

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE MEDICINA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS CON  
ESPECIALIZACIÓN EN FISIOLÓGÍA**

**INTEGRIDAD DE LA VÍA AUDITIVA EN, BUZOS, SUJETOS EXPUESTOS A  
CAMBIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA**

**Dra. MARIA DOLORES CROSSAN R.**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAESTRIA**

**DIRECTORA  
Dra.. ORIS LAM DE CALVO**

**PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2019**

## HOJA DE APROBACIÓN

## INDICE GENERAL

<b>Portada</b>	<b>i</b>
<b>Hoja de aprobación</b>	<b>ii</b>
<b>Índice general</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>v</b>
<b>Índice de gráficas</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo I. Fundamento teórico</b>	<b>4</b>
<b>I. El sonido</b>	<b>5</b>
<b>a. Características del sonido</b>	<b>5</b>
<b>II. Sistema auditivo</b>	<b>6</b>
<b>a. Anatomía.</b>	<b>6</b>
<b>Oído externo, medio e interno</b>	
<b>b. Anatomía funcional de la vía auditiva</b>	<b>10</b>
<b>III. Evaluación auditiva</b>	<b>13</b>
<b>a. Diapasones</b>	<b>13</b>
<b>Prueba de Weber</b>	<b>14</b>
<b>Prueba de Rinne</b>	<b>15</b>
<b>b. Otoscopia</b>	<b>16</b>
<b>c. Audiometría</b>	<b>17</b>
<b>d. Potenciales Evocados Auditivos</b>	<b>18</b>
<b>IV. Buceo</b>	<b>29</b>
<b>a. Fundamento físico</b>	<b>29</b>
<b>b. Fundamento fisiológico y riesgos</b>	<b>32</b>

<b>Capítulo II. Metodología</b>	<b>35</b>
<b>I.    Objetivos</b>	<b>36</b>
a.    Objetivo específico	
b.    Objetivos generales	
<b>II.   Hipótesis de trabajos</b>	<b>36</b>
<b>III.  Diseño experimental</b>	<b>36</b>
a.    Tipo de estudio	<b>36</b>
b.    Tamaño de la muestra	<b>37</b>
<b>IV.  Criterios de inclusión y exclusión</b>	<b>37</b>
a.    Criterios de inclusión	<b>37</b>
b.    Criterios de exclusión	<b>37</b>
<b>V.   Análisis estadístico</b>	<b>38</b>
<b>VI.  Procedimientos</b>	<b>38</b>
a.    Reclutamiento de sujetos	<b>38</b>
b.    Consentimiento informado	<b>39</b>
c.    Evaluación auditiva	<b>39</b>
Otoscopia	<b>39</b>
Pruebas de diapasones	<b>39</b>
Audiometrías	<b>40</b>
Umbral auditivo y PEATC	<b>41</b>
<b>Capítulo III. Resultados y discusiones</b>	<b>42</b>
<b>I.    Gráficas, Tablas y Resultados</b>	<b>43</b>
<b>II.   Discusión</b>	<b>80</b>
<b>Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>82</b>
<b>I Conclusiones</b>	<b>83</b>
<b>II Recomendaciones</b>	<b>84</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>85</b>
<b>Anexos</b>	<b>86</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Distribución de sujetos según edad	43
Tabla N° 2. Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según edad	44
Tabla N° 3. Intervalos de ondas en controles según edad	45
Tabla N° 4. Amplitud de las ondas en controles según edad	46
Tabla N° 5. Latencia de las ondas I, III y V en controles y buzos según edad	47
Tabla N° 6. Intervalos de las ondas en controles y buzos según edad	49
Tabla N° 7. Amplitudes de las ondas en controles y buzos según edad	51
Tabla N° 8. Distribución de sujetos según sexo	53
Tabla N° 9. Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según sexo	54
Tabla N° 10. Intervalos de ondas en controles según sexo	55
Tabla N° 11. Amplitud de las ondas en controles según sexo	56
Tabla N° 12. Latencia de las ondas I, III y V en controles y buzos según sexo	57
Tabla N° 13. Intervalos de ondas en controles y casos según sexo	58
Tabla N° 14. Amplitud de las ondas en controles y casos según sexo	59
Tabla N° 15. Distribución de los buzos según profundidad del buceo	60
Tabla N° 16. Latencia de las ondas I, III y V buzos según profundidad del buceo	61
Tabla N° 17. Intervalos de onda en buzos según profundidad del buceo	62
Tabla N° 18. Amplitud de las ondas en buzos según profundidad del buceo	63
Tabla N° 19. Distribución de los buzos según frecuencia de inmersiones por año	64
Tabla N° 20. Latencia de las ondas I, III y V buzos según frecuencia de inmersiones por año	65
Tabla N° 21. Intervalos de onda en buzos según frecuencia de inmersiones por año	66
Tabla N° 22. Amplitud de las ondas en buzos según frecuencia de inmersiones por año	67
Tabla N° 23. Distribución de los buzos según tiempo de practica del buceo	68
Tabla N° 24. Latencia de las ondas I, III y V buzos según tiempo de practica del buceo	69

