

## Diagnóstico predictivo de la hipoacusia inducida por ruido utilizando las otoemisiones acústicas

Predictive diagnosis of noise-induced hearing loss using acoustic otoemissions

Lazara Arleti Hernández Ríos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Hospital Militar Central “Dr. Carlos J. Finlay”. La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [hbfina@infomed.sld.cu](mailto:hbfina@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** Las otoemisiones acústicas constituyen un método ideal para la detección del daño coclear, ya que son específicas y sensibles a las alteraciones que se producen en el conducto auditivo externo. Es un método objetivo, rápido, incruento y repetible que permite explorar aspectos de la audición en sujetos con factores de riesgo.

**Objetivo:** Determinar la utilidad de las emisiones otoacústicas en el diagnóstico predictivo de hipoacusias inducidas por ruidos.

**Métodos:** Estudio observacional, descriptivo de corte transversal, en el periodo comprendido entre febrero de 2015 a marzo de 2017, en instituciones de enseñanza media superior de La Habana. La muestra fue de 86 casos que tenían como agente agresor la exposición a ruidos.

**Resultados:** Del total de pacientes estudiados el 41,27 % no pasó las emisiones otoacústicas; estos datos coinciden con los resultados anormales en las audiometrías.

**Conclusiones:** La prueba diagnóstica estudiada tiene un valor fundamental para establecer una vigilancia epidemiológica en aquellos sujetos que están expuestos a ruidos intensos.

**Palabras clave:** otoemisiones; hipoacusia; ruido.

### ABSTRACT

**Introduction:** Acoustic otoemissions are an ideal method for the detection of cochlear damage, since they are specific and sensitive to the alterations that occur in the external

auditory canal. It is an objective, fast, bloodless and repeatable method that allows to explore hearing aspects in subjects with risk factors.

**Objective:** To determine the usefulness of otoacoustic emissions in the predictive diagnosis of noise-induced hearing loss.

**Methods:** Observational, descriptive cross-sectional study, from February 2015 to March 2017, at institutions of higher secondary education in Havana. The sample consisted of 86 cases that had aggressing exposure to noise.

**Results:** Almost half of the total studied patients (41.27%) did not pass otoacoustic emissions; these data coincide with the abnormal results in audiometry.

**Conclusions:** The studied diagnostic test has a fundamental value to establish an epidemiological surveillance in those subjects who are exposed to intense noises.

**Keywords:** otoemissions; hearing loss; noise.

Recibido: 14/06/2019

Aceptado: 18/07/2019

## Introducción

Las emisiones otoacústicas (EOA) se definen como cualquier sonido originado en la cóclea que puede ser registrado en el conducto auditivo externo.<sup>(1)</sup>

La primera teoría que intentó explicar el funcionamiento del oído interno fue la de resonancia, según la cual se consideraba la cóclea como un órgano resonador.<sup>(1,2)</sup>

El estudio de las emisiones otoacústicas se remonta a la segunda mitad del siglo XIX, en el que *Corti* describió la estructura de la cóclea tal y como es conocida actualmente. Pero no fue hasta 12 años después que *Attias* y *Haupt*, basándose en los hallazgos de su antecesor, presentaron la teoría donde se exponía como el Órgano de Corti era la base de la discriminación frecuencial del oído y como esta se debía a que diferentes zonas de la membrana basilar vibran a diferentes frecuencias.<sup>(1,2)</sup>

A finales de este siglo se hablaba de la idea de que el órgano de Corti convertía las vibraciones de los líquidos perilinfáticos y endolinfáticos en impulsos bioeléctricos, que por vía auditiva llegaban al cerebro, donde eran decodificados. Estas nuevas teorías propiciaron

el abandono de la hipótesis de la resonancia coclear; apoyaron en los años 1930 el descubrimiento del factor microfónico por *Weber*.<sup>(2)</sup>

*Russell y Sellick*, en el año 1977, comprobaron que la selectividad frecuencial se encontraba antes del nervio. Estos autores realizaron el primer registro intracelular de las células ciliadas internas en la base de la cóclea.<sup>(3)</sup>

La presencia de procesos activos que ocurren en la cóclea y que son capaces de generar energía detectable, fue planteada por primera vez por *Gold* en 1948 y demostrada por *Kemp* 30 años después.

