

# Umbral estimados (esdB HL) para potenciales evocados auditivos con estímulo *Narrow Band CE-Chirp*®

*Estimated thresholds (est dBHL) for auditory evoked potentials with narrowband CE-Chirp® stimuli*

Miguel Fuentes<sup>1</sup> 

Robinson Barrientos<sup>2</sup> 

Sofía Bravo<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

<sup>2</sup> Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile.

## RESUMEN

**Objetivo:** correlacionar umbrales tonales a través de audiometría tonal y umbrales electrofisiológicos usando estímulos NB CE-Chirp® en oyentes de entre 18 a 30 años de la ciudad de Santiago de Chile, de esta forma determinar el umbral estimado para las frecuencias 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. De esta forma, es posible aportar con la batería de test objetivos y subjetivos aplicables en la población infantil, colaborando con la detección e implementación oportuna antes de los 3 meses de edad, según lo recomendado por el *Joint Committee on Infant Hearing*.

**Métodos:** corresponde a un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, transversal. Utilizando 30 sujetos oyentes, entre 18 y 30 años. Se aplicó la prueba de correlación de Pearson, con un valor p de significancia de 0,01.

**Resultados:** las frecuencias 2000 y 4000 Hz, poseen factores de corrección menores en comparación con las frecuencias medias y graves (1000 y 500 Hz), las cuales tienden a ser mayores a medida que la frecuencia es más baja.

**Conclusiones:** los umbrales estimados obtenidos son de 15dB para 500Hz, 10dB para 1000 y 2000Hz y 5dB para 4000Hz.

**Descriptores:** Umbral Auditivo; Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Encefálico; Electrofisiología

## ABSTRACT

**Purpose:** to correlate pure-tone audiometry thresholds with electrophysiological thresholds, using NB CE-Chirp® stimuli in listeners aged 18 to 30 years from Santiago, Chile, and determine the estimated threshold at 500, 1000, 2000, and 4000 Hz. This can contribute to the battery of objective and subjective tests applicable to children, aiding the timely detection and implementation before 3 months old, as recommended by the *Joint Committee on Infant Hearing*.

**Methods:** a quantitative, nonexperimental study with a sample of 30 hearing subjects, aged 18 to 30 years. The Pearson's correlation test was applied, with a significance p-value of 0.01.

**Results:** higher frequencies (2000 and 4000 Hz) have lower correction factors than medium and lower frequencies (1000 and 500 Hz), which tend to be higher as the frequency is lower.

**Conclusions:** the study obtained the following estimated thresholds: 15 dB at 500 Hz, 10 dB at 1000 and 2000 Hz, and 5 dB at 4000 Hz.

**Descriptors:** Auditory Threshold; Evoked Potentials, Auditory, Brain Stem; Electrophysiology

Estudio realizado en la Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile.

**Fuente de financiamiento:** Nada a declarar

**Conflictos de interés:** Inexistente

### Dirección para correspondencia:

Miguel Fuentes  
Calle proyectada 4, 01766  
Código postal: 6200000 - Punta Arenas,  
Chile  
E-mail: miguel.fuentes@umag.cl

Recibido em 12/03/2024

Recibido en versión revisada el  
17/05/2024

Aceptado en 14/07/2024



© 2024 Fuentes et al. Este es un artículo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre y cuando se cite correctamente la obra original.

## INTRODUCCIÓN

Los potenciales evocados o provocados, corresponden a procedimientos neurofisiológicos sensibles, objetivos, confiables, reproducibles e inofensivos para el paciente, destinados a evaluar la integridad de las vías sensoriales y motoras. Dentro de las más estudiadas encontramos la visual (PEV) y la somatosensorial (PES)<sup>1</sup>. Otra de las técnicas más difundidas y objetivo de este estudio, es el potencial evocado auditivo (P.E.A), que estudia las respuestas del nervio coclear, el tronco cerebral y la corteza auditiva en relación a los estímulos auditivos. Esta técnica, representa la respuesta electrofisiológica de la vía auditiva hasta el tronco cerebral, por este motivo recibe también el nombre de potencial evocado auditivo de tronco cerebral (PEATC) o de corta latencia<sup>2</sup>.