Tabla N° 25. Intervalos de onda en buzos según tiempo de practica del buceo	70
Tabla N° 26. Amplitud de las ondas en buzos según tiempo de practica del buceo	71
Tabla N° 27. Distribución de los buzos según tipo de buceo	72
Tabla N° 28. Latencia de las ondas I, III y V buzos según tipo de buceo	73
Tabla N° 29. Intervalos de onda en buzos según tipo de buceo	74
Tabla N° 30. Amplitud de las ondas en buzos según tipo de buceo	75
Tabla N° 31. Distribución de los buzos según historia de barotrauma	76
Tabla N° 32. Latencia de las ondas I, III y V buzos según historia de barotrauma	77
Tabla N° 33. Intervalos de onda en buzos según historia de barotrauma	78
Tabla N° 34. Amplitud de las ondas en buzos según historia de barotrauma	79

## INDICE DE GRÁFICAS

Gráfico N° 1. Distribución de sujetos según edad	43
Gráfico N° 2. Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según edad	44
Gráfico N° 3. Intervalos de ondas en controles según edad	45
Gráfico N° 4. Amplitud de las ondas en controles según edad	46
Gráfico N° 5 Latencia de las ondas I,III y V en controles y buzos según edad	47
Gráfico N° 6. Intervalos de las ondas en controles y buzos según edad	49
Gráfico N° 7. Amplitudes de las ondas en controles y buzos según edad	51
Gráfico N° 8. Distribución de sujetos según sexo	53
Gráfico N° 9 Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según sexo	54
Gráfico N° 10. Intervalos de ondas en controles según sexo	55
Gráfico N° 11. Amplitud de las ondas en controles según sexo	56
Gráfico N°12 Latencia de las ondas I,III y V en controles y casos según sexo	57
Gráfico N° 13. Intervalos de ondas en controles y casos según sexo	58
Gráfico N° 14. Amplitud de las ondas en controles y casos según sexo	59
Gráfico N° 15. Distribución de los buzos según profundidad del buceo	60
Gráfico N° 16. Latencia de las ondas I, III y V buzos según profundidad del buceo	61
Gráfico N° 17. Intervalos de onda en buzos según profundidad del buceo	62
Gráfico N° 18. Amplitud de las ondas en buzos según profundidad del buceo	63
Gráfico N° 19. Distribución de los buzos según frecuencia de inmersiones por año	64
Gráfico N° 20. Latencia de las ondas I, III Y V buzos según frecuencia de inmersiones por año	65
Gráfico N° 21. Intervalos de onda en buzos según frecuencia de inmersiones por año.	66

Gráfico N° 22. Amplitud de las ondas en buzos según frecuencia de inmersiones por año.	67
Gráfico N°23 Distribución de los buzos según tiempo practica de buceo	68
Gráfico N° 24. Latencia de las ondas I, III Y V buzos según tiempo de practica del buceo	69
Gráfico N° 25. Intervalos de onda en buzos según tiempo de practica del buceo	70
Gráfico N° 26. Amplitud de las ondas en buzos según tiempo de practica del buceo	71
Gráfico N° 27. Distribución de los buzos según tipo de buceo	72
Gráfico N° 28. Latencia de las ondas I, III Y V buzos según tipo de buceo	73
Gráfico N° 29. Intervalos de onda en buzos según tipo de buceo	74
Gráfico N° 30. Amplitud de las ondas en buzos según tipo de buceo	75
Gráfico N° 31. Distribución de los buzos según historia de barotrauma	76
Gráfico N° 32. Latencia de las ondas I, III Y V buzos según historia de barotrauma	77
Gráfico N° 33. Intervalos de onda en buzos según historia de barotrauma	78
Gráfico N° 34. Amplitud de las ondas en buzos según historia de barotrauma	79