En 1977, en Londres, *Kemp* se colocó una sonda con un micrófono y un amplificador en su propio oído que registró por primera vez sonidos provenientes del oído interno. Desde ese momento se inicia un acelerado desarrollo científico y tecnológico que permite hoy en día el empleo de modernos equipos de registro de emisiones otoacústicas que facilitan el diagnóstico.<sup>(1,4,5)</sup>

*Kemp*, en 1978, aportó la primera prueba convincente de la implicación de los fenómenos activos en la micromecánica coclear y demostró la existencia de las EOA; este descubrimiento tuvo una escéptica acogida por parte de la comunidad científica.<sup>(1,3)</sup>

La medición de emisiones otoacústicas es un método confiable y preciso para estimar la función del órgano periférico de la audición.

El registro de las EOA permite explorar la función auditiva periférica con profundidad y detalle, por lo que constituye una nueva herramienta para el estudio de los trastornos auditivos, representan la energía acústica generada en las células ciliadas. Son en la actualidad la prueba objetiva, no invasiva y de bajo costo que nos ofrece datos de las frecuencias agudas tan necesarias para el habla y el lenguaje.<sup>(5,6,7)</sup>

*Attias* y colaboradores buscaron la relación entre los umbrales auditivos por audiometría y la presencia de emisiones otoacústicas en pacientes con y sin hipoacusia inducida por ruido. Estos encontraron que en los pacientes expuestos a ruido, las emisiones estaban muy disminuidas, aun cuando los umbrales auditivos no mostraban cambios importantes, lo cual demuestra que las EOA representan una medida más exacta del daño coclear que produce la exposición a ruido aun antes de que el paciente pueda percatarse de ello.

La hipoacusia inducida por ruido (HIR) es un problema de salud que se incrementa, conjuntamente con el avance de la civilización.

Desde hace miles de años es conocida la relación existente entre los ruidos intensos y la hipoacusia, pero solo hasta hace unos 350 años *Francis Bacon* describió los efectos nocivos del ruido intenso. La revolución industrial con el empleo de maquinaria ruidosa aumentó de forma importante el número de personas afectadas por el ruido, el cual es uno de los contaminantes ambientales más importantes en la sociedad moderna.<sup>(7)</sup>

Normas mundiales fijan los niveles sonoros admisibles, de acuerdo con los lugares y los horarios, para garantizar una vida en armonía. Los límites aceptables para el ruido son 65 dB durante el día y 55 en la noche. El oído humano está apto para soportar unos 85 dB en estado de riesgo, 90 de peligro y 120 de dolor.<sup>(8,9)</sup>

La capacidad auditiva empieza a deteriorarse a partir de los 75 dB, y si se superan los 85 de forma habitual se puede originar la denominada sordera sensorineural progresiva.<sup>(10,11,12)</sup>

La hipoacusia es el defecto sensitivo más frecuente en los seres humanos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, más de 270 millones de personas en el mundo tienen hipoacusia moderada a intensa y 25 % de estos casos comienzan en la infancia.<sup>13</sup>

La exposición a un ruido de 90 a 140 dB daña a la cóclea de manera metabólica más que mecánica. Esta afectación ocurre sobre todo en las células ciliadas externas del órgano de Corti, las cuales atraviesan una cascada de eventos bioquímicos, pierden su rigidez y responden escasamente a los estímulos y culminan con la muerte celular.

En una extensa revisión de la literatura nacional de más impacto sobre las pérdidas auditivas por el uso indiscriminado de reproductores de música y sus métodos de diagnóstico, no se han reportado estudios que aborden el tema de esta investigación. Sin embargo, como las exigencias del desarrollo social son cada vez mayor y por la alta frecuencia de esta entidad fundamentalmente en las edades tempranas de la vida, se impone un estudio de técnicas más precisas para diagnósticos detallados, que permitan la prevención para imponer conductas tempranas y definitivas, este es el propósito que persigue la autora de esta investigación.<sup>(14,15)</sup>

El objetivo de este trabajo es determinar la utilidad de las emisiones otoacústicas en el diagnóstico predictivo de hipoacusias inducidas por ruidos.