Dentro de las principales aplicaciones de los potenciales auditivos de tronco cerebral (PEATC), encontramos dos en el ámbito clínico: La primera, corresponde a la aplicación para conseguir el topodiagnóstico de la hipoacusia, la segunda, corresponde a la obtención del umbral electrofisiológico que responde a la mínima intensidad en la que es visible la onda V. Estos umbrales no tienen una equivalencia directa con los umbrales audiométricos, por lo cual es necesario aplicar un factor de corrección para determinar un umbral estimado (esdB HL). Esta función es útil, especialmente en niños, ya que permite realizar una correlación entre los umbrales audiométricos y los electrofisiológicos de una manera aproximada. Sin embargo, tiene sus limitantes al no considerar una mayor gama de frecuencias graves<sup>3</sup>.

El PEATC, se utiliza para evaluar la sensibilidad auditiva en pacientes que no pueden proporcionar umbrales auditivos fiables utilizando métodos de comportamiento voluntario, como la audiometría tonal. A pesar de que el PEATC es un test de la función neural sincronizado y no un test de audición directa, es posible utilizar la información que nos entrega este examen para hacer inferencias con respecto a la sensibilidad auditiva, ya que esta prueba permite visualizar el comportamiento de la vía auditiva aferente en relación a distintas intensidades presentadas (generalmente entre 10 a 100 dB nHL) y así, poder establecer el umbral electrofisiológico, que corresponde a la mínima intensidad en dB nHL que es posible visualizar la onda V y correlacionarlos a los umbrales comportamentales del paciente<sup>4</sup>.

Es importante destacar que, si bien los umbrales electrofisiológicos no coinciden totalmente con los

umbrales tonales analizados, presentan una alta correlación por la aplicación del factor de corrección usado habitualmente por los clínicos en electrofisiología. Se denomina factor de corrección, a la sustracción del umbral tonal o comportamental menos el umbral electrofisiológico obtenido por cada frecuencia. Para tonos de banda ancha (ej. *Click*), el factor de corrección se establece alrededor de 10 a 20 dB menor que el umbral electrofisiológico, obteniendo así un umbral comportamental “estimado” denominado en ocasiones como esdB HL o *estimated* dB HL<sup>4,5</sup>.

La exactitud del diagnóstico o audiograma electrofisiológico es posible mediante la utilización de diversos estímulos que centran su energía acústica en una banda estrecha de las frecuencias que contienen más información para el lenguaje. Un tono *Burst*, se define como una señal transiente de las frecuencias 0.5, 1, 2 o 4 KHz, el que se caracteriza por un inicio rápido y una corta duración, lo que resulta en un espectro de energía ancho en dominio de frecuencia. Este tipo de estímulo ocurre a mayor latencia que un tono *click*, siendo más aumentado el tiempo de aparición en las frecuencias graves que las frecuencias agudas debido al camino que debe recorrer la energía acústica para estimular la membrana basilar en su porción más apical<sup>5</sup>.

En relación al diseño de los estímulos CE-*Chirp*® de banda ancha, donde se produce un retraso de los componentes que llegan a la base de la cóclea para que se active toda la membrana basilar al mismo tiempo, los estímulos Narrow Band (NB) CE-*Chirp*®, o de banda estrecha, se basan en el mismo modelo de los tonos CE-*Chirp*® de banda ancha, produciendo un retraso de sus componentes más altos en frecuencia para lograr una mejor sincronía neural. En este caso, se descomponen los sectores de estimulación en 4 componentes frecuenciales (0.5, 1, 2 y 4 KHz)<sup>6</sup>.

Este estímulo está basado en modelos que compensan el viaje de la onda sonora a través de la cóclea, permitiendo una mejor visualización de la respuesta y disminución en los tiempos de aplicación de la prueba<sup>7</sup>. Los estímulos NB-CE *Chirp*®, son una alternativa a los ya conocidos tonos *burst*, que fueron diseñados con componentes restringidos solo a una banda frecuencial, centrándose en 0.5, 1, 2 y 4 KHz<sup>8</sup>.

De la misma forma que los tonos CE-*Chirp* de banda ancha, este tipo de estímulo posee mayor amplitud en su respuesta en comparación con los tonos *Burst*. Esto debería permitir obtener respuestas cercanas en términos de tiempo a los ya conocidos estímulos *click*, pero centrados a una banda frecuencial específica<sup>9</sup>.

