

Efectos de la estimulación acústica personalizada en pacientes con tinnitus

Effects of personalized acoustic stimulation in patients with tinnitus



Angela María **López Toro**
Francisco Javier **González Eslait**
Pedro **Blanco Sarmiento**
Carmen **Ocampo**

ART Volumen 22 #1 enero - junio

Revista
ARETÉ
ISSN-l: 1657-2513 | e-ISSN: 2463-2252 *Fonoaudiología*

ID: [10.33881/1657-2513.art.22103](https://doi.org/10.33881/1657-2513.art.22103)

Title: Effects of personalized acoustic stimulation in patients with tinnitus
Título: Efectos de la estimulación acústica personalizada en pacientes con tinnitus

Alt Title / Título alternativo:

[en]: Effects of personalized acoustic stimulation in patients with tinnitus
[es]: Efectos de la estimulación acústica personalizada en pacientes con tinnitus

Author (s) / Autor (es):

López Toro, González Eslait, Blanco Sarmiento & Ocampo

Keywords / Palabras Clave:

[en]: Tinnitus, Acoustic Stimulation, Visual Analog Scale, Audiometry.
[es]: Tinnitus, estimulación acústica, Escala Visual Análoga, audiometría

Submitted: 2022-03-07

Accepted: 2022-03-11

Resumen

En el mundo se reportan más de 600 millones de personas que experimentan tinnitus. Aproximadamente 20% de las personas con tinnitus subjetivo permanente presentan incomodidad significativa, interviniendo negativamente en su calidad de vida, con inducción de estados depresivos. Existen diferentes estrategias de intervención para el manejo del tinnitus, entre ellas la estimulación acústica. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la estimulación acústica pasiva en la severidad del tinnitus y en la calidad de vida de los pacientes con tinnitus subjetivo crónico mediante la Escala Visual Análoga (VAS) y el Inventario de Discapacidad del Tinnitus (THI). Estudio descriptivo de cohorte histórico que incluyó a pacientes >18 años con tinnitus subjetivo crónico que recibieron manejo con estimulación acústica pasiva entre 2017-2018. A los pacientes se les aplicó la VAS y el THI antes, durante y después del tratamiento. Se evidenciaron cambios significativos ($p < 0,05$) entre las medianas en dos de los tres dominios del VAS y en todos los dominios pre y post tratamiento del THI. En las pruebas post hoc se encontraron diferencias ($p < 0,05$) entre las medianas de los puntajes al inicio y a los tres meses y entre los puntajes al inicio y a los seis meses en todos los dominios y en el puntaje total de la escala THI. La estimulación acústica pasiva generó cambios en la discapacidad generada por el tinnitus. Se sugiere complementar los abordajes de tratamiento con estrategias que favorezcan también los mecanismos de memoria, atención y conciencia para aumentar la efectividad de las intervenciones.

Citar como:

López Toro, A. M., González Eslait, F. J., Blanco Sarmiento, P. & Ocampo, C. (2022). Efectos de la estimulación acústica personalizada en pacientes con tinnitus. Areté, 22 (1), 19-26. Obtenido de: <https://arete.iberu.edu.co/article/view/2393>

Abstract

More than 600 million people worldwide are reported to experience tinnitus. Approximately 20% of people with permanent subjective tinnitus present significant discomfort, interfering negatively in their quality of life, inducing depressive states. There are different intervention strategies for the management of tinnitus, including acoustic stimulation. The aim of this study was to evaluate the impact of passive acoustic stimulation on tinnitus severity and quality of life in patients with chronic subjective tinnitus using the Visual Analogue Scale (VAS) and the Tinnitus Disability Inventory (THI). Descriptive historical cohort study including patients >18 years with chronic subjective tinnitus who received management with passive acoustic stimulation between 2017-2018. Patients were administered VAS and THI before, during and after treatment. Significant changes ($p < 0.05$) between medians were evident in two of the three VAS domains and in all pre – and post-treatment domains of THI. In post hoc tests, differences ($p < 0.05$) were found between the medians of scores at baseline and at three months and between scores at baseline and at six months in all of the domains and in the total THI scale score. Passive acoustic stimulation generated changes in tinnitus-generated disability. It is suggested to complement treatment approaches with strategies that also favor memory, attention and awareness mechanisms to increase the effectiveness of the interventions.

Dra Angela María **López Toro**, Fg

ORCID: 0000-0001-7425-8168

Source | Filiacion:
Clínica Imbanaco

BIO:
Doctora en Audiología, Fonoaudióloga

City | Ciudad:
Cali – Colombia

e-mail:
angelamaria.lopez@imbanaco.com.co

Francisco Javier **González Eslait**, Md sp

ORCID: 0000-0002-1318-3016

Source | Filiacion:
Clínica Imbanaco

BIO:
Otorrinolaringólogo

City | Ciudad:
Cali – Colombia

e-mail:
francisco.gonzalez@imbanaco.com.co

Pedro **Blanco Sarmiento**, Md sp

ORCID: 0000-0002-6993-9345
Source | Filiacion:
Clínica Imbanaco

BIO:
Otorrinolaringólogo

City | Ciudad:
Cali – Colombia

e-mail:
pedro.blanco@imbanaco.com.co

Carmen **Ocampo**, Md sp

ORCID: 0000-0003-0673-7401
Source | Filiacion:
Clínica Imbanaco

BIO:
Pediatra Intensivista, Epidemióloga

City | Ciudad:
Cali – Colombia

e-mail:
carmen.ocampo@imbanaco.com.co

Efectos de la estimulación acústica personalizada en pacientes con tinnitus

Effects of personalized acoustic stimulation in patients with tinnitus

Angela María **López Toro**
Francisco Javier **González Eslait**
Pedro **Blanco Sarmiento**
Carmen **Ocampo**