## Métodos

Se realizó un estudio observacional, descriptivo de corte transversal, en el periodo comprendido entre febrero de 2015 a marzo de 2017, en instituciones de enseñanza media superior de La Habana. El universo de estudio estuvo representado por todos los sujetos de 1er año de dichas escuelas, de sexo masculino y femenino, en edades comprendidas de 15 a 19 años, que tenían como agente agresor la exposición a ruidos. La muestra fue de 86 adolescentes.

Las variables estudiadas fueron: edad, sexo, factores de riesgo, tiempo de exposición, intensidad del ruido, resultados audiométricos y de las emisiones otoacústicas.

Los criterios de inclusión fueron: adolescentes expuestos a ruidos intensos. Los de exclusión: sujetos con antecedentes familiares y personales de enfermedades auditivas.

La información fue introducida en una base de datos, se utilizó el programa EXCEL, del Windows Office XP. Para la evaluación de la muestra se utilizó el programa Epidat para análisis epidemiológico de datos tabulados (Versión 3.1).

## Resultados

Como se observa en la tabla 1, predominó el sexo femenino (65,1 %) y la edad de 16 y 18 años para un 31,3 %, respectivamente.

**Tabla 1** - Distribución de la muestra según edad y sexo

Sexo	Edad (años)										Total	
	15		16		17		18		19			
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Femenino	7	8,1	24	27,9	2	2,3	14	16,2	9	10,4	56	65,1
Masculino	4	4,6	3	3,4	3	3,4	13	15,1	7	8,1	30	34,8
Total	11	12,7	27	31,3	5	5,8	27	31,3	16	18,6	86	100

La tabla 2 describe la distribución de factores de riesgos por edades. Se observa que estos están presentes en todas las edades, inclusive, un mismo sujeto puede estar expuesto a varios de los agentes agresores descritos. Se evidencia que la mayor cantidad de casos expuestos a factores de riesgo se encuentran en la edad de 18 años y predominó la práctica de tiro en un 100 %.

Se observa que la práctica de tiro tuvo mayor prevalencia con un 80,23 %; le sigue el uso de reproductor de música personal RMP para un 77,90 % y la asistencia a discoteca con un 69,76 %.

**Tabla 2 - Distribución de edades por factores de riesgos**

Factor de riesgo	Edad (años) / %										Total	
	15	%	16	%	17	%	18	%	19	%	No.	%
RMP	6	54,5	21	77,7	3	60,0	25	92,5	12	75,0	67	77,90
Asistencia a discoteca	6	54,5	20	74,0	3	60,0	19	70,3	12	75,0	60	69,76
Practica de tiro	5	45,4	17	62,9	4	80,0	27	100	16	100	69	80,23

En la tabla 3 se exponen los valores obtenidos en el estudio realizado mediante las EOA en el total de jóvenes, diferenciado por oídos. Estos datos evidencian que existe una significativa cifra de oídos alterados con respecto al total, que representa un 41,27 %; y a su vez coinciden con los resultados anormales en las audiometrías.

El oído derecho estuvo menos afectado, representa una proporción 57/29; de igual manera sucede en el oído izquierdo, pero en menor proporción 44/42, aunque el número de alterados supera al del oído derecho.

**Tabla 3 - EOA diferenciada en ambos oídos**

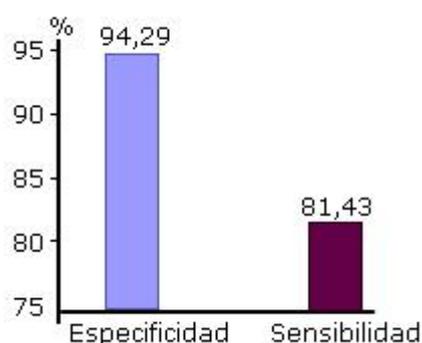
Oídos	EOA				Total	%
	Normal		Alterado			
	No.	%	No.	%		
Derecho	57	65,11	29	33,72	86	50
Izquierdo	44	51,16	42	48,83	86	50
Total	101	58,72	71	41,27	172	100

