



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE TECNOLOGÍA MÉDICA  
LICENCIATURA NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA



**Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral:**

**Valores Normales y Variantes Fisiológicas en el Adulto**

*Monografía de grado de Licenciatura en Neurofisiología Clínica*

Autores:

**Br. Sol Fassani**

**Br. Natalia Garay**

Tutores:

**Asist. Lic. María Pagés**

**Prof. Agdo. Dr. Jochen Hackembruch**

Diciembre de 2019

## **Resumen**

El presente trabajo se realizó con el propósito de contribuir a los datos normativos del servicio de neurofisiología del Hospital de Clínicas, así como también aportar a la escasa investigación sobre los potenciales evocados en nuestra población, intentando dilucidar aspectos que aún mundialmente se mantienen en controversia.

Se estudiaron 84 sujetos, realizando potenciales evocados auditivos de tronco cerebral y curva audiométrica por decremento de intensidades. Se analizaron latencias de ondas I, II, III, IV y V, interlatencias I-III, III-V y I-V y latencia de onda V en intensidades de 20dB a 80dB cada 10dB. Se recabaron datos de perímetro cefálico y línea coronal y se plantea una nueva forma de asociación de tamaño cefálico: volumen cefálico.

Se establecieron valores normales de medias y desvíos. Determinadas latencias tanto en potenciales como en curva audiométrica fueron significativamente mayores en sexo masculino, personas de  $\geq 38$  años, medidas de perímetro cefálico  $\geq 56$  cm, línea coronal  $\geq 37$  cm y volumen cefálico  $\geq 4606$  cm<sup>3</sup>, encontrando una clara asociación del aumento de latencias a mayor edad y mayor tamaño cefálico.

Palabras clave: Neurofisiología, Potenciales, Latencia, Auditivos

## Introducción

Los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC) son respuestas eléctricas generadas a partir de un estímulo y obtenidas a través de un método no invasivo. Estas respuestas son originadas desde el nervio coclear en el oído interno hasta las radiaciones auditivas del tálamo ([Picton & Hillyaro, 1974](#)) y son producto de la recepción de un estímulo sonoro externo reproducible de alta frecuencia. Luego de registradas, las ondas obtenidas son medidas y analizadas con el fin de obtener una evaluación objetiva de la audición. Son la herramienta que más frecuentemente se utiliza para el estudio de la integridad de vía auditiva central.

Por ser una técnica de evaluación auditiva objetiva tienen un amplio uso clínico de forma complementaria: se utilizan como apoyo en las emisiones otoacústicas y como diagnóstico diferencial de hipoacusia para pacientes de cualquier franja etárea ([Schomer & Lopes da Silva, 2011](#)). Al ser un registro que no se ve modificado por la apertura y cierre ocular, por el estado de vigilia, los fármacos barbitúricos, el estado de conciencia o anestesia, tiene una amplia variedad de utilidades. Entre ellas se encuentra la evaluación de la conducción de la vía auditiva en diversas enfermedades del sistema nervioso central ([Nuwer et al., 1994](#)), como enfermedades desmielinizantes como esclerosis múltiple ([Matas, Matas, Oliveira, & Gonçalves, 2010](#)), tumores acústicos ([Don, Kwong, Tanaka, Brackmann, & Nelson, 2005](#)), enfermedades degenerativas como Charcot Marie Tooth ([Scaioli, Pareyson, Avanzini, & Sghirlanzoni, 1992](#)), en accidentes cerebro vasculares severos ([Stern, Krumholz, Weiss, Goldstein, & Harris, 1982](#)), hipoacusia por uso crónico de drogas ototóxicas ([Guerit, Mahieu, Houben-Giurgea, & Herbay, 1981](#)), traumatismo encéfalo craneano severo con secuelas auditivas ([Lew H et al., 2004](#)) y otitis crónica ([Casali](#)

[& Santos, 2010](#)). También pueden utilizarse para la monitorización intraoperatoria ([Legatt, 2010; Sampath, Subramaniam, Sankaran, Kumar, & Kr, 2016](#)) y tienen valor pronóstico en pacientes en estado de coma ([de Sousa et al., 2007](#)).

A lo largo del desarrollo de esta técnica, se ha descrito el hallazgo de diversas ondas, pero solo aquellas de corta latencia (hasta 10 ms luego del estímulo) son generalmente aceptadas por tener utilidad clínica comprobada ([Zaher, 2012](#)). En este estudio se comprenden siete ondas enumeradas en orden de aparición ([Nuwer et al., 1994](#)), siendo las ondas I, III y V las de mayor importancia clínica. La onda I se asocia al nervio coclear, la onda II a los núcleos cocleares, la onda III al complejo olivar superior, la onda IV al lemnisco lateral y la onda V al colículo inferior ([Chiappa, 1997](#)).

A pesar de realizarse este estudio rutinariamente en el Departamento de Neurofisiología Clínica del Hospital de Clínicas, no se cuenta con tablas de valores propios de normalidad para adultos. La carencia de datos estandarizados relacionados a nuestra población local nos lleva a recurrir a tablas de normalidad realizadas en poblaciones extranjeras (Chiappa, 1997) las cuales no se ajustan con exactitud a las características propias de nuestros habitantes.

La necesidad de tener registrados estos valores en cada laboratorio se basa en la gran sensibilidad de los potenciales frente a diferentes intensidades y a los diferentes parámetros determinados, por lo tanto la metodología utilizada en cada laboratorio, el equipamiento y las condiciones técnicas así como también al contexto en el que vive la población, condiciones de vida, características del sujeto, etc. hacen que sea necesario disponer de valores normales en cada servicio de

Neurofisiología ([Hern & de Prat, 2003](#)). La carencia de estos datos normativos impide justificar correctamente un estudio normal en nuestra población, ya que de acuerdo a resultados comparativos los pacientes pueden obtener el correcto diagnóstico de diferentes patologías, o bien apoyar diagnósticos ya realizados ([Gorry, Pauker, Schwartz, 1978](#)).

## **Objetivos**

Objetivo general: El objetivo de este trabajo es determinar los valores normales de las latencias de las ondas I a V, así como los intervalos I - III, III - V y I - V y valores normales de la curva audiométrica en una población sana adulta del Hospital de Clínicas, categorizada por sexo y edad.

Objetivos específicos:

- Contar con datos normativos comparables en el Hospital de Clínicas para población adulta, tanto para el potencial auditivo como para la curva audiométrica por desaparición de la onda V.
- Determinar si diferentes factores fisiológicos como el sexo, la edad y el tamaño cefálico pueden influir en el resultado de los PEATC.

## **Metodología de trabajo**

Este trabajo se trata de una investigación descriptiva observacional transversal en donde se recabaron datos de individuos en una muestra no probabilística por conveniencia.

Criterios de inclusión: Personas adultas estudiantes o familiares del equipo investigador y personal del Hospital de Clínicas.

Criterios de exclusión: Cualquier individuo con sintomatología o diagnóstico de una patología del sistema nervioso central adquirida (traumatismo encefalocraneano grave, esclerosis múltiple, accidentes cerebrovasculares o tumores entre otras) o hereditaria como enfermedades neurodegenerativas del sistema nervioso central y periférico, pacientes que reciban en forma crónica drogas potencialmente ototóxicas, patologías otorrinolaringológicas auditivas (hipoacusia, otitis).

Condiciones técnicas: A cada paciente se le midió el perímetro cefálico y línea coronal de trago a trago. Se midió el umbral subjetivo (en dBnHL) de oído izquierdo y oído derecho previo al potencial evocado monoaural para ambos oídos.

Para la obtención de los PEATC se empleó el sistema internacional 10-20 avalado por la Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica (ACNS) ([Husain, 2008](#)) para la colocación de electrodos. Se preparó la zona del cuero cabelludo mediante fricción y aplicación de pasta conductora hipoalergénica para reducir la impedancia. Luego se colocaron los electrodos de registro en mastoides A1 y A2, Cz en región central medial como referencia y tierra en Fz región frontal medial. Durante el estudio los sujetos permanecieron acostados sobre una camilla. La estimulación fue con auriculares, monoaural con intensidad medida en decibeles, expresada mediante la unidad "normal Hearing Level" (nHL) ([Husain, 2017](#)), siendo 0 nHL el umbral de audición normal para adultos jóvenes ([Arai, 2008](#)). Para evitar la estimulación cruzada se utilizó un ruido enmascarador en el oído no estimulado con intensidad menor en 40dB nHL con respecto a la intensidad del estímulo utilizado en el oído contralateral en estudio. Se utilizó un equipo Nihon Kohden Neuropack S1 Meb 9400k con los siguientes parámetros de estimulación y de registro

establecidos por la ACNS: Impedancia:  $<5k\Omega$  Ohm. Filtro pasabanda: 200Hz a 3000Hz. Frecuencia de estímulo: 10Hz en potencial y 20Hz en curva audiométrica. Intensidad: 70dB por encima del umbral subjetivo (hasta 95dB). Enmascaramiento: -40dB de la intensidad contralateral. Tiempo de análisis: 10ms en potencial, 20ms en curva audiométrica. Promediación sincrónica: 1000 veces. Estímulo: click de 0,1ms de duración. Polaridad: alternante. Para extraer los datos se obtuvo el promedio de 3 muestras registradas, en el cual se midió la latencia de las ondas para cada oído. La curva audiométrica o umbral objetivo fue medido al disminuir la intensidad del estímulo en pasos de 10 dB, de 80dB a 20dB, verificando la presencia de la onda V.

El análisis estadístico fue realizado con los programas XLStat y SPSS, empleando una prueba de hipótesis de medias T-student para muestras independientes, con un nivel de significancia de 5%. Debido a la variabilidad entre pacientes se calculan los rangos de normalidad con 2,5 desvíos estándar ([Ebersole, Nordli, & Husain, 2014](#); [Husain, 2017](#)).

La investigación se realizó en el Departamento de Neurofisiología Clínica del Hospital de Clínicas, Montevideo, Uruguay. El protocolo de estudio fue aceptado por el Comité de Ética de la Investigación del Hospital de Clínicas en julio 2019. Todos los sujetos fueron informados mediante una hoja de información clínica (**Anexo 1.1**) sobre el protocolo y objetivo de la investigación y firmaron un consentimiento informado (**Anexo 1.2**).

## **Desarrollo del tema**

El uso óptimo de los potenciales evocados para estudios clínicos requiere entender los sitios de generación de los mismos. Un análisis cuidadoso de la anatomía y fisiología del sistema a estimular es la base para la identificación de las estructuras del sistema nervioso que pueden generar las ondas de los potenciales evocados ([Luders, 1989](#)).

### Anatomía del oído

El oído se puede dividir anatómicamente en tres partes: oído externo, oído medio y oído interno.