## RESUMEN

Los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC) son ondas de latencia corta que representan la respuesta bioeléctrica generada en la vía auditiva central luego de la aplicación de un estímulo acústico y registradas en campos lejanos a través de electrodos superficiales esta técnica es ampliamente utilizada para la detección de daños en la vía auditiva a nivel del tronco cerebral.

El objetivo de este estudio es evaluar la integridad de la vía auditiva en sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosférica.

Se realizó PEATC con estimulación monoaural por medio de auriculares con estímulos de tipo click de 100 ms de duración, intensidad variable incrementándola en 20 dB desde 20 a 80 dB y frecuencia de 17 estímulos por segundo, electrodos ubicados de acuerdo a la técnica estandarizada y se obtuvo el registro de las ondas de latencia corta. estudio realizado en 191 sujetos, 100 controles y 91 buzos, cuyas edades oscilan entre 18 a 60 años. Los resultados de los valores de latencia, amplitud e intervalos de las ondas para el grupo control fueron compatibles con la literatura. En los grupos de buzos de 46 a 60 años, con más de 15 años de practicar el buceo y con historia de barotrauma el aumento de la latencia y disminución de la amplitud fue estadísticamente significativo, con una  $P < 0.05$ . El aumento de la latencia nos sugiere que ésta técnica es de utilidad para la detección temprana de lesión de la vía auditiva que pudiesen ser causado por barotraumas en sujetos expuestos a cambios de presión atmosférica.

## SUMMARY

The auditory evoked potentials of the brainstem (PEATC) are short latency waves that represent the bioelectrical response generated in the central auditory pathway after the application of an acoustic stimulus and recorded in fields through surface electrodes, a technique widely used for the detection of damage to the auditory pathway at the level of the brainstem.

The mean of this study was to evaluate the normal values of PEATC parameters and the integrity of the hearing pathway in subjects exposed to changes in atmospheric pressure.

PEATC was performed with monoaural stimulation by means of headphones with click-type stimuli of 100 ms duration, the variable intensity increasing it by 20 dB from 20 to 80 dB and frequency of 17 stimuli per second, electrodes located according to the standardized technique and obtained the registration of Short latency waves. As results, 191 subjects, 100 controls and 91 cases, whose ages range from 18 to 60 years old. Latency, amplitude and wave intervals that were compatible with literature. In groups of divers aged 46 to 60 years, with more than 15 years of diving and with a history of barotrauma the increase in latency and decrease in amplitude was statistically significant, with a  $P < 0.05$ . Increased latency suggests that this technique is useful for early detection of hearing damage that could be caused by barotrauma in subjects exposed to changes in atmospheric pressure.

## INTRODUCCIÓN

La audición es el proceso por medio del cual somos capaces de captar ondas sonoras que provienen del medio que nos rodea y analizarlas. En la fisiología de la audición podemos distinguir dos etapas completamente diferentes en sus características y bien delimitadas. La primera etapa, es el proceso de transmisión de la onda sonora a través del Conducto Auditivo Externo (CAE) y oído medio, que concluye con la activación de las células ciliadas del órgano de Corti (OC) que cuando reciben este estímulo vibratorio (procesos mecánicos). La segunda etapa, es el proceso neurosensitivo o de percepción del sonido, el cual inicia en la cóclea, sobre la superficie de la membrana basilar donde se encuentra el órgano espiral de Corti hasta la corteza auditiva. Muchos factores pueden afectar la capacidad auditiva, ya sea en el proceso de transmisión de la onda sonora o en el proceso percepción del sonido.