En la tabla 4 se evidencia los datos de los estudios correspondientes a las EOA y la Audiometría tonal en los 172 oídos en total. Se aprecia que existe una mayor cantidad de resultados normales con respecto a los alterados; la Audiometría tonal normal representa un 84,30 % y EOA normales un 58,72 %. Sin embargo, los oídos alterados presentan un elevado porcentaje en ambas pruebas; el oído izquierdo fue el más afectado, un 18,60 % en la audiometría tonal y un 48,83 % en las EOA.

**Tabla 4 - Resultados de EOA y audiometría tonal**

Oídos	Audiometría tonal				EOA			
	Normal	%	Alterada	%	Normal	%	Alterada	%
Derecho	75	87,20	11	12,79	57	66,27	29	33,72
Izquierdo	70	81,39	16	18,60	44	51,16	42	48,83
Total	145	84,30	27	15,69	101	58,72	71	41,27

En la figura se aprecia la representatividad de la sensibilidad y la especificidad de la EOA frente al diagnóstico predictivo de las HIR.



**Fig. -** Representatividad de la sensibilidad y especificidad de las emisiones otoacústicas.

## Discusión

En un estudio realizado en el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (Sesma) en Chile en el 2013, el 30% de los trabajadores chilenos está expuesto a niveles que provocan daño auditivo irreparable.<sup>(5)</sup> Lo anterior no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación; aunque los factores de riesgo en la muestra estudiada estaban presentes en un alto porcentaje.

*Burgos*<sup>(6)</sup> demostró que los casos más afectados por el ruido son los hombres entre 50 y 65 años de edad. Los que más daños presentan son aquéllos expuestos con más frecuencia a máquinas como sierras, pulidoras, lijadoras, motores, turbinas, y telares en general, trabajos de fábricas que generan sonidos intensos y persistentes. No obstante, en este estudio predominó el sexo femenino.

Otro estudio realizado en la Universidad Católica de Chile en 508 jóvenes que usaban reproductor de música personal, refiere que la población de mayor riesgo de tener una excesiva intensidad de presión sonora serían hombres, jóvenes y de menor nivel socioeconómico.<sup>(11)</sup>

Sin embargo, en el Hospital Militar “Dr. Luís Díaz Soto” en estudios realizados en pacientes con lesiones auditivas inducidas por ruido, se encontró que la mayor probabilidad de lesión es a partir de la mediana edad. Por lo que se puede afirmar que el mecanismo y las estructuras dañadas por ruido difieren en adultos jóvenes y personas de edad avanzada. Con respecto al sexo no hay estudios que confirmen la protección auditiva de la mujer con respecto al ruido.<sup>(4)</sup>

*Mijares*, en un estudio realizado con respecto al empleo de las emisiones otoacústicas para el pesquisaje del déficit auditivo, afirma que las EOA son más frecuentes en el sexo femenino que en el masculino, lo cual se cumple para todas las edades.<sup>(3)</sup> Estos resultados coinciden con los de esta investigación.

Varios autores<sup>(16,17)</sup> demostraron en sus estudios que las actividades de recreación como la caza, tiro al blanco, salas de baile, orquestas y discotecas, constituyen un daño perjudicial para la salud auditiva, ya que disminuyen progresivamente la audición y su capacidad de comunicación; también esta hipótesis fue demostrada en los trabajos de *Burgos*.<sup>(6)</sup>

Desde las últimas décadas del pasado siglo, con la llegada al mercado y lanzamiento en 1979 por la compañía japonesa Sony, del primer reproductor de música personal, surge un nuevo factor de riesgo de pérdida auditiva y con ello una nueva preocupación relacionada con la salud auditiva asociada a la exposición a ruidos.

En América se han realizado trabajos en los que se han encontrado usuarios de reproductores de música personal desde edades muy tempranas (6 años). *Zaslavsky*<sup>(18)</sup> en México describe en sujetos entre 6 y 18 años una proporción de un 63 % con la utilización de este factor adverso. Otro estudio realizado recientemente por *Hayo*<sup>(11)</sup> en el 2012 a 102 estudiantes universitarios de una escuela de odontología en Chile, evidenciaron una prevalencia de sobreexposición a esta variable de un 11,4 %.