La amplia respuesta de los estímulos NB CE-Chirp® se puede deber al resultado de diversos mecanismos. En primer lugar, fueron diseñados con una compensación temporal o *delay* incorporados en el filtro de la octava seleccionada (0.5, 1, 2 y 4 KHz) y con un ancho de banda más amplio que un tono *Burst*, englobando el ancho frecuencial 500 (375 – 750), 1000 (750 – 1500), 2000 (1500 – 3000) y 4000 (3000 – 6000 Hz), este ancho espectral permitiría que se activen un mayor número de fibras neurales<sup>10,11</sup>.

Lo indicado anteriormente, incrementa la actividad sincrónica de las fibras nerviosas sobre la membrana basilar, logrando de este modo, producir respuestas más amplias en comparación con otro tipo de estímulos por frecuencia específica, lo que facilita visualmente la identificación de los *peaks* frente a una respuesta, reduciendo la brecha existente entre estímulo y especificidad frecuencial<sup>12</sup>.

Los estudios muestran que al utilizar tonos NB CE-Chirp®, en comparación con tonos *Burst*, los primeros generan una latencia menor que los tonos *Burst* en las frecuencias 0.5, 1 y 2 KHz, así como también, amplitudes mayores a bajas intensidades, lo que respondería a las dificultades que se observan en los tonos *Burst* frente a la visualización de la onda V en frecuencias graves y medias (0.5 y 1 KHz), especialmente en el caso de hipoacusia, donde la sincronía neural se ve alterada en términos de amplitud y latencia de aparición. La compensación temporal del estímulo NB CE-Chirp® produce mayor sincronía neural y en consecuencia, una respuesta que se puede visualizar con mayor facilidad por parte del clínico. La amplitud registrada a 80dB nHL entre los estímulos no muestra diferencias significativas, sin embargo, a intensidades menores (30 a 20dB nHL) los tonos NB CE-Chirp®, muestran amplitudes mayores que los tonos *Bursts*, resultando de gran utilidad al momento de establecer el umbral electrofisiológico, especialmente en tonos bajos<sup>5,8,13</sup>.

En relación con lo anterior, Barga (2015)<sup>14</sup> indica que debido a estas características de amplitud de onda el factor de corrección para CE-Chirp® se reduce o puede ser eliminado. No obstante es importante que se realice una medición con cada equipo y población en particular<sup>14</sup>. Para el caso de estímulos de banda estrecha, Hall (2013) propone un factor de corrección de 15 dB para la frecuencia 500 Hz y 10 dB para el resto de las frecuencias con tono *Burst*, lo cual se podría tomar como referencia para estímulos

de banda estrecha, así como también, Bagetto en Hall (2013)<sup>10</sup> propone 20dB, 15dB, 10dB y 5dB respectivamente, mientras que la British Columbia Early Hearing Program propone valores de 15dB, 10dB, 5dB y 0dB<sup>6,10</sup>. En estudios recientes donde se compararon Umbrales conductuales con mediciones de Umbrales nHL con tono NB CE Chirp y TB se determinó que los primeros se acercaban significativamente más a los umbrales audiométricos que los tonos Chirp obteniendo diferencias de 9dB, 9dB, 7dB y 6dB al compararse con el umbral audiométrico<sup>10,15</sup>.

El siguiente estudio tiene como objetivo correlacionar umbrales tonales a través de audiometría tonal y umbrales electrofisiológicos usando estímulos NB CE-Chirp® en oyentes de entre 18 a 30 años de la ciudad de Santiago de Chile, de esta forma determinar el umbral estimado para las frecuencias 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. De esta forma, es posible aportar con la batería de test objetivos y subjetivos aplicables en la población infantil, colaborando con la detección e implementación oportuna antes de los 3 meses de edad, según lo recomendado por el *Joint Committee on Infant Hearing*<sup>16</sup>.

## MÉTODOS

El presente estudio fue presentado al Comité de Bioética de Facultad de Ciencias de la Rehabilitación de la Universidad Nacional Andrés Bello de Chile, el proyecto fue presentado con el número de ingreso 00187. Todos los sujetos participantes de este estudio firmaron un documento de consentimiento informado.

El diseño del estudio se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental y transversal, con un alcance descriptivo – correlacional. Se aplicó la prueba de correlación de Pearson, con un valor p significativa de 0,01.