El buceo, realizado frecuentemente en Panamá ya sea como actividad laboral o recreativa, conlleva la exposición a cambios de presiones en el sistema auditivo, el cual puede generar disminución en la audición debido a barotraumas y generar hipoacusias lo cual afecta la calidad de vida. Para evitar lesiones sobre el sistema auditivo, los buzos deben tomar las precauciones necesarias antes y durante la practica del buceo.

En esta investigación se evaluará el efecto de la exposición a cambios de presiones atmosféricas puede tener sobre la vía auditiva, mediante la medición de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral (PEATC).

**CAPITULO I**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

## FUNDAMENTO TEÓRICO

### I. El sonido

El sonido en física es cualquier fenómeno que involucre la propagación de ondas mecánicas a través de un fluido u otro medio elástico, que esté generando el movimiento vibratorio de este cuerpo. (Price, A. 1999)

#### (a) Características del sonido.

El sonido tiene cuatro características: frecuencia, intensidad, timbre y duración.

La frecuencia de la onda sonora se define como el número de vibraciones u oscilaciones completas que efectúan por segundo y su unidad sonora es el hertzio (Hz ciclos de onda/segundo), nos permite diferenciar el tono del sonido. El rango de frecuencia audible esta entre 20 y 20.000 Hz. aunque en la práctica no se supera los 14.000 Hz. Las ondas de alta frecuencia entre 2.000 y 20.000 Hz generan sonidos de tono agudos, las ondas de frecuencia entre 200 y 2.000 Hz generan sonidos de tonos medios y las ondas de baja frecuencia entre 20 y 200 Hz generan sonidos de tonos graves. (Anexo. N° 1)

La intensidad es la cantidad de energía acústica que contiene un sonido, esta determinada por la amplitud de la onda sonora y nos permite distinguir si el sonido es fuerte o débil. La unidad de medida es el decibelio (dB), unidad creada para el oído humano y se define como el logaritmo decimal de la presión producida por la onda sonora en el tímpano; El umbral auditivo o de percepción es la intensidad mínima a la cual podemos percibir un sonido y su valor normal es de 0 dB. En el campo audible del oído humano encontramos, por ejemplo: el susurro (al rededor de los 20 dB), la conversación (alrededor de los 65 dB), el grito (desde 80 dB), la circulación de automóviles (entre 50 a 90 dB), sonidos peligrosos (los superiores a 90 dB) hasta llegar a el umbral del dolor (130dB) lo cual es un sonido insoportable. (Anexo. N° 2)

La mejor audición para el ser humano se encuentra entre los rangos de frecuencia de 250 Hz y 4000 Hz e intensidad de 65 dB “zona conversacional”. (Anexo. N° 3)

Timbre del sonido depende de la cantidad de armónicos que tenga un sonido y de la intensidad de cada uno de ellos, dependiendo entonces de: el espectro (distribución de la energía en función de los parciales ya sea armónicos o inarmónicos de un sonido complejo), la envolvente dinámica (variación de la amplitud en el tiempo) y la formante (el pico de intensidad o concentración energética en una determinada frecuencia en el espectro de un sonido). Esta cualidad nos permite distinguir dos sonidos de igual intensidad y tono, producidos por dos focos diferentes.

La duración, corresponde al tiempo durante el cual se mantienen las vibraciones producidas por un cuerpo. (Pierce, A. 1999)

## **II. Sistema auditivo**

### **(a) Anatomía**

El sistema auditivo humano formado por una porción periférica; el oído externo, medio e interno que conducen la onda sonora desde el exterior hasta la segunda porción del sistema auditivo que es la vía auditiva, la cual conduce el potencial de acción a través de la vía auditiva hasta la corteza auditiva.

#### **(a.1) Oído externo**

El oído externo esta formado por el pabellón auricular, el cual redirige la onda sonora y ayuda a vencer la diferencia de presión que hay entre el aire del exterior y el del interior del oído, permitiendo que este cambio de presiones sea más suave; y el conducto auditivo externo (CAE), que conduce la onda sonora hacia la membrana timpánica. El límite entre el oído externo y el oído medio es la membrana timpánica, esta se encarga de transmitir la vibración de la onda sonora que se conduce por medio aéreo del CAE hacia la cadena de huesecillos del oído medio.

