audiometry thresholds in school-age children with no hearing complaints. *Audiol Res*, 2 (1):39-42, 2012.
- Baguley, D. Mechanisms of tinnitus. *Br Med Bull*, 63:195-212, 2002.
- Bess, F. y Humes, L. Estructura y función del sistema auditivo. *Fundamentos de Audiología*. Manual Moderno; 56-62, 2005.
- Curet, C. y Roitman, D. Tinnitus - evaluación y manejo. *Rev Med Clin Condes*, 27 (6):848-868, 2016.
- Davis, A., Coles, R., Smith, P. y Spencer, H. Factors influencing tinnitus report in Great Britain. In: Aran, JM, Dauman, R eds. *Tinnitus 91: Proceedings of the fourth international tinnitus seminar*, Kugler; 239-243, 1992.
- Dewey, R., Hall, D., Guest, H., Prendergast, G., Plack, C. y Francis, S. The Physiological Bases of Hidden Noise-Induced Hearing Loss: Protocol for a Functional Neuroimaging Study. *JMIR Res Protoc*, 7 (3), 2018.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Doménech, J. Audiometría de alta frecuencia. En: Salesa E, Perelló E, Bonavida A. *Tratado de Audiología*, España: Elsevier Masson; 163-176, 2005.
- Erlandsson, S. y Hallberg, L. Prediction of Quality of Life in Patients with Tinnitus. *Br J Audiol*, 34, 2011.
- GAES Estudio multicéntrico de acúfenos en centros GAES IAI; XI International Tinnitus Seminar, 2014.
- García Ortiz, M., Torres Núñez, M., Torres Fortuny, A., Alfonso Muñoz, E. y Cruz Sánchez, F. Audiometría de altas frecuencias: utilidad en el diagnóstico audiológico de la hipoacusia inducida por ruidos. *Rev. Arch Med Camagüey*, 21 (5), 2017.
- Gollnast, D., Tziridis, K., Krauss, P., Schilling, A., Hoppe, U. y Schulze, H. Analysis of Audiometric Differences of Patients with and without Tinnitus in a Large Clinical Database. *Front. Neurol.* 8:31, 2017.
- IRAM 4028-1. Audiometría tonal. Métodos básicos de prueba [Audiometry. Basic testing methods]. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1992.
- ISO 8253-1. Acoustics - Audiometric test methods - Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry. International Organization for Standardization, 2010.
- Jastreboff, P., Gray, W. y Gold, S. Neurophysiological approach to tinnitus patients. *Am J Otol*, 17:236-40, 1996.
- Jerger, J., Anthony, L., Jerger, S. y Mauldin, L. Studies in impedance audiometry. Middle ear disorders. *Arch Otolaryngol*, 99 (3):165-171, 1974.
- Jofré, D., De la Paz, F., Platzer, L., Anabalón, J., Grasset, E. y Barnafi, N. Evaluación de la exposición a ruido social en jóvenes chilenos. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 69 (1):23-28, 2009.
- Krauss, P., Tziridis, K., Metzner, C., Schilling, A., Hoppe, U. y Schulze, H. Stochastic Resonance Controlled Upregulation of Internal Noise after Hearing Loss as a Putative Cause of Tinnitus-Related Neuronal Hyperactivity. *Front Neurosci*, 10 (597), 2016.
- König, O., Schaette, R., Kempster, R. y Gross, M. Course of hearing loss and occurrence of tinnitus. *Hear Res*, 221 (1-2):59-64, 2006.
- Langguth, B., Kreuzer, P., Kleinjung, T. y De Ridder, D. Tinnitus: causes and clinical management. *Lancet Neurol*, 12 (9):920-930, 2013.
- Langguth, B., Salvi, R. y Elgoyhen, A. Emerging pharmacotherapy of tinnitus. *Expert Opin Emerg Drugs*, 14 (4):687-702, 2009.

- Liberman, M., Epstein, M., Cleveland, S., Wang, H. y Maison, S. Toward a Differential Diagnosis of Hidden Hearing Loss in Humans, *PLoS One*, 11 (9), 2016.
- López González, M. y Ortega, F. Acúfeno como señal de malestar. Ponencia oficial XXIV Congreso de la Sociedad Andaluza de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Granada, España. 1072.
- Moore, D., Zobay, O., Mackinnon, R., Whitmer, W. y Akeroyda, M. Lifetime leisure music exposure associated with increased frequency of tinnitus. *Hear Res*, 347:18-27, 2017.
- Nicolas-Puel, C., Akbaraly, T., Lloyd, R., Berr, C., Uziel, A., Rebillard, G. y Puel, J. Characteristics of tinnitus in a population of 555 patients: specificities of tinnitus induced by noise trauma. *Int Tinnitus J*, 12 (1):64-70, 2006.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición. Comunicado de Prensa, 2015.
- Rodríguez Valiente, A., Roldán Fidalgo, A., Villarreal, I. y García Berrocal, J. Audiometría con extensión en altas frecuencias (9.000-20.000 Hz). Utilidad en el diagnóstico audiológico. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 67 (1):40-44, 2016.
- Shargorodsky, J., Curhan, S.G., Curhan, G.C. y Eavey, R. Change in prevalence of hearing loss in US adolescents. *JAMA*, 304 (7):772-778, 2010.
- Sánchez, T., Moraes, F., Casseb, J., Cota, J., Freire, K. y Roberts, L. Tinnitus is associated with reduced sound level tolerance in adolescents with normal audiograms and otoacoustic emissions. *Sci Rep*, 6 (6), 2016.
- Vielsmeier, V., Lehner, A., Strutz, J., Steffens, T., Kreuzer, P.M., Schecklmann, M., Landgrebe, M., Langguth, B. y Kleinjung, T. The Relevance of the High Frequency Audiometry in Tinnitus Patients with Normal Hearing in Conventional Pure-Tone Audiometry. *Biomed Res Int*, 2015.
- Weisz, N., Hartmann, T., Dohrmann, K., Schlee, W. y Norena, A. High-frequency tinnitus without hearing loss does not mean absence of deafferentation. *Hear res*, 222 (1-2):108-114, 2006.
- Zenker, F., Altahona, M. y Barajas, J. La exposición a ruido por actividades de ocio en adolescentes. *Rev Logop Foniatr Audiol*, 21 (4):173-180, 2001.
- Ziai, K., Moshtaghi, O., Mahboubi, H. y Djalilian, H. Tinnitus Patients Suffering from Anxiety and Depression: A Review. *Int Tinnitus J*, 21 (1):68-73, 2017.