1. El **oído externo** es la porción que se encuentra en contacto con el entorno, está constituido por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo ([Thomassin & Barry, 2016](#))

2. El **oído medio** se encuentra entre el oído externo e interno y está compuesto por la cadena tímpano-oscicular (formada por la membrana timpánica y tres huesecillos denominados martillo, yunque y estribo), los músculos de la cadena oscicular y la trompa de Eustaquio que se abre en la rinofaringe. El oído medio cuenta con dos articulaciones: la articulación incudo-maleolar (une el extremo más interno del martillo con el yunque) y la articulación incudo-estapedial (une el yunque con la cabeza del estribo). En cuanto al estribo, tiene su platina inserta en la ventana oval, a la que se une mediante el ligamento anular de Rudinger ([Thomassin, Dessi, Danvin, & Forman, 2008](#)).

3. El **oído interno** o también llamado laberinto se localiza en la región petrosa del hueso temporal. Está constituido por un laberinto óseo que protege un laberinto membranoso y entre ellos se sitúa un compartimento líquido con perilinfa ([Lippert,](#)

[2005](#)). El laberinto membranoso es un tubo largo epitelial que contiene endolinfa, diferenciado localmente en estructuras sensoriales: el canal coclear destinado a la audición y el órgano vestibular formado por el sáculo, el utrículo y los canales semicirculares destinados al equilibrio ([Sauvage, Puyraud, Roche, & Rahman, 2000](#)). Sobre la membrana basilar del canal coclear descansa el órgano de Corti, que contiene las células sensoriales de la audición (células ciliadas externas e internas) y está recubierto por la membrana tectorial. Ambos tipos de células ciliadas por su extremo basal hacen sinapsis con neuronas sensitivas de primer orden y con neuronas eferentes del ramo coclear del nervio vestibulococlear ([Sauvage et al., 2000](#)).

### Fisiología del oído

El pabellón auricular actúa como una pantalla receptora que capta las ondas sonoras que serán conducidas por el conducto auditivo externo hacia la membrana timpánica. La membrana timpánica al vibrar traspassa su movimiento al martillo, el martillo al yunque y éste al estribo; el cual, a través de la ventana oval, transmite la vibración al oído interno. Estas ondas se transmiten al oído interno amplificadas mediante fuerzas de la cadena osicular y diferencia de superficie entre membrana timpánica y ventana oval, de manera de evitar la pérdida de energía que se produciría al pasar el sonido de un medio aéreo (oído externo y medio) a un medio líquido (oído interno). Una vez en el oído interno, deben suceder 3 etapas para que el estímulo sonoro físico sea perceptible por el cerebro:

1. Mecánica coclear: Los movimientos del estribo producen una onda líquida en la perilinfa de la rampa vestibular. Esta onda se desplaza a lo largo del conjunto rampa vestibular-conducto coclear y pone en vibración la membrana basilar.

2. Micromecánica coclear: Con la vibración de la membrana basilar, el órgano de Corti se desplaza sucesivamente de arriba y abajo provocando micro-corrientes que ocasionan el movimiento de los cilios de las células ciliadas internas y su despolarización. Las células ciliadas internas reciben la información física como una vibración y la transforman en impulsos eléctricos que enviarán a áreas corticales relacionadas con la audición.

3. Transducción: Es la transformación de la energía mecánica (que actúa sobre los cilios de las células ciliadas externas y las células ciliadas internas) en energía bioeléctrica dependiente del ciclo de potasio. Cuando se angulan los cilios al ser proyectados contra la tectoria, varía la resistencia eléctrica de la membrana celular, ocurriendo fenómenos de despolarización en las células ciliadas que conducen a una modificación de su potencial de reposo. Cuando esta modificación alcanza su "umbral" se libera un neurotransmisor (glutamato) que es captado por el elemento postsináptico y va a originar un potencial de acción en la fibra nerviosa ([Terradillos, Sáez, & Sañudo, 2015](#)).

Recorrido de la vía auditiva aferente

Una vez originado el potencial de acción, es conducido por una vía específica hasta los centros analizadores superiores de la corteza temporal. Esta vía es un camino complejo con diversas estaciones sinápticas y frecuentes conexiones y decusaciones. La vía auditiva central comienza en las neuronas primarias del ganglio espiral del órgano de Corti, que envían sus prolongaciones axónicas por medio del nervio auditivo hacia los núcleos cocleares ubicados en el bulbo raquídeo. Desde ahí, la información mayoritariamente cruza la línea media para dirigirse hacia el complejo olivar superior en la protuberancia del tronco encefálico. Esta estación es el primer relevo que recibe información de ambos oídos (binaural) y por lo tanto está involucrado en la localización espacial del sonido. Posteriormente, otras fibras alcanzan el lemnisco lateral para luego llegar al colículo inferior de forma directa en una ubicación posterior en el mesencéfalo. La información auditiva continúa su camino hacia los núcleos geniculados mediales en el tálamo y, por último, arriba a la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal. ([Chiappa, 1997](#); [Ebersole, Nordli, & Husain, 2014](#)).

### Ondas de los PEATC

En los PEATC hay siete ondas que surgen de centros neurales generadores del tronco cerebral. Aunque se refiere a una estructura única del tronco cerebral como la generadora de una onda en particular, puede suceder que varias estructuras contribuyan a más de una onda (Husain, 2017). La onda I es registrada en la mastoides del oído estimulado y refleja la actividad de la porción distal del nervio auditivo. El origen de la onda II se relaciona con el potencial post sináptico de

los núcleos cocleares en el tronco encefálico. La onda III se cree que representa el potencial evocado dentro del complejo olivar superior y el cuerpo trapezoide dentro del tronco encefálico. Aunque sigue en debate, es posible que la onda IV represente el potencial post sináptico en el lemnisco lateral, el potencial de acción de las fibras del lemnisco, o una combinación de los dos. Inicialmente se creía que la onda V se originaba en el colículo inferior, pero algunos autores sugieren que se genera en el lemnisco lateral, o que las ondas IV y V son una interacción que reciben contribución de los complejos olivares superiores y lemnisco lateral ipsi y contralateral. El origen de las ondas VI y VII es aún más incierto, se especula que pueden ser originadas por el cuerpo geniculado medial. Aunque no es posible localizar con total certeza el origen de las ondas de los PEATC, el conocimiento de que la primer onda es generada en el nervio auditivo y que las ondas III-V son generadas en el tronco encefálico es suficiente para la aplicación clínica ([Schomer & Lopes da Silva, 2011](#)).

El impulso de conducción auditivo entre el nervio vestibulococlear distal y el complejo olivar superior es medido por la interlatencia I-III. Esta medida en milisegundos es considerada una medida de conducción nerviosa del tronco cerebral bajo ipsilateral. La interlatencia III-V es una medida de conducción del tronco cerebral superior, entre el complejo olivar superior y el colículo inferior; sin embargo no es posible determinar lateralidad por la decusación parcial de la vía auditiva. La interlatencia I-V es una medida de conducción en todo el tronco cerebral (desde el nervio vestibulococlear al colículo inferior) sin ser posible la lateralización ([Husain, 2017](#)).

El conocimiento preciso del tamaño de la fibra y el largo de la vía aferente nos permite estimar el tiempo al cual la descarga aferente llega a diferentes estructuras neuronales (la latencia). Esta información puede ser usada para determinar las estructuras que generan un potencial evocado que ocurre a una cierta latencia. Por ejemplo, las fibras del nervio coclear tienen un largo de 20 a 25mm y un diámetro de 2 a 7 $\mu$ m. A partir de estos datos, tanto como de las medidas actuales de la velocidad de conducción por el nervio coclear (10 a 24 ms) el tiempo de conducción entre la cóclea y el núcleo coclear puede ser razonablemente estimado en 1 ms ([Luders, 1989](#)).

### Estímulo auditivo

La estimulación utilizada para el estudio de la vía auditiva es un click producido por una onda cuadrada de 100 a 200 microsegundos de duración, con auriculares audiológicos ([Schomer & Lopes da Silva, 2011](#)). La intensidad varía de acuerdo a una escala logarítmica en decibeles, en escalones de 5 dB ([Chiappa, 1997](#)). Distintas polaridades del click (rarefacción, condensación o alternante) pueden producir cambios menores en la amplitud de las ondas ([Chiappa, 1997](#)). Incrementando la intensidad del estímulo, las ondas de los PEATC aumentan en amplitud y disminuyen en latencia. Si la intensidad se reduce, las ondas gradualmente reducen su amplitud y aumentan su latencia. Por el contrario, el incremento de frecuencia resulta en latencias más prolongadas y amplitudes menores ([Colon & Visser, 2013](#)).

Como los PEATC son de baja amplitud, se requieren al menos 1000 repeticiones para promediar y poder obtener respuestas confiables. Cada PEATC debe ser replicado por lo menos una vez para confirmar la presencia de las ondas. (Husain, 2017).

### Enmascaramiento

En la transmisión del sonido debemos apreciar (además de la transmisión por aire que estimula los cilios y la membrana basilar de la cóclea ipsilateral), la transmisión por conducción del hueso, que llega a estimular también a la cóclea contralateral. Hay aproximadamente 30 a 40db de atenuación cuando el sonido es transmitido por conducción del hueso, por lo tanto para un estímulo de 70 dBnHL en el oído izquierdo, aproximadamente 30 a 40 dBnHL llegan al oído derecho por medio del hueso (Husain, 2017). Para evitar la activación por medio de la conducción del hueso, se utiliza un enmascaramiento de ruido blanco en el oído contralateral con una intensidad de 40dB menor que la intensidad utilizada en el oído ipsilateral ([Chiappa, 1997](#)).

### Colocación de electrodos

Se utilizan electrodos de superficie y todos deben tener una impedancia menor a 5k $\Omega$ . Se deben colocar los siguientes electrodos:

- A1/ A2 mastoides bilateral
- Vertex (en locación Cz)

- Tierra (en locación Fz por convención)

### Montaje de registro

El montaje utilizado en el Departamento de Neurofisiología Clínica en el Hospital de Clínicas es el siguiente:

Canal 1: Ai (ipsilateral) - Cz

Canal 2: Ac (contralateral) - Cz

En este montaje, la electropositividad de la entrada G2 del amplificador produce una deflexión hacia arriba. Las ondas II-V son vistas como potenciales de campo lejano, positivas, desde el electrodo Cz. Por lo tanto, siendo G2 (Cz) más electropositivo que G1 (Ai), vemos las ondas como deflexiones hacia arriba. La onda I es un potencial de campo cercano, negativo y de superficie registrado desde el electrodo Ai en mastoides ipsilateral. Como el electrodo Ai está en la entrada G1 del amplificador, un potencial negativo en esta entrada es también mostrado como una deflexión negativa. Por lo tanto, las cinco ondas de los PEATC son mostradas como deflexiones hacia arriba.

### Amplificador y filtros

Los PEATC son registrados de mejor manera si se utiliza una amplificación de 200.000 a 500.000 ([Chiappa, 1997](#)). La guía de Sociedad Americana de Neurofisiología Clínica recomienda configurar los filtros de 10 a 3000 Hz para los estudios clínicos de PEATC, aunque incrementando el filtro de bajas a 150 Hz

puede ayudar a reducir artefacto muscular, pero también puede causar un cambio en la latencia ([Luders, 1989](#); Husain, 2017).