Introducción

En el mundo se reportan más de 600 millones de personas que experimentan tinnitus (**Seidman & Babus, 2003**) lo que corresponde aproximadamente a 12-15 % de la población adulta (**Kvestad, Czajkowski, Engdahl, Hoffman, & Tambs, 2010**). En estudios realizados con población norteamericana se encontró que aproximadamente 50 millones de adultos refirieron la presencia de tinnitus y en 16 millones el tinnitus fue reportado como frecuente en el último año (**Centers for disease control and prevention, 1999**). La prevalencia de tinnitus frecuente aumenta con la edad alcanzando un máximo de 14.3 % entre 60 y 69 años, asociado con disminución de la audición en todo el rango frecuencial (**Shargorodsky, Curhan, & Farwell, 2010**).

El tinnitus subjetivo se define como la percepción de sonido (s) en ausencia de una fuente de sonido externa (**Bhatt, Lin, & Bhattacharyya, 2016**). El tinnitus subjetivo se presenta como una patología del sistema auditivo subcortical y cortical que surge a partir de un mal funcionamiento del sistema auditivo periférico (**Cobo, 2008**). De acuerdo con hallazgos en modelos animales se estima que se produce cuando el sistema auditivo subcortical o cortical trata de compensar, por un mecanismo aberrante de plasticidad cerebral, un déficit de información periférica, lo cual implica la alteración de mecanismos neurales como el incremento de la tasa de disparos espontánea, descompensando la actividad excitatoria/inhibitoria de las sinapsis y produciendo alteración de la distribución tonotópica de frecuencias en el área cortical primaria (**Haider, y otros, 2018**).

El tinnitus subjetivo se puede clasificar según el tiempo de evolución en agudo, menor a los 6 meses de evolución o crónico, superior a los 6 meses de evolución (Wallhäusser, y otros, 2017), en primario cuando su origen es idiopático así exista o no la presencia de hipoacusia neurosensorial o secundario cuando está asociado a una patología específica como la enfermedad de Meniere, el neurinoma del acústico, la otosclerosis, y la hipertensión endocraneana (Tunkel, y otros, 2014).

Algunos estudios han encontrado que el tinnitus subjetivo puede afectar la calidad de vida. Se ha reportado que aproximadamente 20 % de las personas con tinnitus subjetivo permanente presentan incomodidad significativa, interviniendo negativamente en su calidad de vida, con inducción de estados depresivos y en casos extremos, suicidio (Aazh & Moore, 2018). Existen diferentes estrategias de intervención para el manejo del tinnitus subjetivo crónico, dentro de las cuales se reportan farmacéuticas, psicológicas, psiquiátricas y audiológicas. Específicamente en el manejo audiológico se encuentra; la terapia de reentrenamiento del tinnitus, la terapia cognitiva comportamental y terapias basadas en el uso de sonido (Wu, Cooke, Eitutis, Simpson, & Beyea, 2018).

La recomendación de utilizar terapias de sonido para el manejo del tinnitus molesto está bien soportada por evidencia científica (grado B con ensayos clínicos controlados con posibles sesgos metodológicos) y no se ha asociado a efectos secundarios para los pacientes (Tunkel, y otros, 2014). En aportes como los de Langguth et al. (Langguth, y otros, 2011), se menciona que la estimulación acústica puede darse por medio de terapias de origen pasivo cuyo objetivo se orienta a reducir la atención al tinnitus, reducir la intensidad percibida del tinnitus e inducir cambios plásticos en el cerebro en áreas neuronales diferenciadas. Con respecto a la estimulación acústica pasiva, diferentes autores (Noreña & Eggermont, 2005), mencionan el uso de estrategias que podrían llegar a ser benéficas para el manejo sintomático del tinnitus. Entre algunos de los principios que han demostrado potencial uso para dichos fines, se encuentran los denominados en la literatura como “Enriched Acoustic Enviroments” (EAE) y “Sound Conditioning” (SC (Kwak & Kwak, 2020)). EAE y SC son descritos como modalidades de estimulación acústica bajo parámetros de estimulación controlados, han sido investigados en gran variedad de mamíferos, llegando a conclusiones de que pueden ser usadas con propósitos terapéuticos de recuperación o protección de la función del sistema auditivo en los humanos (Harris, Bielefeld, Hu, & Henderson, 2006); (Kwak & Kwak, 2020).