Para la investigación, se empleó el audiómetro (Interacoustics AC 40) de dos canales y el PEATC (Interacoustics Eclipse EP 25) con fonos de inserción ABR 3A.

La muestra corresponde a 30 oyentes, con umbrales audiométricos normales según la Organización Mundial de la Salud (OMS-2015), hasta 25dBHL, a los cuales se les realizó una evaluación de otoscopia e impedanciometría previa, sin presentar alteraciones. Se calculó el tamaño muestral, considerando un tamaño requerido de 40 sujetos con un mínimo de 30 unidades de análisis.

El procedimiento de la toma de muestra consistió en las siguientes evaluaciones: Primero, realización de audiometría tonal en cámara silente a través del método descendente; segundo, aplicación de PEATC bilateral con tono NB CE-Chirp®, aplicando la técnica descendente, se consideró impedancia  $<3k\Omega$ , se utilizaron electrodos de copa con pasta conductora, filtros LP 1.500Hz-HP 33 Hz, polaridad alternada y rate 37,1 pps, 39.1, 45,1 pps y 49,1 pps (0,5KHz a 4KHz). Se realizaron dos trazados por cada intensidad y frecuencia evaluada para corroborar reproductibilidad.

## RESULTADOS

Los resultados muestran estrecha correlación en comparación a otros tipos de estímulos al aplicar los factores de corrección sugeridos. Las frecuencias 2 y 4 KHz, poseen factores de corrección menores en comparación con las frecuencias 1 y 0.5 KHz, que tienden a ser mayores a medida que la frecuencia es más baja.

En el análisis estadístico se puede observar para umbrales tonales liminares, diferencias medianas de 10dB para las frecuencias 1-4KHz, y de 7,5 para la de 0.5 KHz. Por otro lado las medianas de umbrales nHL son de 20 para las frecuencias 500 a 2000 y de 15 para 4000Hz (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Análisis estadístico de umbrales tonales liminares y umbrales electrofisiológicos con estímulo Narrow Band CE Chirp®

Frecuencias	0.5KHz/dBHL	1KHz/dBHL	2KHz/dBHL	4KHz/dBHL
n	30	30	30	30
Mediana	7,5	10	10	10
Moda	10	5	5	15
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	20	20	20	20
Promedio	7,5	8,5	8,67	9,17
Frecuencias	0.5KHz/dBnHL	1KHz/dBnHL	2KHz/dBnHL	4KHz/dBnHL
n	30	30	30	30
Mediana	20	20	20	15
Moda	20	20	20	20
Mínimo	20	15	15	10
Máximo	35	25	20	20
Promedio	22,5	18,33	17,67	15,83

Leyenda: dB HL = umbral tonal audiométrico; dB nHL = umbral electrofisiológico; n: número.

La diferencia observada entre los umbrales tonales liminares y los umbrales electrofisiológicos, muestran medianas iguales para las frecuencias 1 y 2 KHz, correspondiente a 10dB. Por su parte, la frecuencia

0.5 KHz, presen medianas de 15dB, y finalmente para la frecuencia 4000 Hz, la diferencia observada entre las dos variables es sólo de 5dB (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Análisis estadístico de la diferencia entre los hallazgos de umbrales electrofisiológicos con estímulo Narrow Band CE Chirp® y umbrales tonales liminares

Diferencia	Diferencia 500 Hz	Diferencia 1000 Hz	Diferencia 2000 Hz	Diferencia 4000 Hz
n	30	30	30	30
Mediana	15	10	10	5
Moda	15	10	10	5
Mínimo	5	5	0	0
Máximo	20	20	15	15
Promedio	15	9,83	9	6,66

Leyenda: n = número.

El análisis de correlación con la prueba de correlación de Pearson, indica una alta correlación para 0.5 y 4 KHz, y una mediana correlación para 1 y 2 KHz.

Estos resultados indican que las diferencias obtenidas son constantes (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Correlación obtenida de la prueba de correlación de Pearson para los umbrales electrofisiológicos con estímulo Narrow Band CE Chirp® y umbral tonal liminar

Correlación de Pearson para umbrales por frecuencias (Hz)		Significancia (bilateral)
500 Hz/ dB HL 500 Hz/ dB nHL	0,686	0,000
1000 Hz/ dB HL 1000 Hz/ dB nHL	0,575	0,001
2000 Hz/ dB HL 2000 Hz/ dB nHL	0,583	0,001
4000 Hz/ dB HL 4000 Hz/ dB nHL	0,806	0,000

Leyenda: dB HL = umbral tonal audiométrico; dB nHL = umbral electrofisiológico

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación, hacen referencia a las correlaciones existentes entre los umbrales tonales y umbrales electrofisiológicos con estímulos NB CE Chirp® en 30 sujetos oyentes, entre 18 y 30 años, para determinar los umbrales estimados (esdB).