### Interpretación

Los PEATC se han convertido en una parte integral de las herramientas diagnósticas neurológicas. Es reconocido que pueden identificar varias lesiones focales en el tronco encefálico. Sin embargo, el poder de estos potenciales como técnica localizadora depende mucho en la precisión y del conocimiento de los componentes que lo conforman ([Luders, 1989](#)).

Las ondas de la derivación Ai-Cz son identificadas en orden de aparición: Onda I, II, III, IV y V. Se determinan las latencias absolutas de estas ondas y las interlatencias I-III, III-V, I-V. Las interlatencias son más confiables para evaluar la conducción nerviosa central del tronco cerebral, ya que las latencias absolutas incluyen la parte periférica del nervio vestibulococlear. La amplitud de las ondas puede ser utilizada para determinar normalidad, pero no es un criterio tan definido como la latencia.

Las ondas obligatorias en los PEATC son las ondas I, III y V. Estas ondas están presentes en los individuos normales y su ausencia denota anormalidad ([Chiappa, 1997](#)). Las ondas II y IV pueden no ser siempre evidentes y pueden verse fusionadas con otras ondas (Husain, 2017).

## Variaciones

Los PEATC son relativamente independiente de estado de conciencia y resistentes a las drogas, especialmente sedantes. Sin embargo, la edad, sexo, tamaño cefálico, intensidad y frecuencia de estímulo pueden afectar la latencia y amplitud de éstos potenciales. Los valores normativos varían según la intensidad del estímulo. Algunos autores plantean que los PEATC también cambian pero no tan dramáticamente, con la edad avanzada: la latencia aumentaría con el aumento de la edad ([Schomer & Lopes da Silva, 2011](#)).

## Curva audiométrica

La curva audiométrica de latencias de onda del tronco cerebral se realiza de forma complementaria al PEATC y comprende la búsqueda del umbral auditivo objetivo a través de la desaparición de la onda V. Es un estudio candidato para ayudar a diferenciar trastornos del tronco cerebral en general. Una de las ventajas que tiene sobre las técnicas conductuales como la audiometría estándar es que es un procedimiento objetivo que no requiere participación activa del paciente. A través del decremento de la intensidad del estímulo en decibeles, las ondas aumentan en latencia. Si la intensidad se reduce lo suficiente, las ondas gradualmente reducen su amplitud y eventualmente desaparecen. La última onda que desaparece es la onda V, identificando así el umbral objetivo de audición ([Luders, 1989](#)).

## Estandarización

Muchos de los estudios empleados en neurofisiología clínica dependen de tablas de valores normales para su correcta interpretación. No importan cuán meticuloso sea el estudio, su interpretación es problemática si no existen datos normativos con los cuales comparar los resultados de cada paciente ([Dorfman & Robinson, 1997](#)). Para la obtención de datos normales, los valores de la variable son medidos en una muestra de individuos normales y extrapolados a la población entera. Para que este procedimiento sea válido, la muestra debe ser del tamaño suficiente y debe asemejarse a la población en aquellas propiedades que puedan afectar la variable en estudio. Cuando las propiedades relevantes son conocidas, la muestra se debe estratificar para incluir representación apropiada de esas propiedades (edad y sexo). Si la muestra es lo suficientemente grande y representativa, es posible analizar la influencia de estas propiedades ([Dorfman & Robinson, 1997](#)). Muchas variables poblacionales muestran una distribución en forma de campana de Gauss, adquiriendo la característica de que pueden ser estudiadas para el análisis estadístico: es simétrica, su mediana, media y moda son idénticas y el área bajo la curva (la población total de medidas) puede ser descrita convenientemente en desviaciones estándar. Es importante notar que la distribución Gaussiana tiende asintóticamente a la base en ambos lados, lo que significa que incluye una proporción en los extremos de valores altos y bajos. Estos extremos, son más probables de pertenecer a sujetos con enfermedades subclínicas o ser el resultado de un error metodológico ([Dorfman & Robinson, 1997](#)).

En el área de la Neurofisiología Clínica es apropiado establecer los límites normales en  $\pm 2,5$  desvíos estándar de la media, que incluye el 97,5% de las

observaciones, por lo que el 2,5% de los datos normativos caerán fuera de los límites definidos y representarán falsos positivo ([Dorfman & Robinson, 1997](#); [Ebersole, Nordli, & Husain, 2014](#); [Husain, 2017](#)). Si se establecen límites normales más amplios, más individuos con patologías tendrán resultados que caerán dentro de los límites de normalidad y la sensibilidad del estudio sería disminuida, aunque la especificidad es mejorada. Una vez obtenidos los valores normales, incluso habiendo sido obtenidos y estudiados de forma óptima, un resultado que caiga fuera de los límites normales solo significa la probabilidad de patología. La persona con el valor anormal puede simplemente representar el mínimo porcentaje de población con valores anormales ([Campbell & Robinson, 1993](#))

La aplicación extendida del uso de los PEATC en la práctica clínica ha llevado a la preocupación no solo del mal uso y sobre uso, sino también a su calidad y estandarización. Estos problemas son abordados en la guía de Potenciales Evocados Auditivos de corta latencia de la ACNS. Estas guías exhortan a los médicos a adherirse a rigurosos estándares de control de calidad cuando se utilizan los PEATC para el diagnóstico de patologías otológicas o neurológicas.

## **Resultados**

Se recabaron datos de 84 sujetos de 18 a 64 años, 168 oídos en total, 30 hombres de 18 a 64 años con una edad media de 38 años y 49 mujeres de 18 a 63 años, con una edad media de 39 años. La distribución por rangos etáreos fue en divisiones de 5 franjas etáreas de 18 a 30, 31 a 40, 41 a 50 y 51 a 64 años con al menos 7 personas de cada sexo por franja (**Anexo 2.1**).

### Potenciales evocados

Se determinaron los valores de latencias e interlatencias para todas las ondas, calculando la media y los límites normales inferiores y superiores con  $\pm 2,5$  desvíos estándar. En el **Anexo 3.1** se muestran las medias y desvíos de los valores para todos los sujetos sin discriminar por sexo, edad ni tamaño cefálico. No existieron diferencias significativas interaurales para ninguna latencia o interlatencia (**Anexo 3.2, 3.3 y 3.4**).

Se realizó una comparación entre grupos etáreos divididos por la mediana de edad, resultando dos grupos de 18 a 37 años y de 38 a 64 años. Los valores de media de umbral subjetivo fueron 17 dB para el primer grupo y 22 dB para el segundo, existiendo una diferencia significativa  $p < 0,0001$ . Se estudiaron en estos grupos valores de medias de latencias e interlatencias obteniendo diferencias significativas en las latencias de ondas III, IV, V e interlatencias I-III, III-V y I-V, siendo en todos los casos mayores en el segundo grupo etáreo (**Anexo 3.5**).

En el análisis por sexo existieron diferencias significativas en latencias de ondas III, IV y V e interlatencias I-III, III-V y I-V (**Anexo 3.6**) con valores más prolongados en el sexo masculino. El umbral subjetivo fue de una media de 19 decibeles en ambos sexos. El perímetro cefálico fue mayor en sexo masculino con una media de 57,2 cm contra 54,7 cm en sexo femenino, demostrando diferencia significativa con un valor  $p < 0,0001$ . La medida de línea coronal en el sexo masculino fue de 37,4 cm y 36,1 cm en sexo femenino, demostrando diferencia estadísticamente significativa con valor  $p < 0,0001$ .

Teniendo en cuenta el perímetro cefálico sin discriminar por sexo ni edad, se dividió la muestra por la mediana de perímetro cefálico (PC) en grupos  $<56$  cm y  $\geq 56$  cm. Los valores de latencias fueron significativamente mayores en personas con  $PC \geq 56$  cm en la onda V e interlatencias III-V y I-V (Anexo 3.7). Dividiendo la muestra en la mediana de línea coronal (LC) analizamos dos grupos de  $<37$  cm y  $\geq 37$  cm. Existieron diferencias significativas en las latencias de las ondas I, III, IV, V e interlatencias I-III y I-V (Anexo 3.8), con mayores valores para el grupo de mayor medida de línea coronal.

La hipótesis de que vías más largas resultan en latencias más largas podría recaer en las dimensiones de volumen cefálico. Asemajando la forma de la cabeza a un óvalo, utilizamos las medidas de perímetro cefálico y la línea coronal para calcular los volúmenes cefálicos de la muestra (**Anexo 3.9**). Con la medida de perímetro cefálico y línea coronal calculamos el radio asumiendo que estas medidas cefálicas son comparables a una circunferencia y una elipse respectivamente. Este método debe excluirse para individuos que no tienen una morfología craneal normal ya que equiparamos el perímetro cefálico a una circunferencia, lo que puede llevar a diagnósticos equívocos en estos pacientes. La mediana del volumen cefálico fue  $4606 \text{ cm}^3$ , por lo que se dividió la muestra en grupos  $<4606 \text{ cm}^3$  y  $\geq 4606 \text{ cm}^3$ , siendo las latencias de ondas I, III, IV, V e interlatencias III-V y I-V significativamente más prolongadas en el grupo de mayor volumen cefálico (Anexo 3.10). El grupo de sexo masculino tuvo una media de  $4935 \text{ cm}^3$  contra  $4367 \text{ cm}^3$  en sexo femenino, existiendo una diferencia estadísticamente significativa con un valor  $p < 0,0001$ .

En el **Anexo 3.15** se muestran todas las variables que resultaron significativas para las latencias e interlatencias de los PEATC en una sola tabla, lo

cual nos permite observar que tanto la latencia de la onda V como la interlatencia I-V resultaron extremadamente significativas para todas las variables estudiadas.

La diferencia de las latencias e interlatencias entre poblaciones queda en evidencia al comparar nuestros datos normales con datos extranjeros de Brasil ([Braga Norte, Dell'Aringa, Dell'Aringa, & Narudi, 2009](#)), España ([Hern & de Prat, 2003](#)) y Estados Unidos ([Chiappa, 1997](#)). A pesar de no ser posible realizar un test estadístico para identificar diferencias significativas, los valores entre países impresionan disparidad (**Anexo 3.16**).

#### Curva audiométrica

Se establecieron los límites normales con  $\pm 2,5$  desvíos estándar para la curva audiométrica por latencia de onda V con decremento de estímulo en pasos de 10dB (**Anexo 4.1 y 4.2**).

Se estableció la línea de medias de latencias por intensidades, determinando la ecuación de la pendiente de esta curva como  $y = -0,49x + 9,04$  estableciendo el valor medio de aumento de latencia por disminución de decibel en 0,049ms/dB, con límites normales  $\pm 2,5$  desvíos estándar (0,074ms/dB y 0,023ms/dB respectivamente) (**Anexo 4.3**).

Al igual que en los potenciales auditivos, no existieron diferencias significativas interaurales (**Anexo 4.4**), aunque sí existieron diferencias estadísticamente significativas por edad en las latencias de onda V en 20dB, 30dB, 40dB, 50dB, 60dB y 80dB (**Anexo 4.5**). En cuanto al sexo, existieron diferencias

estadísticamente significativas en la latencia de onda V en todas las intensidades estudiadas (**Anexo 4.6**), con mayores valores de latencia para el sexo masculino.