Cabe señalar que son muy pocos los trabajos registrados en humanos que utilizan estimulación acústica pasiva mediante la aplicación de EAE y SC como herramienta de tratamiento de tinnitus, la mayoría de los estudios encontrados hacen referencia a resultados del tratamiento de estimulación acústica con sonidos de banda ancha o musicales de enmascaramiento parcial o total del tinnitus. En nuestra institución desde hace dos años se aplica el tratamiento de estimulación acústica pasiva basada en EAE y SC para el manejo de pacientes con tinnitus subjetivo de difícil manejo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la aplicación de este tratamiento en la severidad del tinnitus y en la calidad de vida de los pacientes mediante la Escala Visual Analoga (VAS por sus siglas en inglés “Visual Analog Scale”) y el Inventario de Discapacidad del Tinnitus (THI por sus siglas en inglés “Tinnitus Handicap Inventory”). VAS, y el THI.

Metodología

Diseño: Este es un estudio descriptivo de cohorte histórico. Este estudio fue avalado por el Comité de Ética de Investigaciones de la institución con número de aprobación CEI – 407. Por ser una investigación con riesgo menor que el mínimo el Comité de Ética no consideró necesario la elaboración de consentimiento informado.

Población y muestra: Se incluyeron a todos los pacientes mayores de 18 años que recibieron el manejo basado en la estimulación acústica pasiva en el periodo mayo 2017 a diciembre de 2018. Todos los pacientes que recibieron el manejo habían sido diagnosticados con tinnitus subjetivo crónico por el otorrinolaringólogo y audiólogo asociado a lesiones auditivas sensoriales que no superaban los 60 dB HL en los umbrales de la audiometría tonal. Para el análisis de la muestra se excluyeron las personas que presentaban alguna enfermedad otológica y aquellos que no recibieron el tratamiento completo.

Protocolo de estimulación: Los pacientes fueron remitidos a nuestro servicio por un otorrinolaringólogo especialista en otología con diagnóstico de tinnitus subjetivo severo. Aquellos cuya audiometría mostro lesión neurosensorial severa (pérdida auditiva mayor a 60 dBHL) o la impedanciometría evidenció compromiso del funcionamiento del oído medio no se incluyeron en el protocolo de manejo. Antes del inicio del tratamiento a todos los pacientes se les realizaron las siguientes mediciones:

- 1. Escala Analógica Visual (VAS)
- 2. Inventario de discapacidad del tinnitus (THI)
- 3. Microaudiometría - Audiometría de alta resolución automatizada (AMA - PTA)
- 4. Tinnitograma – equiparación psicoacústica del tinnitus de alta resolución (Tinnitusless)

El VAS y el THI fueron auto diligenciados. Los pacientes se sometieron a tratamiento basado exclusivamente en estimulación acústica pasiva. Durante un periodo de tratamiento de 6 meses. El tratamiento consistió en 12 ciclos (periodo de acondicionamiento), cada uno con una duración de 15 días consecutivos. Los pacientes realizaron la estimulación durante 40 minutos, 2 veces al día en su entorno acústico habitual, modificando la intensidad del estímulo sonoro a su umbral auditivo y estableciendo el volumen de estimulación como el más cercano a su umbral auditivo real. Si la paciente tenía tinnitus bilateral se alternaba el oído estimulado en cada ciclo, con el propósito de disminuir el riesgo de fatiga y aumentar el efecto buscado a partir de la estimulación. Una vez finalizado cada periodo de estimulación, un audiólogo realizó seguimiento de las medidas psico-acústicas de umbral auditivo, equiparación del tinnitus y reprogramó el estímulo acústico para el nuevo periodo de acondicionamiento.

Para la programación de los estímulos acústicos se hizo uso del software REVE 134 de KW Earlab® con el cual se diseñaron frecuencias medias moduladas de alta resolución. Para la estimulación acústica se programaron sonidos de alta resolución en formato MP3 con especificidad de 1/24 Oct, extensión de ¼ o ½ de Oct en el rango de 250 a 12.000 Hz, los cuales se direccionaron hacia las zonas frecuenciales en las que cada uno de los pacientes refirió la percepción subjetiva del tinnitus durante el periodo de tratamiento (Tabla 1). La evaluación de los resultados del tratamiento se realizó al inicio, a los tres y seis meses con el THI y el VAS.

Tabla 1. Zonas de estimulación acústica para cada uno de los pacientes.

Sujeto	Oído	Rango frecuencial en el que se aplicó la estimulación acústica
1	OD	NA
	OI	3951 - 4565 Hz
2	OD	NA
	OI	5920 - 11840 Hz
3	OD	NA
	OI	7246 - 11840 Hz
4	OD	4435 - 11175 Hz
	OI	NA
5	OD	3322 - 11840 Hz
	OI	4067 - 11840 Hz
6	OD	NA
	OI	2217 - 3729 Hz
7	OD	7246 - 11840 Hz
	OI	3520 - 11840 Hz
8	OD	4067 - 11840 Hz
	OI	4186 - 11840 Hz
9	OD	11175 - 11840 Hz
	OI	11175 - 11840 Hz
10	OD	5124 - 11175 Hz
	OI	4186 - 5588 Hz
11	OD	11175 - 11840 Hz
	OI	NA

OI: Oído izquierdo, OD: Oído derecho
Elaboración propia

Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables a través de medidas de tendencia central (media, mediana), y las variables cualitativas fueron resumidas a partir de tablas de frecuencias absolutas y relativas. Para la comparación de las escalas se utilizaron pruebas no paramétricas, puesto que no seguían una distribución normal. Por medio de la prueba de Friedman se evaluó el cambio del VAS comparando el puntaje inicial y a los seis meses después de iniciado el tratamiento. El cambio en el THI se evaluó también con la prueba de Friedman comparando el puntaje inicial con el obtenido a los tres y seis meses de iniciado el tratamiento. Adicionalmente para esta escala se realizaron pruebas Post Hoc con el test de Wilcoxon de rangos con signo, con el fin de establecer entre cuales pares había diferencias. Se tomó un valor de **p<0.05** para determinar significancia estadística. El análisis estadístico se realizó en R versión 3.6.1.