Los resultados de las diferencias entre los umbrales tonales y electrofisiológicos a 500Hz presentan un promedio de 15dB, el que coincide con el valor de mediana. La evidencia clínica sugiere que históricamente el tono 500 Hz en la práctica es el más complejo de identificar principalmente por dos razones: la primera, tiene que ver con su latencia de aparición, debido a que el tono enviado a través del fono debe realizar un viaje más prolongado a través de la cóclea, por lo que la onda V se encuentra más retrasada respecto a aquellas de frecuencia más alta, requiriendo ventanas de análisis extensas (Incluso 20 ms. en casos de hipoacusia), lo que dificulta su visualización<sup>12</sup>. La segunda razón, tiene que ver con factores fisiológicos ocurridos durante el viaje de la onda a través de la cóclea, ya que los componentes de frecuencias bajas deben recorrer un mayor camino para llegar al punto de estimulación deseado, por lo que en su trayecto se pierde una parte de la energía que repercute directamente en la amplitud de la onda V, dificultando su visualización y reproductibilidad<sup>13</sup>.

Nuestro estudio revela que, gracias al diseño de los NB-CE Chirp® y la compensación temporal de

los componentes frecuenciales, es posible lograr una mayor sincronía neural, mejorando la relación señal ruido y en consecuencia, observar una mayor amplitud, facilitando la identificación de los componentes especialmente a bajas intensidades (< 30 dB nHL). Por otro lado, los estudios realizados por Rodríguez (2013)<sup>7</sup> demuestran que hay una relación directa entre la latencia y la frecuencia de presentación del estímulo, por lo que el tono de 500 Hz tiene una aparición más temprana en comparación con estímulos como los tonos *burst*, por lo que la limitante temporal queda excluida.

Dentro de las cuatro frecuencias estudiadas, el tono de 500 Hz es el que presenta una mayor diferencia respecto al umbral tonal. Esto se debe en parte a lo reportado por Ribeiro (2013)<sup>17</sup>, que explica que parte de la energía espectral se pierde por el viaje de la onda a través de la cóclea hasta llegar al ápice. Sin embargo, esta diferencia no parece ser significativa desde el punto de vista práctico, ya que el umbral electrofisiológico no necesariamente debe tener el mismo valor que el umbral comportamental, debido a que la activación neuronal debe ser captada por los electrodos que están situados en la piel (campo lejano), por lo que los umbrales electrofisiológicos siempre serán iguales o mayores a los registrados a través de tonos puros<sup>5,8</sup>.

Para la frecuencia 1000Hz, los resultados de las diferencias entre los umbrales tonales y electrofisiológicos presentan como promedio un valor de 9,83 dB,

el que se acerca al valor de mediana de las diferencias. Estos valores son menores al ser comparados con el estímulo 500 Hz, presentando diferencias más estrechas en comparación a otro tipo de estímulos utilizados en electrofisiología para la estimación de umbrales de banda estrecha como tono burst y tonos modulados. En comparación a los primeros, a bajas intensidades los tonos NB-CE *Chirp*<sup>®</sup> de 1000 Hz presentan una mejor reproducibilidad, que repercute significativamente en la amplitud y, en consecuencia, una mejor visualización de la onda V. En comparación a los tonos modulados de los potenciales evocados de estado estable, poseen una diferencia más estrecha ya que estos últimos presentan promedios de entre 11 a 14 dB respecto a umbrales comportamentales<sup>18</sup>. La frecuencia 2000 Hz muestra resultados de las diferencias como promedio de un valor de 9 dB, el que se acerca al valor de mediana (10dB). En la frecuencia 4000 Hz, muestra diferencias como promedio de 6,6 dB, con valor de mediana de 5dB.