En el análisis tanto por perímetro cefálico como por línea coronal, existieron diferencias significativas en las latencias de onda V en las intensidades 30dB, 40dB, 50dB, 60dB, 70dB y 80dB (**Anexo 4.7 y 4.8**) con latencias más prolongadas para los grupos de mayores medidas cefálicas. En tanto en el análisis por volumen cefálico existieron diferencias significativas en las latencias de onda V en todas las intensidades, con latencias más prolongadas para el grupo de mayor volumen cefálico (**Anexo 4.9**).

En el **Anexo 4.10** se muestra una tabla con todas las variables que resultaron significativas para las latencias de la onda V en la curva audiométrica, lo cual nos permite observar que en todas las intensidades estudiadas excepto en 20dB existieron diferencias significativas en todas las variables analizadas.

## **Discusión**

Los PEATC son estudios exitosos tanto para detectar cambio en los umbrales auditivos como para caracterizar el tipo de pérdida auditiva y localizar alteraciones retrococleares o propias del sistema nervioso central ([Braga Norte et al., 2009](#))

En 84 sujetos se estudiaron medias, medianas, latencias de ondas I, II, III, IV y V, interlatencias de ondas I-III, III-V, I-V y latencia de onda V para 20dB, 30dB, 40dB, 50dB, 60dB, 70dB y 80dB. Existieron diferencias significativas en estos valores al estudiar la edad, sexo, perímetro cefálico, línea coronal y volumen

cefálico en todos los casos analizados.

Se han realizado muchos estudios para determinar si existen factores fisiológicos que determinen los resultados de un potencial auditivo de corta latencia, así como el sexo, la edad, el tamaño cefálico y el estado hormonal. En algunos de ellos, al igual que en nuestro trabajo, se ha demostrado el aumento de latencias en conjunto con el aumento de la edad ([Aguilar-Madrid et al., 2014](#); [Braga Norte et al., 2009](#); [Mohammad, Gharib, & Teimuri, 2007](#); [Goodin, Squires, Henderson, & Starr, 1978](#); [Khatoon, Nighute, & Awari, 2012](#); [Marsh G, Thompson, 1972](#); [Michalewski, Thompson, Patterson, Bowman, & Litzelman, 1980](#); [Patel et al., 2017](#); [Rosenhall, Björkman, Pedersen, & Kall, 1985](#); [Rozhkov & Soroko, 2009](#); [Stone et al., 2009](#); [Trune, Mitchell, & Phillips, 1988](#)) mientras que en otros no se han encontrado diferencias significativas ([Gathe, 2014](#); [Sheldrake, 1978](#)).

La disminución del umbral subjetivo con la edad estudiada en este trabajo concuerda con autores que demuestran que el aumento de la edad resulta en un decremento en el número de fibras nerviosas disponibles y en consecuencia una pérdida auditiva fisiológica. La degeneración neuronal que se producen con la edad como la atrofia del nervio auditivo, el retraso sináptico, la pérdida neuronal y los cambios en la permeabilidad de la membrana neuronal podría ocasionar un aumento en el umbral auditivo y por lo tanto en la latencia de las ondas ([Patel et al., 2017](#)). Para los sujetos que tuvieron el umbral auditivo disminuído, se necesita una intensidad superior para la realización de PEATC de forma de compensar la pérdida auditiva. La máxima intensidad utilizada fue de 90dB de manera de no ocasionar daños auditivos, a pesar de que en algunos casos el umbral subjetivo fue de 30dB, correspondiendo realizar el estudio con 100dB. Al utilizar menor intensidad de la

necesaria, las latencias de las ondas tienden a prolongarse, por lo tanto se explica de esta manera el aumento de latencia de ondas e interlatencias con la edad.

En cuanto al sexo, varios investigadores han demostrado, al igual que nosotros, que las latencias e interlatencias de las ondas se ven aumentadas en alguna medida en el sexo masculino ([Aguilar-Madrid et al., 2014](#); [Braga Norte et al., 2009](#); [Chu, 1985](#); [Michalewski et al., 1980](#); [Rozhkov & Soroko, 2009](#); [Trune et al., 1988](#)). Algunos autores especifican que estas disparidades en los valores pueden deberse a diferencias hormonales (estrógeno) entre sexos ([Patel et al., 2017](#); [Zakaria, Wahab, Maamor, Jalaei, & Dzulkarnain, 2019](#)), mientras que otros autores, al igual que nosotros, manejan la hipótesis de que vías auditivas más cortas resultan en latencias más cortas, por lo que el tamaño cefálico es lo que influye en los resultados ([Michalewski, Thompson, Patterson, Bowman, & Litzelman, 1980](#)). No contamos en este trabajo con valores hormonales de los sujetos, por lo tanto es una asociación que no podemos descartar. Tanto las medidas de perímetro cefálico y línea coronal como volumen cefálico fueron significativamente mayores en personas de sexo masculino.

En nuestro estudio, además de incluir la medida de perímetro cefálico, sumamos una nueva variable: la medida de la línea coronal. Al análisis, ambas medidas demuestran ser significativas para los resultados de determinadas ondas en PEATC y curva audiométrica, por lo que el tamaño cefálico se asociaría a latencias mayores. Con la finalidad de obtener nuevos métodos para la clasificación de los resultados de PEATC y curva audiométrica, relacionamos estas dos medidas en una sola variable: volumen cefálico.

Esta nueva variable tuvo diferencias significativas en latencias e interlatencias de todas las ondas, incluidas las latencias de onda V en todas las intensidades de la curva audiométrica, siempre asociando mayor volumen cefálico a mayor latencia. La latencia de la onda V y la interlatencia I-V, que representa la totalidad de la vía auditiva, fueron extremadamente significativas en los análisis de medidas cefálicas: perímetro cefálico, línea coronal y volumen cefálico, lo que reafirma el argumento de nuestra teoría de que a mayor tamaño cefálico, mayores latencias.

En conjunto con la edad, lo que determinaría las variaciones de latencias absolutas e interlatencias es la longitud de la vía auditiva como consecuencia de un cráneo de mayor volumen, el cual es significativamente mayor en los sujetos de sexo masculino. Esto explicaría el aumento significativo en determinadas latencias estudiadas en el sexo masculino.

Por lo tanto, se establecieron los rangos de normalidad de la onda V involucrando las variables que resultaron significativas al estudiar latencias e interlatencias (edad y volumen cefálico) (**Anexo 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4**).

## **Conclusión**

Los métodos utilizados para la obtención de los PEATC pueden afectar la morfología, amplitud y latencia de las ondas. La naturaleza del estímulo auditivo, así como el equipamiento utilizado para proveer ese estímulo, pueden influir en los resultados. Los PEATC requieren una precisión que obliga a los servicios a obtener datos normales que se ajusten a los parámetros y realidades de cada laboratorio.

El contar con resultados en una población del Uruguay tanto de latencias e interlatencias de potenciales auditivos como de aumento de latencia de la onda V como consecuencia del decremento de la intensidad en la curva audiométrica, significa poder establecer una normalidad de forma de clasificar los resultados de estos estudios debidamente, con el fin de obtener diagnósticos más precisos en nuestra población.

Este trabajo contribuye a resolver la controversia que aún se mantiene respecto a la verdadera influencia de los factores fisiológicos en los registros de los PEATC. Se plantea una nueva relación entre el volumen cefálico y los valores de latencias, con variables que, a nuestro entender, no habían sido estudiadas anteriormente demostrando una clara asociación. Los factores fisiológicos que determinarían un aumento de la latencias e interlatencias de las ondas de los PEATC y de latencias de onda V en la curva audiométrica serían el volumen cefálico y la edad

## ANEXO

### Anexo 1

#### 1.1

Hospital de Clínicas - Escuela Universitaria de Tecnología Médica - Departamento de Neurofisiología Clínica  
**Valores normales de Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral en el adulto**

### INFORMACIÓN CLÍNICA

El Potencial Evocado Auditivo es un estudio neurofisiológico que permite evaluar la vía auditiva, cómo conduce y cómo responde el cerebro ante un estímulo auditivo. Permite identificar enfermedades que alteran la conducción auditiva y si existe algún grado de hipoacusia (disminución de la audición). Es una técnica indolora, no provoca efectos adversos y es bien tolerada, por lo tanto no representa ningún inconveniente para el desarrollo normal de las actividades diarias.

**La realización del Potencial Evocado Auditivo consiste en la colocación de cuatro electrodos (compuesto por cables con una disco metálico en su extremo) sobre el cuero cabelludo con la ayuda de una pasta conductora para que su fijación sea adecuada. Luego se le colocará auriculares con los cuales se le hará escuchar un sonido tipo "Click" en el oído que se esté estimulando (primero en un oído y luego en el otro). El estudio se realiza en aproximadamente 40 minutos, durante los cuales usted estará cómodo y acostado en una camilla.**

En nuestro país existen pocos datos sobre los valores normales de dichos potenciales. Por este motivo es que lo invitamos a participar del estudio "Valores normales de potenciales evocados auditivos de tronco cerebral en el adulto" para obtener registros normales y generar una base de datos anonimizada (significa que su participación es anónima, y sus datos no serán identificables) que nos permita construir tablas de normalidad.

**En el caso que se observen alteraciones en el estudio realizado el equipo a cargo de la investigación se lo comunicara y le recomendará visitar a su médico tratante.**

Esta participación no es obligatoria y Ud. puede negarse en cualquier momento. Su atención en el futuro en este servicio no se verá afectada ante la negativa a participar.

No hay ningún tipo de remuneración económica o de otra índole en el caso de participar.

Hoy el departamento de Neurofisiología está a cargo del Prof. Agdo. Dr. H. Jochen Hackembruch. La investigación será llevada a cabo por las estudiantes Br. Sol Fassani (contacto 098959201) y Br. Natalia Garay (contacto 092011469) a cargo de la tutora Asist. Lic. María Pagés.

## 1.2

Hospital de Clínicas – Escuela Universitaria de Tecnología Médica  
Departamento de Neurofisiología Clínica

### **Valores normales de Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral en el adulto**

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR DE LA INVESTIGACIÓN:

Afirmo haber leído la hoja de información clínica y haber sido informado correctamente del estudio del cual seré participe así como también de los objetivos y la metodología de trabajo de la investigación.

Autorizo a los responsables de dicho trabajo a utilizar los resultados de mi estudio en función de la realización de la investigación "Valores normales de Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral en el adulto".

Habiendo sido informado que la participación es anónima y mis datos no serán identificables estoy de acuerdo con participar de la investigación.