Resultados

Las Tablas 2 y 3 describen las características de los pacientes y del tinnitus. Se incluyeron en total once pacientes, la edad osciló entre 20 y 77 años, la mediana de la edad fue 53 y la mayoría fueron mujeres (64.6%). Ninguno de los pacientes tenía una ocupación con riesgo auditivo.

Tabla 2. Características de los pacientes

Variable	N (%)
Sexo	
F	7(64.64)
M	4(36.36)
Antecedentes otológicos	
Disfunción tubárica	2(18.18)
Ninguno	9(81.82)
Medicamentos	
Si	3(27.27)
No	8(72.73)
Ocupación	
Administrativo	2(18.18)
Otra	9(81.82)
Antecedente familiar de tinnitus	
Si	2(27.27)
No	8(72.73)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Características del tinnitus

Variable	N (%)
Localización	
Derecho	2(18.18)
Izquierda	4(36.36)
Ambos	5(45.45)
Aparición	
Súbita	10(90.91)
Gradual	1(9.09)
Tratamientos previos	
Audio	1(9.09)
Terapia musical	1(9.09)
Ninguno	9(81.82)
Oído estimulado	
Derecho	2(18.81)
Izquierdo	4(36.36)
Ambos	5(45.45)

Fuente: Elaboración Propia

VAS: En la Tabla 4 se muestran las variaciones en las medianas de los tres dominios del VAS con sus correspondientes percentiles y el valor de p obtenido por la prueba de Friedman. No se observó una disminución estadística en el dominio de severidad, más si en los dominios de molestia y efectos en la vida diaria. La Figura 1 muestra gráficamente la variación en los puntajes de los tres dominios.

Tabla 4. Medianas de la escala VAS

Dominios	Medianas (P25-75)		Valor p*
	Inicial	Seis meses	
Severidad	5 (4.5-7.7)	5 (4-6)	0.090
Molestia	7 (5-8)	5 (3-6)	0.001
Efectos	5 (3.5-6.5)	2 (1.5 - 3.7)	0.007