De acuerdo a lo analizado, en las frecuencias agudas (2000 y 4000 Hz), éstas presentan una diferencia más estrecha respecto al umbral tonal. En gran parte de los casos, se observa que incluso el umbral electrofisiológico coincide con el umbral comportamental, esto se debe a que al ser estimulada la base de la cóclea, no se pierde energía espectral significativa a través del viaje por la membrana basilar.

Hall (2013)<sup>10</sup>, propone como factor de corrección en la aplicación de tonos *burst* sustraer del umbral electrofisiológico 15 dB para la frecuencia 500 Hz y 10 dB para el resto de las frecuencias 1000, 2000 y 4000 Hz. Basándonos en este modelo, y según lo indicado por Megha (2019)<sup>19</sup>, se sugiere que es posible realizar las correcciones recomendadas por los diversos clínicos e incluso, realizar las correcciones basadas en los promedios obtenidos en la presente investigación (para el equipo utilizado), con la finalidad de homologar los umbrales a un audiograma electrofisiológico. En relación a esta valoración, para la frecuencia 500Hz corresponde a 15dB, para 1000Hz es 10dB, para 2000Hz es 10dB y para 4000Hz es 5dB. Los valores fueron estimados como múltiplos de 5 hacia el valor entero más cercano, para aplicaciones clínicas según técnicas de búsqueda de umbrales. Para el caso de la frecuencia 4000Hz, el resultado obtenido en esta investigación presenta un umbral estimado menor al presentado por otros investigadores como Ferm (2013)<sup>12</sup>, quien sugiere un valor de corrección de 10dB, esta diferencia se puede deber a la muestra utilizada,

la que correspondió a 40 recién nacidos para un programa de Screening auditivo, y en nuestro estudio se utilizó adultos oyentes, la diferencia puede estar relacionada a la maduración de la vía auditiva.

En relación a lo anterior, se puede comprobar lo indicado por Seval (2020)<sup>15</sup>, en referencia a que los umbrales obtenidos con estímulos NB-CE *Chirp*<sup>®</sup> se acercan más a los umbrales comportamentales audiométricos que otros umbrales electrofisiológicos, como por ejemplo los tonos Burst, aportando mayor sensibilidad y precisión en la estimación de umbrales auditivos comportamentales, esto debido a la tecnología aplicada en los tonos NB-CE *Chirp*<sup>®</sup> relacionada al retraso de los componentes de frecuencia altas para lograr una mayor sincronía neural.

## CONCLUSIÓN

Se observa una relación estable entre el promedio de las diferencias de los umbrales tonales (dBHL) y electrofisiológicos (dBnHL) con estímulos NB CE-*Chirp*<sup>®</sup>, lo que permite entregar un valor de corrección confiable para conseguir una correlación más precisa para ser utilizado en aplicaciones clínicas, y más específicamente, para entregar un “umbral estimado” según la frecuencia a estudiar, la que para este estudio corresponde a: 15 esdB HL para 500Hz, 10 esdB HL para 1000 y 2000Hz y 5 esdB HL para 4000Hz.

## REFERENCIAS

1. Mohamad-Mezher A. Potenciales evocados [Thesis]. Santa Clara (Cuba): Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Telecomunicaciones e Electrónica. 2007. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3460.7449>
2. Huamani Ch, Oré-Montalvo V, Acuña-Mamani J, Bayona-Pancorbo W, Pérez-Alviz C, Mateos-Loaiza G et al. Potenciales evocados auditivos en neonatos nacidos a gran altitud. Arch Argent Pediatr. 2023;121(5):e202202809. <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2022-02809>
3. Gorga M, Johnson T, Kaminski J, Beauchaine K, Garner C, Neely S. Using a combination of click- and tone burst-evoked auditory brain stem response measurements to estimate pure-tone thresholds. Ear and Hearing. 2006;27(1):60-74. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000194511.14740.9c> PMID: 16446565.
4. Hood L. Clinical applications of the auditory brainstem response. 1st edition., New Orland, U.S.A: Editorial Singular Publishing group; 1998.
5. Elberling C, Don M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. J Acoust Soc Am. 2008;124(5):3022-37. <https://doi.org/10.1121/1.2990709> PMID: 19045789.