### **(a.2) Oído medio**

El oído medio, inicia con la membrana timpánica y termina en la ventana oval, está compuesto por tres huesos: martillo, yunque y estribo. La membrana timpánica es cónica y en su centro se fija el manubrio del martillo. El martillo se une al techo de la caja timpánica por un ligamento y en el otro extremo, la cabeza del martillo, se une por medio de ligamentos al yunque, que se une a la caja del tímpano por el ligamento posterior. Esta articulación es poco móvil y normalmente los huesos se desplazan juntos. El extremo opuesto del yunque se articula con la cabeza del estribo y la base del estribo se apoya sobre el extremo del laberinto membranoso de la cóclea en la apertura de la ventana oval por medio del ligamento anular.

El oído medio tiene la función de transformar las ondas acústicas en vibraciones mecánicas, también actúa como un adaptador de impedancias entre el medio aéreo en el que viaja la onda sonora y el medio líquido intracoclear. El sistema de palancas de los huesecillos multiplica la fuerza de las vibraciones casi 1.3 veces. La superficie de la membrana oval es 17 veces menor que la superficie de la membrana timpánica (55mm). Estos dos factores multiplicados dan como resultado que la presión que se ejerce sobre el líquido intracoclear sea 22 veces mayor que la que se ejerce sobre la membrana timpánica. Los líquidos tienen una mayor inercia que el aire por lo cual se hace necesario mayor presión para generar las vibraciones en el líquido.

Por otro lado el oído medio, protege al oído interno modulando la cantidad de energía que recibe por medio del reflejo estapedial. Es un reflejo poli sináptico, su estímulo son sonidos intensos de  $>80$  dB y participan las neuronas de ganglio de Corti, núcleo coclear ventral, interneuronas de la oliva superior medial ipsilateral y contralateral; se activa el núcleo motor del nervio facial. Su respuesta refleja es bilateral y por medio de la porción motora del nervio facial que inerva el músculo del estribo y por medio de la contracción del mismo se reduce la ganancia del oído medio. Con estímulos de intensidad extrema se complementa el reflejo con la contracción del músculo tensor del tímpano.

La ventana redonda se localiza en el límite del oído medio e interno. Por último

encontramos la trompa de Eustaquio que comunica el oído medio con la faringe y su función es igualar la presión del oído medio a la presión de la atmósfera a la cual se expone el oído externo (Anexo. N° 4). (Treesguerras, J. 2004)

### **(a.3) Oído interno**

Está formado por dos partes diferenciadas: Laberinto posterior o sistema vestibular y Laberinto anterior, también llamado cóclea.

La cóclea, es una estructura ósea en espiral donde su eje es el hueso modiollo, es un conducto enrollado en espiral el cual contiene en su interior tres compartimentos los cuales están separados por membranas, cada compartimento forma una rampa. La central o rampa coclear, contiene el órgano de Corti (contiene los receptores auditivos), y esta bañada por la endolinfa, por encima de esta, se encuentra la rampa vestibular y por debajo la rampa timpánica las cuales están bañadas por perilinfa y se comunican en el ápice por el helicotrema. La rampa coclear tiene tres lados: el receptor auditivo en la base, la estría vascular y ligamento espiral en el extremo lateral y la membrana de Reissner en el extremo supero-interno.

La perilinfa esta compuesta por  $\text{Na}^+$  en alta concentración (140 a 150 meq/L)  $\text{K}^+$  en baja concentración (3.5 a 7 meq/L),  $\text{Cl}^-$  (110 meq/L) y proteínas de 1 a 1.5 g/L, similar al liquido extracelular, con una osmolaridad de 290 mosm/kg. Mientras que la endolinfa esta compuesta por  $\text{Na}^+$  en baja concentración (1 a 5 meq/L),  $\text{K}^+$  en alta concentración (110 a 145 meq/L),  $\text{Cl}^-$  (130 meq/L) y proteínas de 0.3 a 0.6 g/L, similar al liquido intracelular, con una osmolaridad de 330 mosm/Kg. Lo cual genera un potencial endococlear de 100 a 120 mV.