**Firmas:**

**Aclaraciones:**

Paciente: \_\_\_\_\_

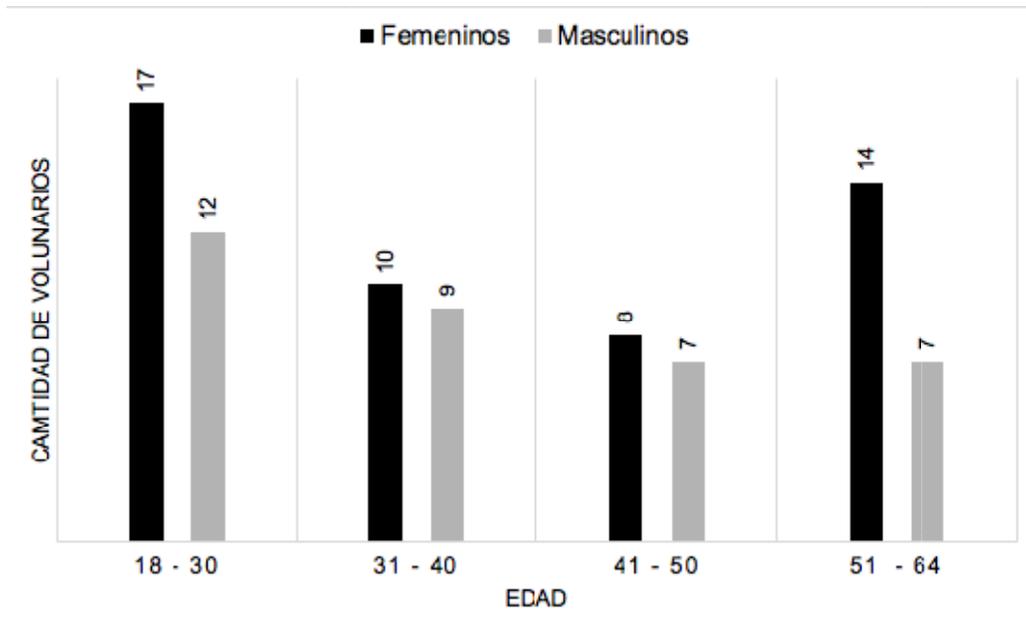
Investigador: \_\_\_\_\_

**Lugar y fecha:**

\_\_\_\_\_

## Anexo 2

### Anexo 2.1 Gráfica de distribución franjas etáreas



## Anexo 3

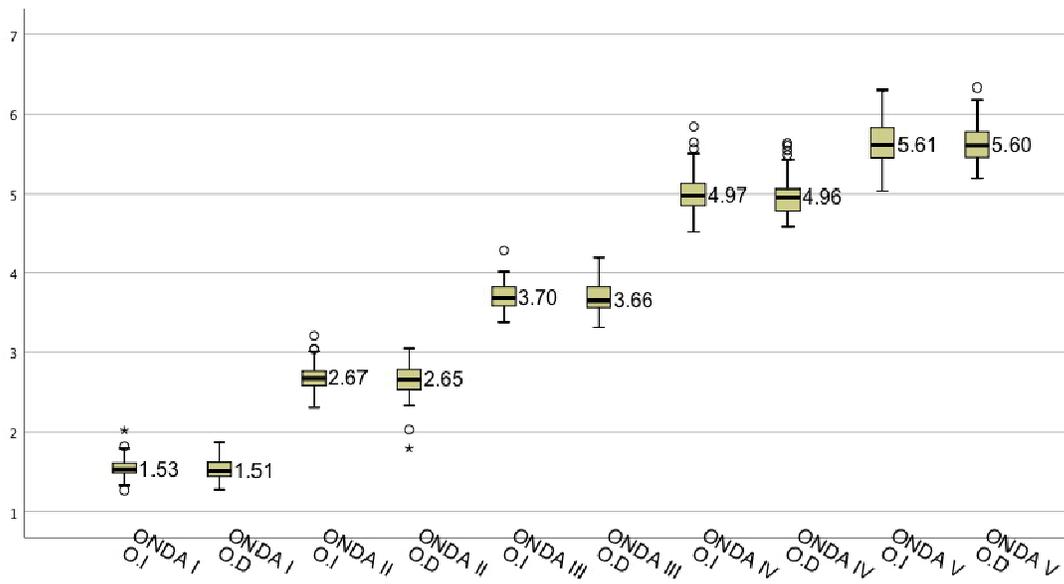
**Anexo 3.1.** Latencias e interlatencias de ondas con  $\pm 2,5$  desvíos estándar para todos los individuos sin discriminar por sexo, edad ni tamaño cefálico.

Onda	Latencias (ms)	2,5 Desvíos (ms)
I	1,54	0,31
II	2,67	0,47
III	3,70	0,43
IV	4,98	0,81
V	5,62	0,61
I-III	2,16	0,42
III-V	1,92	0,41
I-V	4,09	0,60

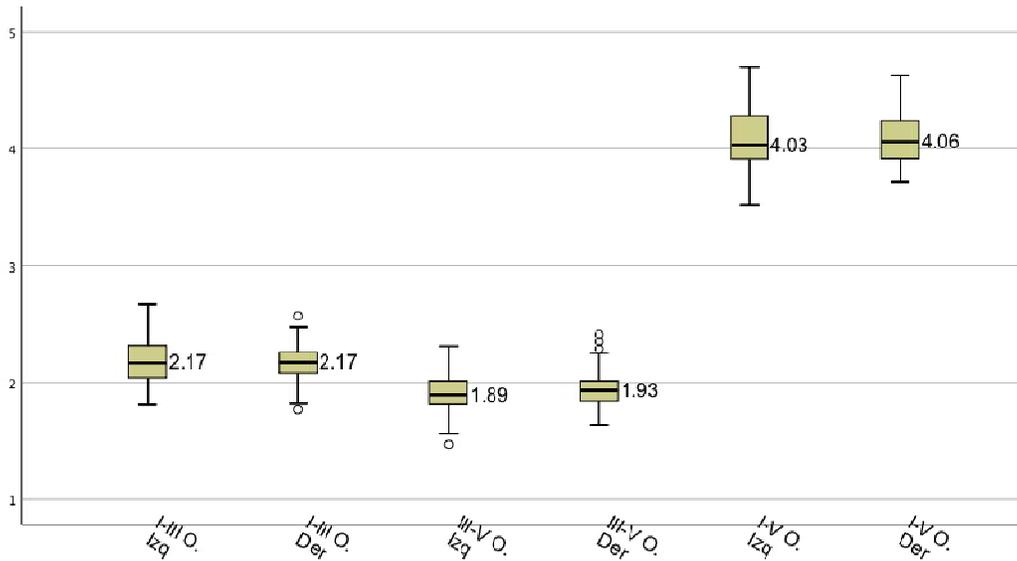
**Anexo 3.2.** Latencias e interlatencias en oído izquierdo y derecho.

Onda	Lat. oído izq	Lat. oído der	Valor P
I	1,55	1,53	0,353
II	2,68	2,66	0,505
III	3,71	3,69	0,476
IV	5,00	4,97	0,206
V	5,62	5,63	0,947
I-III	2,16	2,16	0,971
III-V	1,91	1,93	0,393
I-V	4,08	4,10	0,578

**Anexo 3.3** Gráfica de latencias de ondas I, II, III, IV y V.



**Anexo 3.4** Gráfica de latencias de interlatencias de ondas I-III-V.



**Anexo 3.5** Análisis de latencias e interlatencias por edades.

Onda	Lat. <38 años	Lat. ≥38 años	Valor P
I	1,53	1,54	0,495
II	2,66	2,68	0,545
III	3,65	3,74	0,0007*
IV	4,92	5,08	0,0009*
V	5,55	5,70	< 0,0001*
I-III	2,13	2,20	0,003*
III-V	1,89	1,95	0,013*
I-V	4,02	4,15	0,0001*

**Anexo 3.6** Análisis de latencias e interlatencias por sexo.

Onda	Lat. sexo femenino	Lat. sexo masculino	Valor P
I	1,53	1,55	0,289
II	2,65	2,70	0,067
III	3,66	3,76	0,0001*
IV	4,93	5,10	0,0008*
V	5,53	5,75	< 0,0001*
I-III	2,13	2,21	0,002*
III-V	1,88	1,99	< 0,0001*
I-V	4,01	4,20	< 0,0001*

**Anexo 3.7.** Análisis de latencias e interlatencias por perímetro cefálico (PC).

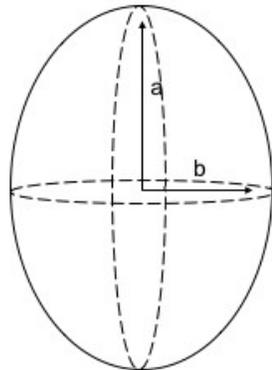
Onda	Lat. PC <56 cm	Lat. PC ≥56 cm	Valor P
I	1,52	1,55	0,064
II	2,65	2,68	0,275
III	3,68	3,72	0,157
IV	4,96	5,04	0,101
V	5,56	5,68	0,001*
I-III	2,16	2,16	0,944
III-V	1,88	1,96	0,0007*
I-V	4,04	4,13	0,020*

**Anexo 3.8** Análisis de latencias e interlatencias por línea coronal (LC).

Onda	Lat. LC <37cm	Lat. LC ≥ 37cm	Valor P
I	1,51	1,55	0,030*
II	2,64	2,69	0,060
III	3,63	3,75	< 0,0001*
IV	4,89	5,08	0,0001*
V	5,53	5,69	< 0,0001*
I-III	2,12	2,19	0,007*
III-V	1,90	1,94	0,122
I-V	4,02	4,13	0,003*

**Anexo 3.9** Fórmula aplicada para cálculo de volumen cefálico

Aproximando el perímetro cefálico (PC) como la elipse horizontal del óvalo, despejamos "b" para cada sujeto. Aproximando la línea coronal (LC) como media elipse vertical del óvalo, con la medida de "b", despejamos "a" para cada sujeto.



$$LC = \pi \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{2(LC)^2}{\pi^2} - b^2}$$

$$PC = 2 \pi b$$

$$b = \frac{PC}{2\pi}$$

Con ambos radios aplicamos la fórmula de volumen del óvalo para calcular volumen cefálico (VC).

$$VC = \frac{4}{3} \pi b^2 a$$

**Anexo 3.10** Análisis de latencias e interlatencias por volumen cefálico (VC)

Onda	Lat. VC <4606 cm <sup>3</sup>	Lat. VC ≥4606 cm <sup>3</sup>	Valor P
I	1,51	1,56	0,022*
II	2,65	2,69	0,231
III	3,66	3,74	0,001*
IV	4,95	5,06	0,015*
V	5,56	5,69	0,0003*
I-III	2,15	2,18	0,149
III-V	1,90	1,95	0,047*
I-V	4,04	4,13	0,017*