6. Zirn S, Louza-Lutzner J, Reiman V, Wittlinger N, Hempel J, Shuster M. Comparison between ABR with click and narrow band chirp stimuli in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2014;78(8):1352-5. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.05.028> PMID:24882456.
7. Arafat A, Aisyah S, Mohd M, Hajra Mu'minah S, Aida A, Abdul A. Effects of different electrode configurations on the narrow band level-specific ce-chirp and tone-burst auditory brainstem response at multiple intensity levels and frequencies in subjects with normal hearing. *Am J Audiol.* 2018;27(3):294-305. [https://doi.org/10.1044/2018\\_AJA-17-0087](https://doi.org/10.1044/2018_AJA-17-0087) PMID: 30054628.
8. El Kousht M, El Minawy MS, El Dessouky TM, Koura R, Essam M. The sensitivity of the ce-chirp auditory brainstem response in estimating hearing thresholds in different audiometric configurations. *Egypt J Otolaryngol.* 2019;35(1):56-62. [https://doi.org/10.4103/ejo.ejo\\_27\\_18](https://doi.org/10.4103/ejo.ejo_27_18) PMID: 11057821.
9. Leone NL. Aplicabilidade do estímulo chirp na avaliação das perdas auditivas de grau severo e profundo [Tesis] Bauru (SP): Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru; 2014. <https://doi.org/10.11606/D.25.2014.tde-17102014-150140>
10. Hall J. Application of ABR in objective assessment of infant hearing. *AudiologyOnline* [Webpage na internet]. 2012 [citado 30 enero 2023]. Article 12079. Disponible en: <https://www.audiologyonline.com/articulos/application-abr-in-objective-assessment-12079?report=reader>
11. Suleman S. Auditory brainstem response elicited by CE chirps and an investigation of their time-frequency properties [Thesis]. Southampton (UK): University of Southampton; 2021. Disponible en: <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/452394>
12. Ferm I, Lightfoot G, Stevens G. Comparison of ABR response amplitude, test time, and estimation of hearing threshold using frequency specific chirp and tone pip stimuli in newborns. *International journal of audiology.* 2013;52(6):419-23. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.769280> PMID: 23448103.
13. Mattiazzi A, Cóser P, Endruweit I, Dalcin J, Viera E. Auditory brainstem response electrophysiological thresholds with narrow band chirps stimuli in hearing infants. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol.* 2023;Jan;164:111417. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2022.111417> PMID: 36525696.
14. Barga G. Chirp-Evoked auditory brainstem response in children: A review. *Am J Audiol.* 2015;24(4):573-83. [https://doi.org/10.1044/2015\\_AJA-15-0016](https://doi.org/10.1044/2015_AJA-15-0016) PMID: 26649461.
15. Seval C, Akif S, Pinar B, Yilmaz O. Advantages of narrow band CE-Chirp ABR compared to tone burst ABR in adults with normal hearing. *Revista Authorea.* 2020;15(1):9-1. <https://doi.org/10.22541/au.160279749.95978498/v1>
16. Joint Committee on Infant Hearing. Joint Committee on Infant Hearing 1994 position statement. *Pediatrics.* 1995;95(1):152-6. <https://doi.org/10.1542/peds.95.1.152> PMID: 7770297.
17. Rodrigues G, Ramos N, Lewis DR. Comparing auditory brainstem responses (ABRs) to tone burst and narrow band CE-Chirp in young infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2013;77(9):1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.07.003> PMID: 23915488.
18. Atcherson S, Stoody T. Auditory electrophysiology. 1st edition. Arkansas, USA: Editorial Thieme; 2012.
19. Megha K, Divyashree K, Lakshmi A. Narrow band chirp and tone burst auditory brainstem response as an early indicator of synaptopathy in industrial workers exposed to occupational noise. *Intractable Rare Dis Res.* 2019;8(3):179-86. <https://doi.org/10.5582/irdr.2019.01073> PMID: 31523595.

#### Contribuciones de los autores:

MF: Conceptualización; Curación de datos; Análisis de datos; Metodología; Recebimento de financiamento; Visualización; Escritura - borrador original; Escritura - revisión y edición.

RB: Conceptualización; Curación de datos; Análisis de datos; Metodología; Recebimento de financiamento; Visualización; Escritura - revisión y edición.

SB: Conceptualización; Análisis de datos; Recebimento de financiamento; Visualización; Escritura - revisión y edición.

#### Declaración de intercambio de datos:

Los autores declaran que los datos de los participantes individuales bem como otros documentos no estarán disponibles.