El órgano de Corti, ubicado en la rampa media coclear sobre la membrana basilar y contiene células receptoras (células ciliadas internas y células ciliadas externas) y células de soporte llamadas células de Deiters. El receptor auditivo está cubierto por una membrana tectorial, membrana a celular de glucoproteínas anclada en su lado interno al limbo espiral y en su lado externo a las células ciliadas externas (CCE) y a las células de

Hensen. (Anexo N° 5)

Las células ciliadas internas (CCI) son las verdaderas células sensoriales del receptor auditivo, forman una sola hilera de células localizadas en la región interna del túnel de Corti y van de la base al ápex de la cóclea. Son piriformes con un núcleo central y abundantes sinapsis en la base, en su superficie apical tienen una placa cuticular en la cual se anclan un centenar de estereocilios.

Las células ciliadas externas forman tres hileras y se localizan en la región externa del túnel de Corti se apoyan en las células de Deiters que están firmemente unidas a la membrana basilar. Su soma es cilíndrico, con su núcleo en la base donde se observan algunas sinapsis. En su superficie apical también tienen una placa cuticular y estereocilios.

La cóclea recibe inervación de tres tipos de fibras: aferentes, eferentes y fibras simpáticas perivasculares del ganglio cervical superior. Las fibras aferentes provienen de las neuronas del ganglio espiral o de Corti, son de dos tipos bipolares (tipo I 95%), sus sinapsis son asimétricas y pseudomonopolares (tipo II 5%). Las neuronas tipo I son mielínicas, inervan a la CCI, sus sinapsis son asimétricas, utilizan el neurotransmisor glutamato y las neuronas tipo II son amielínicas, inervan a las CCE, sus sinapsis son simétricas y el neurotransmisor que utilizan es desconocido. Los axones de ambas neuronas forman el nervio auditivo.

La función principal de la cóclea es la transformación de la vibración mecánica de la membrana oval en un mensaje neural auditivo. En la mecánica coclear se producen dos fases mecánicas consecutiva la mecánica coclear activa y pasiva.

En la mecánica coclear activa el movimiento de la membrana oval, la membrana basilar y el desplazamiento del receptor auditivo, estimulan las CCI y permiten que se realice un primer análisis de la frecuencia y de la intensidad del sonido. Las frecuencias agudas se analizan en la base de la cóclea y las graves en el ápice de la cóclea, a esto se le denomina tonotopía frecuencial o cocleotopía.

**(b) Anatomía funcional de la vía auditiva.**

La inervación de estas células ciliadas está formada por terminales dendríticas de neuronas, cuyos cuerpos celulares forman el ganglio espiral de Corti (GEC). El patrón del ordenamiento espacial de la información procedente de las células ciliadas en el órgano de Corti y su inervación por las neuronas de tipo I y II se mantienen a lo largo de las fibras nerviosas, hasta los núcleos cocleares (NC). Las fibras nerviosas de la vuelta basal de la cóclea se localizan en la porción inferior del paquete nervioso y su función es conducir las frecuencias agudas y las fibras apicales se encuentran en la porción central y su función es conducir las frecuencias graves. A la entrada del tronco cerebral cada fibra se divide por dentro, en una rama anterior y otra posterior. Mientras que la rama anterior es corta y termina en la región anterior del núcleo coclear ventral (NCV), la larga se divide otra vez, terminando en fibras en la parte posterior del NCV y la otra subdivisión en el núcleo coclear dorsal (NCD). De este modo, la mayor proyección de entradas aferentes se encuentra en el NCV. (Hernández-Zamora, 2014). Conforme el nervio auditivo (NA) se bifurca en las raíces del nervio coclear, las fibras se proyectan de manera tonotópica hacia cada subdivisión del núcleo coclear, las fibras que llevan frecuencias graves se dividen nada más al llegar al núcleo, las de frecuencias agudas penetran en la profundidad del núcleo y allí se dividen. Por lo tanto, la porción anteroventral de cada subdivisión recibe entradas apicales y responde principalmente a estímulos de baja frecuencia, mientras que las áreas dorsales reciben aferencias de la parte basal de la cóclea y responden a altas frecuencias lo que le proporciona al sistema auditivo su capacidad de percibir la gama de frecuencias de un sonido. Los NC constituyen el sitio de sinapsis para todas las fibras del NA. Son la primera localización en el sistema nervioso central (SNC) de los relevos de la información acústica periférica. Las células del NCD envían sus axones dentro de la estría acústica dorsal, en donde cruzan la línea media y ascienden a la división medial del lemnisco lateral (LL) (área de Monakow). Otros axones ascienden desde los NC y finalmente terminan en los núcleos dorsales del LL y el colículo inferior (CI).