El uso de reproductores de música personal ha tenido un desarrollo explosivo en los últimos años, desde su aparición en 1972 con el *Walkman*, en términos de difusión y tecnología, y alcanza a todos los estratos de la sociedad. Desde el año 2008, la comisión para conductas de riesgo en salud emergentes, de la Comunidad Europea (SCENIHR), ha identificado el uso

desmedido de estos equipos como un riesgo en salud, en relación con el trauma acústico crónico que generarían en los usuarios.<sup>(18)</sup>

Hayo<sup>(11)</sup> en Chile, en un estudio realizado en 1993, encontró que la población joven entre 15 y 26 años tenía un uso de reproductores musicales por más de 40 h semanales en 6 %, en la que el 27 % de la muestra los usaba a alto volumen. Estas evidencias coinciden con lo hallado en este trabajo.

Se estima que el trauma acústico recreacional sobrepasaría en los próximos años al trauma acústico ocupacional como problema de salud pública. Una proporción importante de usuarios estaría en niveles de riesgo. Los factores encontrados como determinantes de riesgo indican que las estrategias de intervención deben enfocarse hacia la escucha responsable por parte del usuario (escuchar al menor volumen confortable posible), más que en la implementación o selección de determinadas tecnologías.<sup>(19)</sup>

Una forma de advertir cuándo un sonido le hace mal al oído, es cuando la persona se siente nerviosa, siente un zumbido o una sordera momentánea o se ve obligada a gritar para comunicarse. Los efectos de la contaminación acústica para la salud son múltiples. Según explica el Jefe del Servicio de Medicina del Trabajo del Hospital del Trabajador de Chile,<sup>(5)</sup> además de estrés, irritabilidad y ansiedad, el ruido puede provocar y agravar enfermedades cardiovasculares (por el aumento del ritmo cardíaco), la hipertensión y elevar el contenido de colesterol en la sangre.

De hecho, un estudio realizado por *Zaslavsky* en México demostró que la población expuesta a un nivel de ruido por encima de los 65 dB desarrolla, a corto plazo, un 20 % más de ataques cardíacos.<sup>(18)</sup>

Las personas al estar expuestas a ruidos intensos pueden sufrir de cefaleas y tener tendencia a actitudes agresivas, dificultades de observación, concentración y sordera. El problema fundamental se produce cuando la exposición a esos niveles sonoros excesivos se repite de manera que el oído no puede descansar, es decir, no tiene tiempo de recuperarse entre una exposición y la siguiente. Si esta situación se mantiene durante un tiempo prolongado, generalmente por años, llega a aparecer una lesión irreversible en el oído, lo que se denomina “desplazamiento permanente del umbral auditivo” o hipoacusia producida por el ruido.<sup>(20)</sup>

Como se señaló anteriormente, en el desplazamiento temporal del umbral auditivo aún no hay lesión. La recuperación es casi completa al cabo de 2 h y completa a las 16 h de cesar el

ruido si se permanece en un estado de confort acústico (menos de 50 dB en vigilia o de 30 dB durante el sueño).

La hipoacusia sensorineural producida por ruido no tiene tratamiento alguno, es decir, una vez instalada no hay posibilidad de remisión. El esfuerzo debe dirigirse a la prevención, mediante la aplicación de medidas adecuadas. La profilaxis se basa en control audiométrico periódico junto con medidas de protecciones individuales y colectivas.<sup>(11,21)</sup>

La medición de emisiones otoacústicas es un método confiable y preciso para estimar la función del órgano periférico de la audición. Por lo tanto, permite la investigación de la susceptibilidad al ruido, detecta pérdidas auditivas inducidas por ruido antes de que aparezcan en el audiograma tonal e identifica funciones micrococleares, pequeños cambios que no aparecen en el audiograma.<sup>(3,4)</sup>