*Test de Friedman



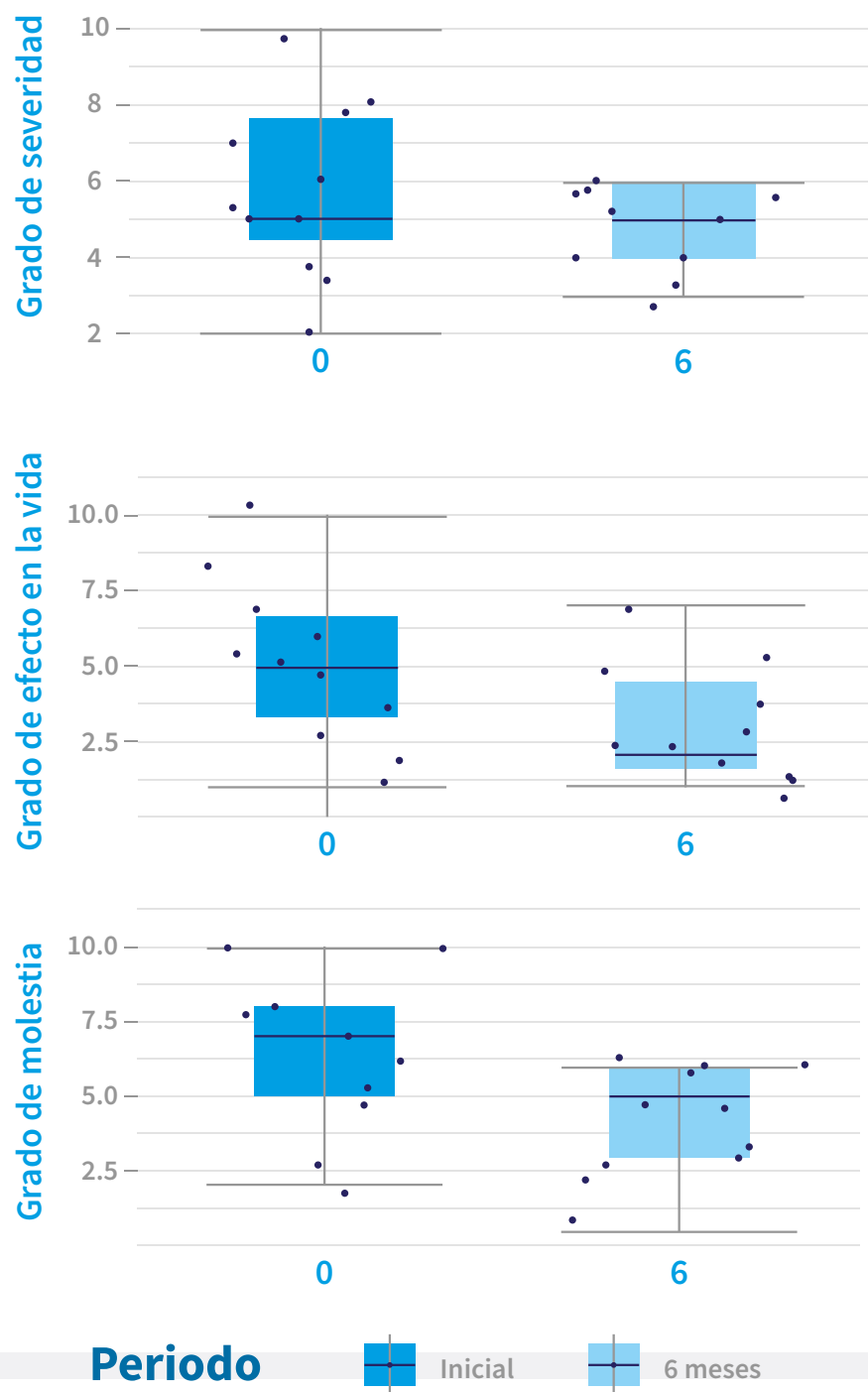


Figura 1. Resultados gráficos de los tres dominios de la escala VAS
Elaboración propia

THI: La Tabla 5 muestra el cambio en las medianas al inicio, a los tres y seis meses del tratamiento con sus correspondientes percentiles y el valor de p obtenido por el test de Friedman. Se observó una disminución en el puntaje en todos los dominios y en el total, y este cambio alcanzó significancia estadística. La Figura 2 muestra gráficamente la variación en los dominios y en el puntaje total.

Tabla 5. Medianas de los dominios del THI

Dominios	Medianas (P25-75)			Valor p*
	Inicial	Tres meses	Seis meses	
Funcional	16 (10-23)	8 (2-14)	4 (2-9)	0.001
Emocional	18 (7-28)	8 (4-14)	4 (2-5)	0.002
Cognitivo	12 (10-16)	4 (4-8)	6 (3-7)	0.005
Total	40 (29-66)	22 (13-34)	12 (9-24)	< 0.001