**Anexo 3.15.** Tabla de comparación de variables en ondas de PEATC.

Onda	I	II	III	IV	V	I-III	III-V	I-V
PC<56cm	1,52	2,65	3,68	4,96	5,56	2,16	1,88	4,04
PC≥56cm	1,55	2,68	3,72	5,04	5,68	2,16	1,96	4,13
Valor P	0,064	0,275	0,157	0,101	0,001*	0,944	0,0007*	0,020*
LC<37cm	1,51	2,64	3,63	4,89	5,53	2,12	1,90	4,02
LC≥37cm	1,55	2,69	3,75	5,08	5,69	2,19	1,94	4,13
Valor P	0,030*	0,060	<0,0001*	0,0001*	<0,0001*	0,007*	0,122	0,003*
VC<4606cm <sup>3</sup>	1,51	2,65	3,66	4,95	5,56	2,15	1,90	4,04
VC≥4606cm <sup>3</sup>	1,56	2,69	3,74	5,06	5,69	2,18	1,95	4,13
Valor P	0,022*	0,231	0,001*	0,015*	0,0003*	0,149	0,047*	0,017*
Fem	1,53	2,65	3,66	4,93	5,53	2,13	1,88	4,01
Masc	1,55	2,70	3,76	5,10	5,75	2,21	1,99	4,20
Valor P	0,289	0,067	0,0001*	0,0008*	<0,0001*	0,002*	<0,0001*	<0,0001*

**Anexo 3.16.** Valores de latencias e interlatencias PEATC por países.

Onda	Latencias (ms) ± Desvío (ms)			
	Uruguay	Brasil [1]	España [2]	EEUU [3]
I	1,54 ± 0,13	1,69 ± 0,13	1,49 ± 0,11	1,7 ± 0,15
III	3,70 ± 0,17	3,82 ± 0,16	3,73 ± 0,15	3,9 ± 0,17
V	5,62 ± 0,24	5,59 ± 0,20	5,53 ± 0,21	5,7 ± 0,19
I-III	2,16 ± 0,17	2,13 ± 0,14	2,24 ± 0,13	2,1 ± 0,15
III-V	1,92 ± 0,16	1,78 ± 0,18	1,80 ± 0,18	1,9 ± 0,23
I-V	4,09 ± 0,24	3,90 ± 0,21	4,04 ± 0,16	4,0 ± 0,16

[1] M. C. Braga Norte, B. A. H. Dell'Aringa, G. V. A. Dell'Aringa, y J. C. Narudi, "Brainstem evoked response audiometry in normal hearing subjects", *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 2009.

[2] J. D. Hern y de Prat, "Normalización de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral I: Resultados en una muestra de adultos normoyentes", p. 6, 2003.

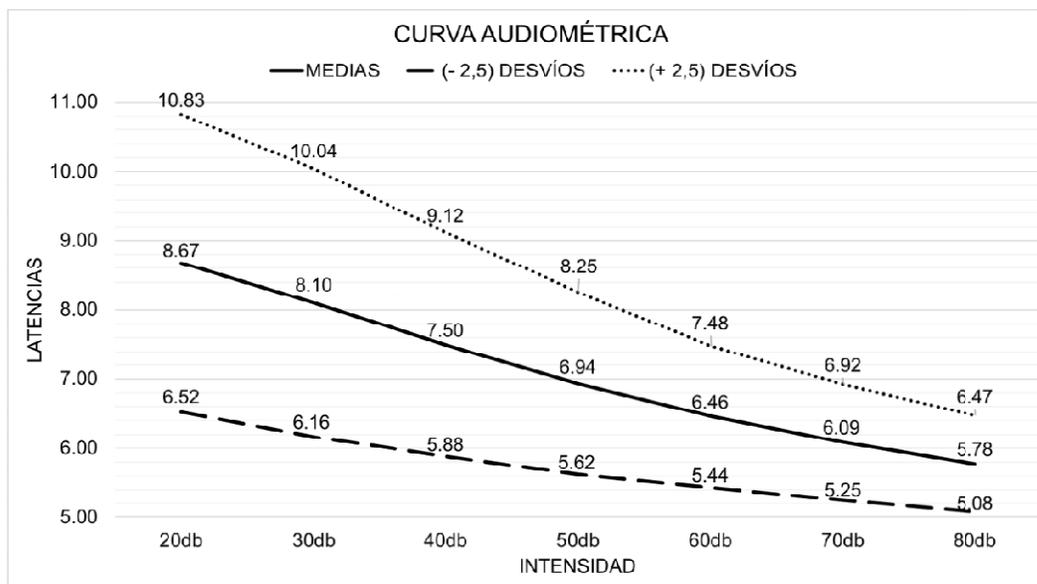
[3] K. H. Chiappa, *Evoked Potentials in Clinical Medicine*, 3rd ed. Philadelphia, USA: Wolters Kluwer Health; Third edition, 1997.

## Anexo 4

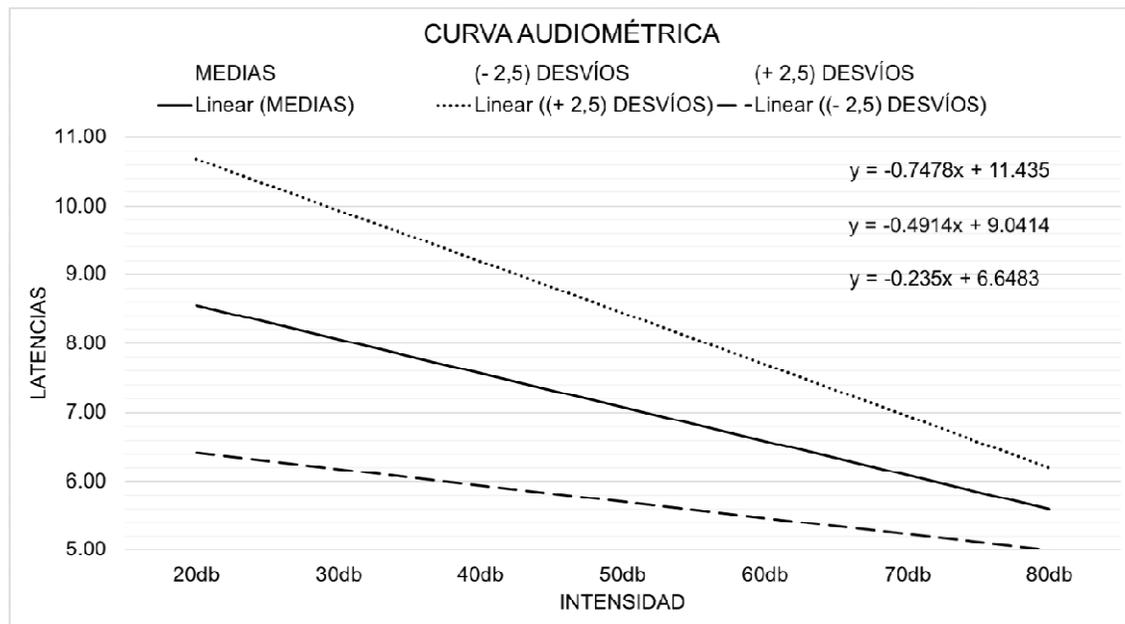
**Anexo 4.1** Latencias de onda V cada 10 decibeles con  $\pm 2,5$  desvíos estándar.

dB	Latencias (ms)	2,5 Desvíos (ms)
20	8,67	2,15
30	8,10	1,94
40	7,50	1,62
50	6,94	1,31
60	6,46	1,02
70	6,09	0,84
80	5,78	0,69

**Anexo 4.2** Gráfica de normalidad de curva audiométrica con  $\pm 2,5$  desvíos.



**Anexo 4.3** Líneas de tendencia de normalidad y  $\pm 2,5$  desvíos con sus respectivas ecuaciones.



**Anexo 4.4** Latencias de onda V cada 10 decibeles en oído izquierdo y oído derecho.

dB	Lat. oído izq	Lat. oído der	Valor P
20	8,70	8,66	0,763
30	8,12	8,08	0,754
40	7,48	7,53	0,598
50	6,88	7,00	0,136
60	6,40	6,52	0,062
70	6,04	6,13	0,108
80	5,77	5,78	0,839

**Anexo 4.5** Análisis de latencias de curva audiométrica por edades.

<b>dB</b>	<b>Lat. &lt;38 años</b>	<b>Lat. ≥38 años</b>	<b>Valor P</b>
20	8,28	9,11	<0,0001*
30	7,70	8,49	<0,0001*
40	7,17	7,82	<0,0001*
50	6,69	7,17	<0,0001*
60	6,28	6,63	<0,0001*
70	5,97	6,20	0,330
80	5,70	5,85	0,0002*

**Anexo 4.6** Análisis de latencias de curva audiométrica por sexo.

<b>dB</b>	<b>Lat. sexo femenino</b>	<b>Lat. sexo masculino</b>	<b>Valor P</b>
20	8,49	8,95	0,001*
30	7,92	8,35	0,0003*
40	7,33	7,75	<0,0001*
50	6,81	7,12	0,0001*
60	6,36	6,59	0,0002*
70	5,98	6,23	<0,0001*
80	5,70	5,88	<0,0001*

**Anexo 4.7** Análisis de latencias de curva audiométrica por perímetro cefálico (PC).

<b>dB</b>	<b>Lat. PC&lt;56 cm</b>	<b>Lat. PC ≥56 cm</b>	<b>Valor P</b>
20	8,54	8,81	0,060
30	7,95	8,23	0,020*
40	7,36	7,63	0,006*
50	6,84	7,02	0,033*
60	6,37	6,53	0,009*
70	5,99	6,17	0,0007*
80	5,72	5,82	0,015*

**Anexo 4.8.** Análisis de latencias de curva audiométrica por línea coronal (LC).

<b>dB</b>	<b>Lat. LC&lt;37 cm</b>	<b>Lat. LC ≥37 cm</b>	<b>Valor P</b>
20	8,43	8,73	0,584
30	7,86	8,22	0,007*
40	7,27	7,62	0,001*
50	6,77	6,99	0,012*
60	6,33	6,52	0,004*
70	5,96	6,13	0,001*
80	5,69	5,81	0,006*

**Anexo 4.9** Análisis de latencias de curva audiométrica por volumen cefálico (VC).

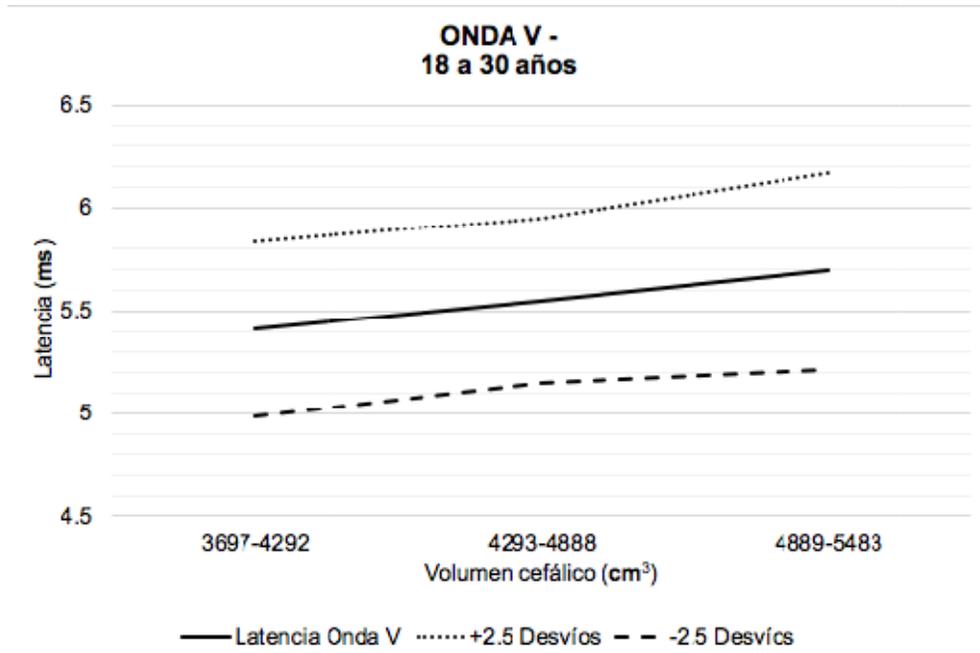
<b>dB</b>	<b>Lat. VC &lt;4606 cm<sup>3</sup></b>	<b>Lat. VC ≥4606 cm<sup>3</sup></b>	<b>Valor P</b>
20	8,48	8,87	0,005*
30	7,92	8,28	0,003*
40	7,35	7,66	0,002*
50	6,83	7,04	0,009*
60	6,37	6,55	0,003*
70	5,99	6,18	0,0003*
80	5,72	5,84	0,005*