Un estudio realizado por *Mijares*<sup>(3)</sup> en La Habana, refiere que las EOA tienen una gran variación intersujetos en intensidad y frecuencia, pero no entre oídos en un mismo sujeto. Uno de los más importantes factores a tener en cuenta con el uso de esta técnica, es que las EOA no son detectables en pérdidas auditivas por encima de 50 dB HL, aunque algunas textos<sup>(2,8)</sup> refieren 30 dB, lo que trae como consecuencia que no se pueda precisar el umbral auditivo en un paciente con daño. La magnitud o severidad de la pérdida auditiva no puede ser evaluada con esta técnica.<sup>(3)</sup>

Las emisiones otoacústicas son vibraciones mecánicas generadas en la cóclea, que se transmiten a través del fluido linfático en esta y por el oído medio al conducto auditivo externo, donde con un micrófono pueden registrarse sonidos débiles. Se han descubierto dos clases de emisiones otoacústicas: espontáneas y provocadas.<sup>(3, 4)</sup>

Las respuestas de las emisiones otoacústicas transitorias pueden dar una indicación del estado coclear por frecuencia específica.<sup>(4,10)</sup>

El estudio de las emisiones otoacústicas puede definir con precisión los mecanismos de selección y sensibilidad de las células ciliadas externas, mediante patrones de frecuencia en el oído con audición normal.<sup>(4)</sup>

Para el logro de la selectividad de frecuencias y la audición como tal, por medio del receptor (oído interno), influye no solo la existencia de las células ciliadas externas, sino una integridad en todos los episodios fisiológicos que se llevan a cabo, como: equilibrio iónico en el líquido endolinfático y perilinfático, canales iónicos útiles, neurotransmisores, integridad de la membrana basilar, la estría vascular, adecuada mielinización de las ramas

nerviosas del octavo par, entre otros. De manera general, puede afirmarse que las emisiones otoacústicas transitorias reflejan la integridad y funcionamiento adecuado del oído interno.<sup>(2)</sup>

La HIR se caracteriza por ser de comienzo insidioso, curso progresivo y de presentación predominantemente bilateral y simétrica. Al igual que todas las hipoacusias sensorineurales, se trata de una afección irreversible, pero a diferencia de estas, la HIR puede ser prevenida.<sup>(4)</sup>

Este estudio demostró que existe una correlación entre los resultados encontrados en las EOA y la Audiometría tonal.

La audiometría es el Gold Standard para su diagnóstico definitivo y su caracterización. Este examen requiere de la cooperación del paciente para ser realizado, lo que permite la evaluación de los umbrales auditivos entre las frecuencias de 125 y 8000 Hertz. De este modo, se obtiene una curva que muestra una hipoacusia sensorineural, con un daño mayor en las frecuencias agudas en comparación con las graves, se visualiza una escotadura alrededor de los 4000 Hz. En las EOA no se requiere la colaboración del sujeto.

En caso de que el estímulo no cese, la progresión del daño hace que las frecuencias graves se vean cada vez más afectadas, si se considera que el rango de audición del oído humano se extiende entre los 20 a 20 000 Hz, la audiometría podría ser un método importante en la detección precoz de la hipoacusia inducida por ruido en el ámbito laboral o recreativo, si se estudiaran las frecuencias superiores a los 8000 Hz.<sup>(6,21)</sup>

*Derekoy* y colaboradores reportan una sensibilidad de 95 % y una especificidad de 89,9 % con un valor predictivo positivo (VPP) de 2 % y un valor predictivo negativo (VPN) de 99,9 % en una primera prueba de pesquisaje, mientras que en el confirmatorio reporta una sensibilidad de 95 %, una especificidad de 87 %, un valor predictivo positivo de 16 % y un valor predictivo negativo de 99,9 %. En un estudio más reciente se reporta una sensibilidad de 90,9 % y una especificidad de 91,1 %.<sup>(21)</sup> Esto coincide con lo encontrado en esta investigación

Se concluye, que las EOA es un método confiable y certero en el diagnóstico predictivo de las hipoacusias inducidas por ruido en los adolescentes que usan reproductores de música personal; como medio predictivo sirve para orientar a estos jóvenes a mejorar sus estilos de vida.