*Test de Friedman

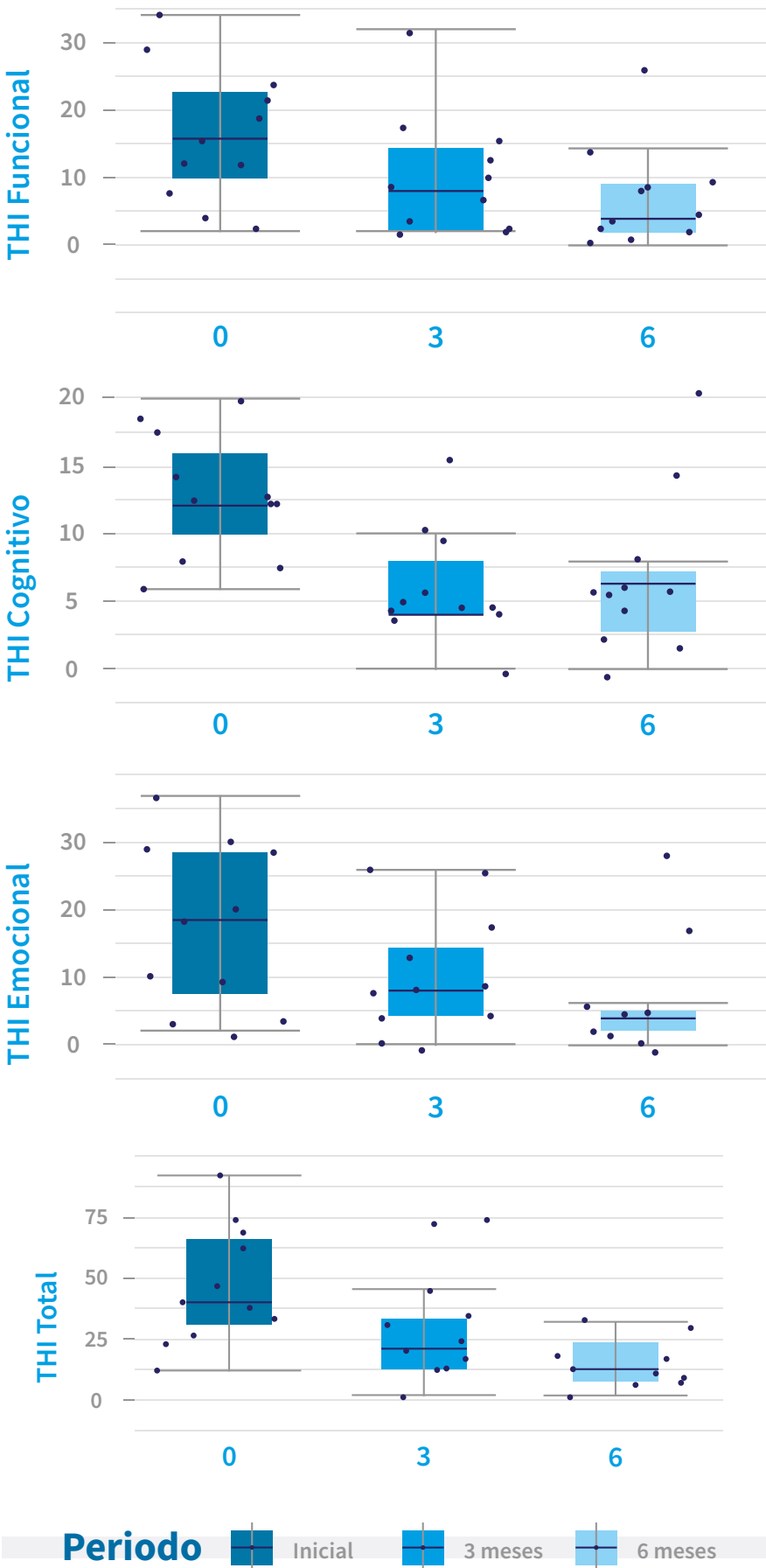


Figura 2. Resultados gráficos de los dominios funcional, emocional, cognitivo y puntaje total THI

En las pruebas *post hoc* se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las medianas de los puntajes al inicio y a los tres meses y entre los puntajes al inicio y a los seis meses en todos de los dominios y en el puntaje total de la escala THI. Al comparar las medianas de los puntajes a los tres y a los seis meses se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el puntaje total de la prueba.

Discusión

En este estudio se evidenciaron cambios en el THI y en el VAS durante y al finalizar el proceso de estimulación acústica pasiva, no traumática, altamente direccionada hacia las zonas frecuenciales del órgano de

la audición lesionadas en un grupo de pacientes con lesión coclear y tinnitus.

Los hallazgos de este estudio son similares a lo evidenciado por Davis et al. (Davis, Wilde, Steed, & Hanley, 2008), en donde se encontró que los pacientes que recibieron el estímulo personalizado informaron un alivio significativamente mayor y más consistente de los síntomas de tinnitus que los pacientes que participaron en un programa de asesoramiento y apoyo con y sin suministro de un estímulo sonoro (Davis, Wilde, Steed, & Hanley, 2008). En otros estudios como en el desarrollado por Schaette et al. (Schaette, König, Hornig, Gross, & Kemper, 2010), se encuentran similitudes con respecto a los cambios relacionados con las zonas de estimulación, en este se reportó una reducción significativa de la sonoridad y molestia percibida del tinnitus para los pacientes que se estimularon en la zona frecuencial que caracterizó el tinnitus (Schaette, König, Hornig, Gross, & Kemper, 2010).

En línea con los resultados obtenidos en nuestro estudio, también encontramos lo reportado en el estudio de Mahboubi et al. (Mahboubi, Haidar, Kiumehr, Ziai, & Djalilian, 2017), en el que se exploró el potencial de la estimulación acústica personalizada vs la estimulación acústica de amplio espectro, encontrando cambios estadísticamente significativos con respecto a niveles de discapacidad y sonoridad entre el grupo de pacientes que usó estimulación personalizada y el que no (Mahboubi, Haidar, Kiumehr, Ziai, & Djalilian, 2017). Cabe resaltar que en el marco metodológico de la estimulación acústica no se encuentran estudios que utilicen los mismos parámetros de ancho de banda y estimulación infraumbral usados en este estudio.

El VAS presentó cambios significativos para los aspectos de molestia y efectos en la vida, sin embargo, llama la atención la ausencia de significancia estadística con respecto al ítem de severidad reportada entre las medidas pre y post tratamiento. Es posible que esto se deba a factores influyentes relacionados con aspectos culturales, intelectuales y psicológicos del paciente, también es posible que se haya presentado un abordaje superficial por parte del paciente debido a que este es un cuestionario con un esquema menos estructurado que otras medidas de seguimiento reportadas en el THI, dichas posibles interacciones también han sido postuladas por autores como Azevedo et al. (De Azevedo, De Oliveira, De Siqueira, & Figueiredo, 2007).

Otra posibilidad que podría explicar la ausencia de cambio significativo en el ítem de severidad reportada por los pacientes (VAS) está relacionada con fenómenos en los circuitos de memoria (De Ridder, Elgoyhen, Romo, & Langguth, 2011). Dichos efectos han sido descritos como conectividad funcional, los cuales se han evidenciado como la respuesta de acoplamiento funcional que mejora la conexión entre la amígdala, el córtex anterior cingulado, la ínsula anterior y el locus coeruleus simpático después del estrés psicológico, lo que resulta en un estado extendido de hipervigilancia que promueve la saliencia sostenida y el procesamiento mnemónico (Van Marle, Hermans, Qin, & Fernandez, 2010). Por lo tanto, la codificación eficiente de los recuerdos emocionales aversivos puede conducir a la formación de una traza de memoria fuerte y aversiva (Roozendaal, McEwen, & Chattarji, 2009). Teniendo en cuenta esto, el recuerdo de la percepción de tinnitus de los pacientes puede llegar a ser un trazo de memoria muy fuerte que, aunque funcionalmente (vía auditiva) se modifique y sea menos molesto, haga que perdure la categoría de percepción “severa” reportada en el cuestionario VAS.