**Anexo 4.10** Tabla de comparación de variables en curva audiométrica.

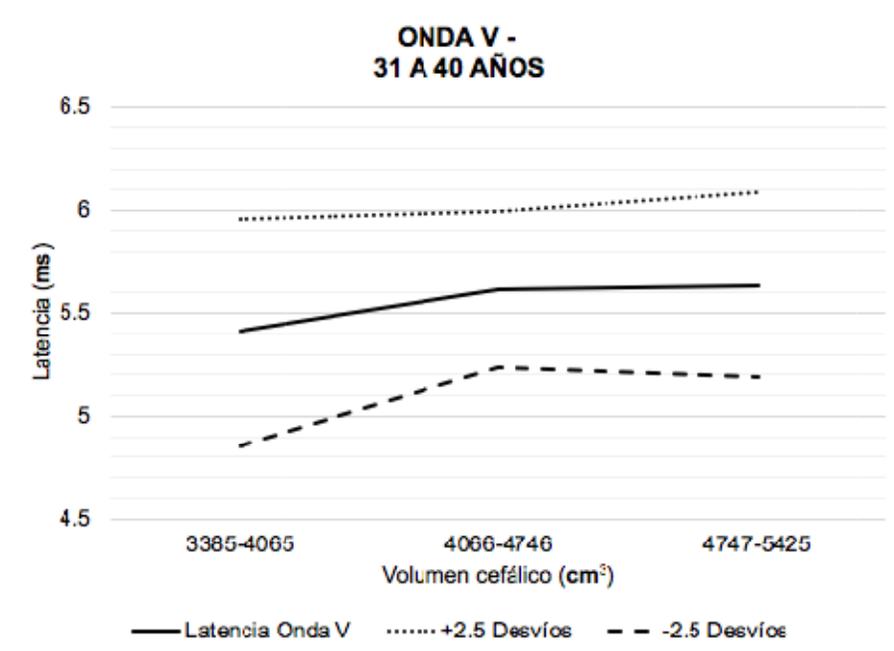
<b>dB</b>	<b>20dB</b>	<b>30dB</b>	<b>40dB</b>	<b>50dB</b>	<b>60dB</b>	<b>70dB</b>	<b>80dB</b>
PC<56cm	8,54	7,95	7,36	6,84	6,37	5,99	5,72
PC ≥56cm	8,81	8,23	7,63	7,02	6,53	6,17	5,82
Valor P	0,060	0,020*	0,006*	0,033*	0,009*	0,0007*	0,015*
LC<37cm	8,43	7,86	7,27	6,77	6,33	5,96	5,69
LC ≥37cm	8,73	8,22	7,62	6,99	6,52	6,13	5,81
Valor P	0,584	0,007*	0,001*	0,012*	0,004*	0,001*	0,006*
VC<4606 cm <sup>3</sup>	8,48	7,92	7,35	6,83	6,37	5,99	5,72
VC≥4606 cm <sup>3</sup>	8,87	8,28	7,66	7,04	6,55	6,18	5,84
Valor P	0,005*	0,003*	0,002*	0,009*	0,003*	0,0003*	0,005*
Fem	8,49	7,92	7,33	6,81	6,36	5,98	5,70
Masc	8,95	8,35	7,75	7,12	6,59	6,23	5,88
Valor P	0,001*	0,0003*	<0,0001*	0,0001*	0,0002*	<0,0001*	<0,0001*

## Anexo 5

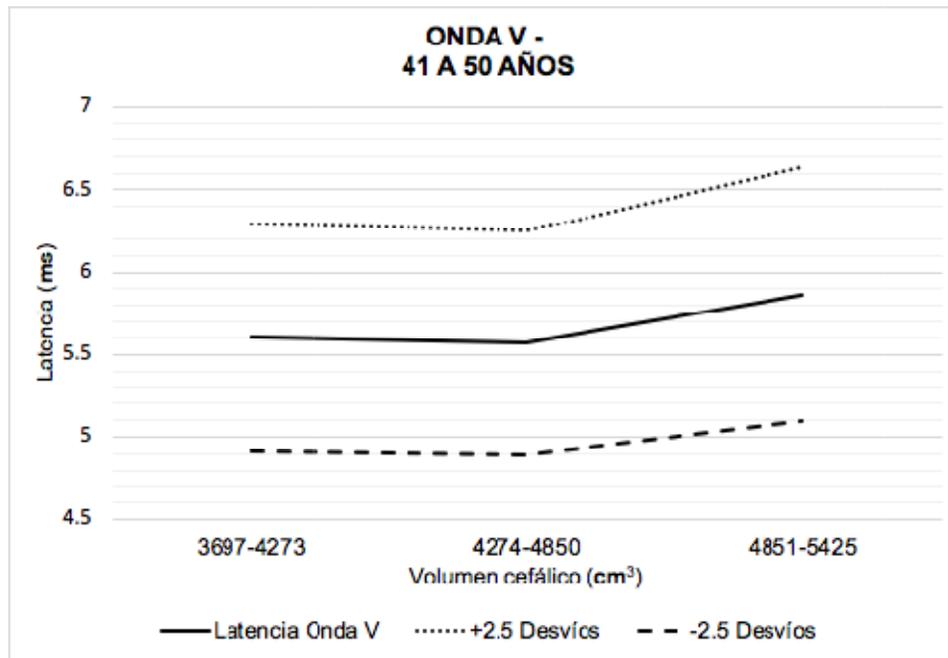
**Anexo 5.1** Rangos normales para latencia de onda V en personas de 18 a 30 años, según volumen cefálico.



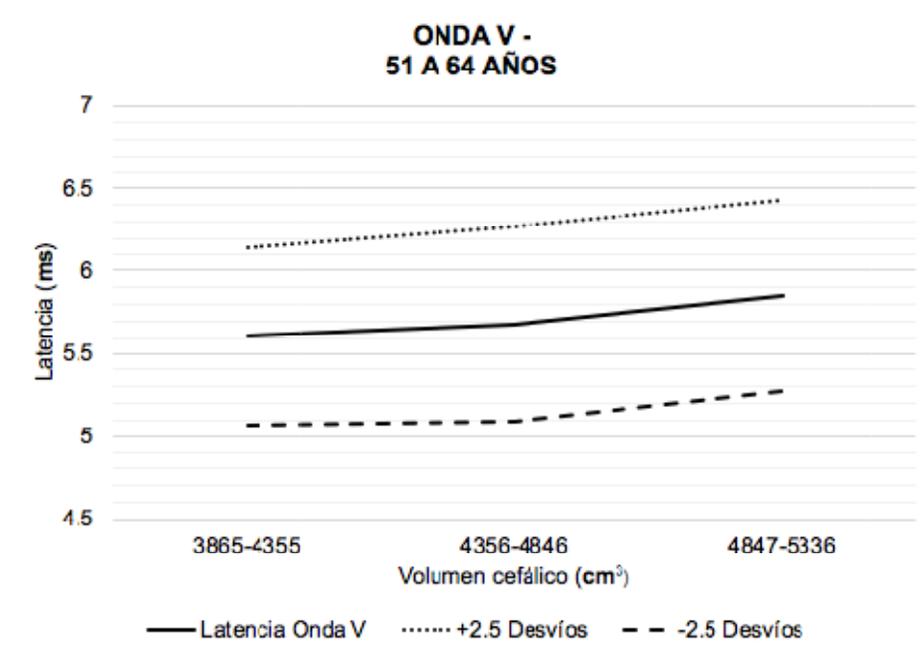
**Anexo 5.2** Rangos normales para latencia de onda V en personas de 31 a 40 años, según volumen cefálico.



**Anexo 5.3** Rangos normales para latencia de onda V en personas de 41 a 50 años, según volumen cefálico.



**Anexo 5.4** Rangos normales para latencia de onda V en personas de 51 a 64 años, según volumen cefálico.



## **Bibliografía**

[Aguilar-Madrid, G., Torres-Valenzuela, A., Hinojos-Escobar, W., Cabello-López, A., Gopar-Nieto, R., Ravelo-Cortés, P. E., Juárez-Pérez, C. A. \(2014\). Latencias de los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral, por edad y sexo, en población adulta mexicana. Rev Med Inst Mex Seguro Soc., 8.](#)

[Arai, S. \(2008\). Brainstem auditory evoked potentials in cattle sedated with xylazine. 72\(3\), 297–290.](#)

[Braga Norte, M. C., Dell’Aringa, B. A. H., Dell’Aringa, G. V. A., & Narudi, J. C. \(2009\). Brainstem evoked response audiometry in normal hearing subjects. Recuperado de <http://www.rborl.org.br>](#)

[Campbell, W. W., & Robinson, L. R. \(1993\). Deriving reference values in electrodiagnostic medicine. Muscle & Nerve, 16\(4\), 424–428. <https://doi.org/10.1002/mus.880160414>](#)

[Casali, R. L., & Santos, M. F. C. dos. \(2010\). Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico: Padrão de respostas de lactentes termos e prematuros. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 76\(6\), 729–738. <https://doi.org/10.1590/S1808-86942010000600011>](#)

[Chiappa, K. H. \(1997\). Evoked Potentials in Clinical Medicine \(3rd ed.\). Philadelphia, USA: Wolters Kluwer Health; Third edition.](#)

[Chu, N.-S. \(1985\). Age-related latency changes in the brain-stem auditory evoked potentials. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section, 62\(6\), 431–436. \[https://doi.org/10.1016/0168-5597\\(85\\)90053-X\]\(https://doi.org/10.1016/0168-5597\(85\)90053-X\)](#)

[Colon E.J, Visser S.L. \(2013\). Evoked Potential Manual A Practical Guide to Clinical](#)

Applications. Springer Verlag.

de Sousa, L. C. A., Colli, B. O., Piza, M. R. T., da Costa, S. S., Ferez, M., & Lavrador, M. A. S. (2007). Auditory Brainstem Response: Prognostic Value in Patients With a Score of 3 on the Glasgow Coma Scale. *Otology & Neurotology, PAP.*  
<https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3180326170>