## Referencias bibliográficas

1. Kemp D. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am.* 2014;64(5):1386-91.
2. Attias J, Bresloff I, Haupt H, Scheibe F, Ising H. Preventing noise induced otoacoustic emission loss by increasing magnesium (Mg<sup>2+</sup>) (intake in guinea-pigs. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2013;14(2):119-36.
3. Mijares E. Empleo de las emisiones otoacústicas para el pesquisaje del déficit auditivo. *Rev Hab Cienc Méd.* 2016;5(1):18-20.
4. Hernández H, Gutiérrez M. Hipoacusia inducida por ruido. *Rev Cub Med Mil.* 2016;35(4).
5. Otárola F, Finkelstein A. Ruido Laboral y su Impacto en Salud. *Ciencia y Trabajo (Chile).* 2014;8(2):47-51.
6. Burgos A. Influencia del entorno acústico laboral en el comportamiento audiométrico y su correlación con el registro de otoemisiones acústicas de productos de distorsión. España: Universidad de Alicante. 2015;30(1).
7. Angulo A, Burgos A, Paredes M, Pueo B, Pinto A, Vera J. Aspectos Físicos y Fisiológicos del ruido en una industria tabacalera. *Rev Acústica (Chile).* 2012;31:1-6.
8. Fresia S, Leyva V, García C. La aplicación de las Emisiones Otoacústicas producto de distorsión en patologías por exposición al ruido. *Universidad de Chile.* 2014;14:13-8.
9. Montserrat L, Berlanga O, Rivera P, Ortega L. Sensibilidad y especificidad de emisiones otoacústicas. *Instituto de la comunidad humana de la secretaría de salud de México.* 2014;7(1).
10. Altschuler R. Trauma acústico o daño auditivo inducido por ruido (DAIR). *Fundación Arauz-Instituto Otorrinolaringológico.* 2013 [acceso 10/12/2015]. Disponible en: <http://www.sinfomed.org>
11. Hayo A, Breinbauer J, Anabalón L, Gutiérrez D, Caro J. Estimación de riesgos y hábitos de uso de reproductores de música personal. *Universidad Católica de Chile.* 2017;46:45-9.
12. Arch E. Trauma acústico generado por exposición a explosión de pólvora. México: *Instituto Nacional de Rehabilitación;* 2013.
13. Angulo A. Vía auditiva y otras estructuras centrales. *J Anatomía Chile.* 2013;168:241-55.
14. Le Prell C, Dolan D, Schacht J, Miller J, Lomax M, Altschuler R. Pathways for protection from noise induced hearing loss. *Noise Health.* Bélgica. 2013;5(20):1-17.

15. Robinette M. Clinical applications of otoacoustic emissions: infants, children and adults. *J Mexican Society of Otolaryngology*. 2014;4(1):16-21.
16. Kemp D. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Brusellas. Med. Bull.* 2012;63:223-41.
17. Sulkowski W, Szymczak W, Kowalska S, Sward M. Epidemiology of occupational noise-induced hearing loss (ONHL) in Poland. *Otolaryngol Pol.* 2014;58(1):233-6.
18. Zaslavsky M. Diagnóstico temprano de sordera por emisiones otoacústicas en el recién nacido. *Anales Médicos del Hospital ABC México*. 2013;42(3):111-6.
19. Balatsouras D. The evaluation of noise-induced hearing loss with distortion product otoacoustic emissions. *Ann ORL Bélgica*. 2014;10(5):218-22.
20. Kosel P, Davis R, Krieg E, Shull G, Erway L. Deficiency in plasma membrane calcium ATPase isoform 2 increases susceptibility to noise-induced hearing loss in mice. *J ORL Livingston*. 2012;164(1-2):231-9.
21. Derekoy F, Koken T, Yilmaz D, Kahraman A, Altuntas A. Effects of ascorbic acid on oxidative system and transient evoked otoacoustic emissions in rabbits exposed to noise. *Laryngoscope J New York*. 2014;114(10):1775-9.

### **Conflicto de intereses**

La autora refiere que no existe conflicto de intereses.