Se cree que la disminución significativa de los niveles de discapacidad, molestia y limitaciones que genera el tinnitus en la vida de los pacientes después de este tipo de terapia son secundarias

a modificaciones en el funcionamiento y configuración del sistema auditivo sensorio neural. Esta posibilidad podría ser sustentada por lo hallado en diferentes estudios experimentales, en los que se postula que la estimulación acústica controlada y direccionada genera cambios fisiológicos del sistema auditivo (Stahn, y otros, 2019), y que estos pueden estar relacionados con mecanismos de acción neural (Noren, Chery, & Noreña, 2007); (Noreña & Eggermont, 2005) procesos bioquímicos (Niu, Tahera, & Canlon, 2007), modificaciones en organización y activación tonotópica cortical (Noreña & Eggermont, 2005), entre otros (Eggermont, 2017); (Haragopal, y otros, 2020); (Harris, Bielefeld, Hu, & Henderson, 2006) mecanismos que guardan una estrecha relación con la fisiopatología del tinnitus subjetivo.

Es importante resaltar que las estrategias de manejo desarrolladas en este estudio se basan en promoción de procesos de plasticidad neural, los cuales son descritos como procesos que tardan entre 6 y ocho meses para instaurarse, promovidos por un proceso de estimulación sensorial sistemática (Langguth, y otros, 2011), lo cual resulta tangible al observar la diferencia estadísticamente significativa en la prueba Post Hoc en la cual existió diferencia entre las mediciones de molestia discapacidad de manera progresiva entre las mediciones basales, a los 3 meses, y a los 6 meses, lo cual posiblemente evidencia los resultados de plasticidad neural que se suman en el tiempo transcurrido de la estimulación acústica.

Una de las limitaciones del estudio fue el tamaño de muestra y el no uso de grupo control. Con respecto a las fortalezas este fue un estudio que implementó un protocolo de estimulación acústica detallado y basado en aspectos de la mecánica coclear y principios del funcionamiento auditivo, lo cual permitió que todos los sujetos tuviesen un lineamiento estandarizado para la generación y uso de la estimulación acústica. Adicionalmente cabe resaltar el uso de escalas validadas y el seguimiento periódico de resultados.

Futuras investigaciones podrían enfocarse en profundizar en los efectos de posibles variaciones en la metodología de estimulación acústica, las cuales permitan que los efectos del tratamiento sean mejores. Además, se hace necesario desarrollar estudios con un mayor tamaño de muestra y ensayos clínicos aleatorizados para evaluar aspectos adicionales de esta posibilidad de tratamiento de tinnitus

Conclusiones

En nuestro estudio el tratamiento aplicado a través de estimulación acústica pasiva y altamente direccionada mostró efectos positivos en pacientes con tinnitus subjetivo asociado a una lesión auditiva no severa. Es posible que la implementación de estimulación acústica altamente específica promueva mecanismos neuroplásticos en el sistema sensorio neural que modulen la percepción de tinnitus, la molestia y discapacidad asociadas a este.

La estimulación acústica pasiva logró generar cambios en la discapacidad generada por el tinnitus, sin embargo también es necesario implementar estrategias que permitan abordar otros mecanismos implicados en el desorden generado por el tinnitus (memoria, atención, conciencia). Se sugiere complementar los abordajes de tratamiento con estrategias que favorezcan dichos mecanismos para aumentar la efectividad de las intervenciones.