Don, M., Kwong, B., Tanaka, C., Brackmann, D., & Nelson, R. (2005). The Stacked ABR: A Sensitive and Specific Screening Tool for Detecting Small Acoustic Tumors. *Audiology and Neurotology, 10(5), 274–290.* <https://doi.org/10.1159/000086001>

Dorfman, L. J., & Robinson, L. R. (1997). AAEM Minimonograph 47: Normative Data in *Electrodiagnostic Medicine.*

Ebersole, J. S., Nordli, D. R., & Husain, A. M. (2014). *Current practice of clinical electroencephalography (Fourth edition). Philadelphia, USA.*

Fallah Tafti Mohammad, Karimi Gharib, & H. Teimuri. (2007). Study of Age Effect on Brainstem Auditory Evoked Potential Waveforms. *Journal of Medical Sciences.*  
<https://doi.org/10.3923/jms.2007.1362.1365>

Gathe, B. M. (2014). Brainstem Auditory Evoked Potentials (BAEP)- A Pilot Study Conducted on Young Healthy Adults from Central India. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH.* <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8720.4515>

Goodin, D. S., Squires, K. C., Henderson, B. H., & Starr, A. (1978). Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 44(4), 447–458.*  
[https://doi.org/10.1016/0013-4694\(78\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(78)90029-9)

Gorry, Pauker, Schwartz. (1978). The diagnostic importance of the normal finding. *The New England Journal of Medicine, 298(9).*

- Hern, J. D., & de Prat. (2003). Normalización de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral I: Resultados en una muestra de adultos normoyentes. 6.
- Husain, A. M. (2008). Guideline 9C: Guidelines on Short-Latency Auditory Evoked Potentials. 11.
- Husain, A. M. (2017). Illustrated Manual of Clinical Evoked Potentials (1ª ed.). Demos Medical.
- J. -M. Guerit, P. Mahieu, S. Houben-Giurgea, & S. Herbay. (1981). The influence of ototoxic drugs on brainstem auditory evoked potentials in man. 233(2), 189–199.  
<https://doi.org/10.1007/BF00453643>
- Khatoon, M., Nighute, S., & Awari, A. (2012). BRAINSTEM AUDITORY EVOKED POTENTIAL IN DIFFERENT AGE GROUPS. International Journal of Biomedical Research, 3(6), 271–276. <https://doi.org/10.7439/ijbr.v3i6.520>
- Legatt, A. D. (2010). Brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) and intraoperative BAEP monitoring. En Handbook of Clinical Neurophysiology (Vol. 9, pp. 282–302).  
[https://doi.org/10.1016/S1567-4231\(10\)09023-4](https://doi.org/10.1016/S1567-4231(10)09023-4)
- Lew H, Lee EH, Miyoshi Y, Chang DG, Date ES, & Jerger JF. (2004). Brainstem auditory-evoked potentials as an objective tool for evaluating hearing dysfunction in traumatic brain injury. 8, 210.
- Lippert, H. (2005). Anatomía con orientación clínica. Madrid, España: Marbán.
- Luders, H. (1989). Advanced Evoked Potentials (Topics in neurosurgery). Estados Unidos: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.
- Marsh G, Thompson LW. (1972). Age differences in evoked potentials during an auditory discrimination task.

- Matas, C. G., Matas, S. L. de A., Oliveira, C. R. S. de, & Gonçalves, I. C. (2010). Auditory evoked potentials and multiple sclerosis. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 68(4), 528–534. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2010000400010>
- Michalewski, H. J., Thompson, L. W., Patterson, J. V., Bowman, T. E., & Litzelman, D. (1980). Sex differences in the amplitudes and latencies of the human auditory brain stem potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 48(3), 351–356. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(80\)90271-0](https://doi.org/10.1016/0013-4694(80)90271-0)
- Nuwer, M. R., Aminoff, M., Goodin, D., Matsuoka, S., Mauguière, F., Starr, A., & Vibert, J.-F. (1994). IFCN recommended standards for brain-stem auditory evoked potentials. Report of an IFCN committee. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91(1), 12–17. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(94)90013-2)
- Patel, K., Shah, C., Mehta, H., Patel, H., Dixit, G., & Thakor, N. (2017). Study of interpeak latencies of waveforms of brainstem auditory evoked potentials in normal healthy persons. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 1. <https://doi.org/10.5455/njppp.2017.7.0410615042017>
- Picton, T. W., & Hillyaro, S. A. (1974). Human auditory evoked potentials: Evaluation of components. 12.
- Rosenhall, U., Björkman, G., Pedersen, K., & Kall, A. (1985). Brain-stem auditory evoked potentials in different age groups. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, 62(6), 426–430. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(85\)90052-8](https://doi.org/10.1016/0168-5597(85)90052-8)
- Rozhkov, V. P., & Soroko, S. I. (2009). Age- and sex-related differences in brainstem auditory evoked potentials in secondary school students living in Northern European Russia. *Human Physiology*, 35(6), 703–713.

<https://doi.org/10.1134/S0362119709060073>

[Sampath, N., Subramaniam, S., Sankaran, V., Kumar, R., & Kr, S. B. \(2016\). Brainstem auditory evoked potentials for intraoperative neurophysiological monitoring. Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care, 3. https://doi.org/10.4103/2348-0548.174725](#)

[Sauvage, J.-P., Puyraud, S., Roche, O., & Rahman, A. \(2000\). Anatomía del oído interno. EMC - Otorrinolaringología, 29\(1\), 1–19. https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(00\)71947-3](#)

[Scaioli, V., Pareyson, D., Avanzini, G., & Sghirlanzoni, A. \(1992\). F response and somatosensory and brainstem auditory evoked potential studies in HMSN type I and II. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 55\(11\), 1027–1031. https://doi.org/10.1136/jnnp.55.11.1027](#)

[Schomer, D. L., & Lopes da Silva, F. H. \(2011\). Niedermeyer's Electroencephalography. Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. \(6ª ed.\). Estados Unidos: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, a WOLTERS KLUWE business.](#)

[Sheldrake JB., B. H. \(1978\). Differences in brainstem response latency with age and sex. Br J Audiol.](#)

[Stern, B. J., Krumholz, A., Weiss, H. D., Goldstein, P., & Harris, K. C. \(1982\). Evaluation of brainstem stroke using brainstem auditory evoked responses. Stroke, 13\(5\), 705–711. https://doi.org/10.1161/01.STR.13.5.705](#)

[Stone, J. L., Calderon-Arnulphi, M., Watson, K. S., Patel, K., Mander, N. S., Suss, N., ... Hughes, J. R. \(2009\). Brainstem Auditory Evoked Potentials—A Review and Modified Studies in Healthy Subjects: Journal of Clinical Neurophysiology, 26\(3\), 167–175. https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3181a76a6e](#)

- Terradillos, E. S., Sáez, J. P., & Sañudo, E. G.-C. (2015). FISIOLÓGÍA AUDITIVA. 19.
- Thomassin, J.-M., & Barry, P. (2016). Anatomía y fisiología del oído externo. EMC - Otorrinolaringología, 45(3), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(16\)79682-2](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(16)79682-2)
- Thomassin, J.-M., Dessi, P., Danvin, J.-B., & Forman, C. (2008). Anatomía del oído medio. EMC - Otorrinolaringología, 37(3), 1–20. [https://doi.org/10.1016/S1632-3475\(08\)70301-1](https://doi.org/10.1016/S1632-3475(08)70301-1)
- Trune, D. R., Mitchell, C., & Phillips, D. S. (1988). The relative importance of head size, gender and age on the auditory brainstem response. *Hearing Research*, 32(2–3), 165–174. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(88\)90088-3](https://doi.org/10.1016/0378-5955(88)90088-3)
- Zaher, A. (2012). Visual and Brainstem Auditory Evoked Potentials in Neurology. En M. Schwartz (Ed.), *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function*. <https://doi.org/10.5772/26375>
- Zakaria, M. N., Wahab, N. A. A., Maamor, N., Jalaei, B., & Dzulkarnain, A. A. A. (2019). Auditory brainstem response (ABR) findings in males and females with comparable head sizes at supra-threshold and threshold levels. *Neurology, Psychiatry and Brain Research*, 32, 4–7. <https://doi.org/10.1016/j.npbr.2019.03.001>

## **Agradecimientos**

En el correr de nuestra carrera hemos conocido personas admirables que nos han acompañado paso a paso a lo largo de esta etapa, brindándonos su apoyo, compartiéndonos su conocimiento y educándonos para crecer tanto a nivel profesional como personal. De estos años nos llevamos mucho más que solo aprendizaje curricular y estamos muy agradecidas por ello.

Quedaremos extender un especial agradecimiento a nuestra directora de carrera, Laura Cristino por ser un sostén fundamental en nuestra formación. Así mismo un distinguido reconocimiento a nuestros tutores María de los Ángeles Pagés y Jochen Hackembruch por su especial dedicación para con nosotras.

A nuestras familias y amigos por siempre tener una palabra de aliento en el momento indicado.

Agradecemos al Departamento de Neurofisiología Clínica del Hospital de Clínicas por permitirnos llevar a cabo nuestra investigación y a los funcionarios del mismo por la buena disposición.

Agradecemos a los profesionales del Núcleo de Ingeniería Biomédica por sus aportes e ideas.

Un profundo agradecimiento a todos los voluntarios por su disposición a participar en nuestra investigación.

Por último agradecemos considerablemente a los docentes de la carrera que de una forma u otra han participado en nuestra formación.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	2
<b>Introducción</b>	3
<b>Objetivos</b>	5
<b>Metodología del trabajo</b>	5
<b>Desarrollo del tema</b>	8
<i>Anatomía del oído</i>	8
<i>Fisiología del oído</i>	9
<i>Recorrido de la vía auditiva aferente</i>	11
<i>Ondas de los PEATC</i>	11
<i>Estímulo auditivo</i>	13
<i>Enmascaramiento</i>	14
<i>Colocación de electrodos</i>	14
<i>Montaje de registro</i>	15
<i>Amplificador y filtros</i>	15
<i>Interpretación</i>	16
<i>Variaciones</i>	17
<i>Curva audiométrica</i>	17
<i>Estandarización</i>	18
<b>Resultados</b>	19
<b>Discusión</b>	23
<b>Conclusión</b>	26
<b>Anexos</b>	28
<b>Bibliografía</b>	46
<b>Agradecimientos</b>	52



EUTM. FACULTAD DE MEDICINA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba la Monografía:

TITULO:

**Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral: Valores normales y variantes fisiológicas en el adulto.**

AUTORES:

Br. Natalia Garay Br. Sol Fassani

TUTORES:

Prof. Agdo. Jochen Hackmbruch Asist. Lic. Maria Pages

CARRERA:

Licenciatura Neurofisiología Clínica

PUNTAJE:

Aprobada. S/N

TRIBUNAL:

Prof. Agda. Lic. Laura Cristino

Prof. Adj. Lic. Dahiana Abud

Asist.Lic. Eduardo Medina

FECHA: Diciembre 2019.