Referencias

- Aazh, H., & Moore, B. (2018). Thoughts about Suicide and Self-Harm in Patients with Tinnitus and Hyperacusis. *Journal of the American Academy of Audiology*, 29(3), 255–261. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16181>.
- Bhatt, J. M., Lin, H. W., & Bhattacharyya, N. (2016). Prevalence, Severity, Exposures, and Treatment Patterns of Tinnitus in the United States. *JAMA Otolaryngology-- Head & Neck Surgery*, 142(10), 959–965. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2016.1700>
- Centers for disease control and prevention. (1999). Current estimates from the National Health Interview Survey, 1995. In *Vital and health statistics*.
- Cobo, P. (2018). Aproximación multidisciplinar al acúfeno. *Loquens*, 5(2), e051.
- Davis, P. B., Wilde, R. A., Steed, L. G., & Hanley, P. J. (2008). Treatment of tinnitus with a customized acoustic neural stimulus: A controlled clinical study. *Ear, Nose and Throat Journal*. <https://doi.org/10.1177/014556130808700611>
- De Azevedo, A. A., De Oliveira, P. M., De Siqueira, A. G., & Figueiredo, R. R. (2007). A critical analysis of tinnitus measuring methods. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 73(3), 418–423. [https://doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)30088-4](https://doi.org/10.1016/S1808-8694(15)30088-4)
- De Ridder, D., Elgoyhen, A. B., Romo, R., & Langguth, B. (2011). Phantom percepts: Tinnitus and pain as persisting aversive memory networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8075–8080. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018466108>
- Eggermont, J. J. (2017). Effects of long-term non-traumatic noise exposure on the adult central auditory system. *Hearing problems without hearing loss*. *Hearing Research*, 352, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.015>
- Haider, H. F., Bojić, T., Ribeiro, S. F., Paço, J., Hall, D. A., & Szczeppek, A. J. (2018). Pathophysiology of Subjective Tinnitus: Triggers and Maintenance. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 866. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00866>
- Haragopal, H., Dorkoski, R., Johnson, H. M., Berryman, M. A., Tanda, S., & Day, M. L. (2020). Paired measurements of cochlear function and hair cell count in Dutch-belted rabbits with noise-induced hearing loss. *Hearing Research*, 385, 107845. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2019.107845>
- Harris, K. C., Bielefeld, E., Hu, B. H., & Henderson, D. (2006). Increased resistance to free radical damage induced by low-level sound conditioning. *Hearing Research*, 213(1–2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2005.11.012>
- Kvestad, E., Czajkowski, N., Engdahl, B., Hoffman, H. J., & Tambs, K. (2010). Low heritability of tinnitus: results from the second Nord-Trøndelag health study. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 136(2), 178–182. <https://doi.org/10.1001/archoto.2009.220>
- Kwak, E., & Kwak, S. (2020). Threshold sound conditioning in the treatment of sensorineural hearing loss. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 5(3), 438–444. <https://doi.org/10.1002/lio2.399>
- Langguth, B., Biesinger, E., Del Bo, L., De Ridder, D., Goodey, R., Herraiz, C., ... Searchfield, G. (2011). Algorithm for the Diagnostic and Therapeutic Management of Tinnitus. In A. Möller, B. Langguth, D. De Ridder, & T. Kleinjung (Eds.), *Textbook of Tinnitus* (pp. 381–385). https://doi.org/10.1007/978-1-60761-145-5_46
- Mahboubi, H., Haidar, Y. M., Kiumehr, S., Ziai, K., & Djalilian, H. R. (2017). Customized Versus Noncustomized Sound Therapy for Treatment of Tinnitus: A Randomized Crossover Clinical Trial. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 126(10), 681–687. <https://doi.org/10.1177/0003489417725093>
- Niu, X., Tahera, Y., & Canlon, B. (2007). Environmental enrichment to sound activates dopaminergic pathways in the auditory system. *Physiology and Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.020>
- Noren, A. J., Chery-Croze, S., & Noreña, A. J. (2007). Enriched acoustic environment rescales auditory sensitivity. *Neuroreport*, 18(12), 1251–1255. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282202c35>
- Noreña, A. J., & Eggermont, J. J. (2005). Enriched acoustic environment after noise trauma reduces hearing loss and prevents cortical map reorganization. *J Neurosci*, 25(3), 699–705. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2226-04.2005>
- Noreña, A. J., & Eggermont, J. J. (2006). Enriched acoustic environment after noise trauma abolishes neural signs of tinnitus. *Neuroreport*, 17(6), 559–563. <https://doi.org/10.1097/00001756-200604240-00001>
- Roosendaal, B., McEwen, B. S., & Chattarji, S. (2009). Stress, memory and the amygdala. *Nature Reviews Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nrn2651>
- Schaette, R., König, O., Hornig, D., Gross, M., & Kempster, R. (2010). Acoustic stimulation treatments against tinnitus could be most effective when tinnitus pitch is within the stimulated frequency range. *Hearing Research*, 269(1–2), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2010.06.022>
- Seidman, M. D., & Babu, S. (2003). Alternative medications and other treatments for tinnitus: facts from fiction. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 36(2), 359–381. [https://doi.org/10.1016/s0030-6665\(02\)00167-6](https://doi.org/10.1016/s0030-6665(02)00167-6)
- Shargorodsky, J., Curhan, G. C., & Farwell, W. R. (2010). Prevalence and characteristics of tinnitus among US adults. *American Journal of Medicine*, 123(8), 711–718. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2010.02.015>
- Stahn, P., Lim, H. H., Hinsberger, M. P., Sorg, K., Pillong, L., Kannengießer, M., ... Wenzel, G. I. (2019). Frequency-specific activation of the peripheral auditory system using optoacoustic laser stimulation. *Scientific Reports*, 9(1), 4171. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40860-8>
- Tunkel, D. E., Bauer, C. A., Sun, G. H., Rosenfeld, R. M., Chandrasekhar, S. S., Cunningham, E. R. J., ... Whamond, E. J. (2014). Clinical practice guideline: tinnitus executive summary. *Otolaryngology-- Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 151(4), 533–541. <https://doi.org/10.1177/0194599814547475>
- van Marle, H. J. F., Hermans, E. J., Qin, S., & Fernández, G. (2010). Enhanced resting-state connectivity of amygdala in the immediate aftermath of acute psychological stress. *NeuroImage*. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.05.070>
- Wallhäusser-Franke, E., D'Amelio, R., Glauner, A., Delb, W., Servais, J. J., Hörmann, K., & Repik, I. (2017). Transition from Acute to Chronic Tinnitus: Predictors for the Development of Chronic Distressing Tinnitus. *Frontiers in Neurology*, 8, 605. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00605>
- Wu, V., Cooke, B., Eitutus, S., Simpson, M. T. W., & Beyea, J. A. (2018). Approach to tinnitus management. *Canadian Family Physician Medecin de Famille Canadien*, 64(7), 491–495.