Los cuerpos celulares del NCV envían sus axones a la oliva accesoria ipsilateral y a las dendritas mediales de las células de la oliva accesoria contralateral en mayor

porcentaje, representando la base del entrecruzamiento más importante de las fibras de la vía auditiva. Existe una proyección espacial del NCV anterior hacia el complejo olivar superior (COS) y desde éste abordan el LL y ascienden al CI.

El COS está compuesto por tres núcleos principales: el olivar superior lateral, el olivar superior medial y el cuerpo trapezoide medial cuya función principal es participar en la localización de los sonidos. Estos núcleos a su vez están rodeados por varios núcleos pequeños difusos llamados colectivamente núcleos peri-olivares dorsales, que comprenden poblaciones heterogéneas de neuronas de gran diversidad estructural, fisiológica y neuroquímica, además de modelos complejos de conectividad neural, así como fibras ascendentes y descendentes. La oliva superior medial proyecta sus fibras bilateralmente en las divisiones mediales del LL, hasta terminar en el núcleo dorsal del LL y el CI. La oliva superior lateral proyecta ipsilateralmente hacia la división lateral del lemnisco lateral para terminar en el núcleo dorsal del LL. Algunas fibras continúan y terminan en el CI. (Hernández-Zamora, 2014). La función del Complejo Olivar superior es participar en el análisis comparativo biaural que actúa en la localización espacial de la fuente del sonido, las neuronas de los cuerpos trapezoides modulan-inhíben la actividad procedente de los NCAV. Las fibras eferentes del complejo olivar superior constituyen un sistema eferente lateral y medial. El sistema eferente lateral realiza un filtro a los mensajes auditivos que llegan al tronco cerebral ya que ellas envían una señal retrograda hasta las fibras aferentes tipo I bajo las CCI, así cuando se estimulan las fibras eferentes laterales, se reduce el potencial de acción compuesto del nervio auditivo. La actividad del sistema eferente medial todavía se desconoce. (Hernández-Zamora, 2014).

El LL contiene fibras auditivas ascendentes que incluyen aquellas que se originaron en los NC y el COS, así como las que se originan dentro de los núcleos del propio LL; muchas de estas fibras terminan en el CI. Un número sustancial de estas fibras originadas en el LL pasan a través del CI, para terminar en el colículo superior, mientras que otras se extienden hasta el núcleo geniculado medial (NGM). El LL está formado por tres grandes núcleos, que forman una cadena que funciona como puente entre el COS y el CI. Los cuales son: ventral, intermedio y dorsal.

El lemnisco ventral se compone de dos áreas (área columnar y área multipolar), recibe proyecciones contralaterales del NC y proyecta ipsilateralmente hacia los núcleos centrales del CI, y una gran mayoría de proyecciones menores cruzan el tronco cerebral hasta el CI contralateral.

El LL medial es una zona de transición entre el LL ventral y el dorsal. Las neuronas de este núcleo proyectan ipsilateralmente al CI y probablemente al NGM.

El CI se encuentra en el mesencéfalo, sitio en donde la vía auditiva converge, considerado una estación de relevo obligado para la gran mayoría de fibras auditivas aferentes que favorecen una sumación del procesamiento auditivo del tronco cerebral. El CI está constituido por diferentes subdivisiones: un gran núcleo central dividido en una división dorso medial no laminada y una porción ventrolateral laminada; estos núcleos están cubiertos por un núcleo pericentral. Esta estación de relevo de la vía auditiva es importante para el procesamiento de los sonidos de alta intensidad que desencadenan las respuestas reflejas protectoras a nivel del oído medio (reflejo timpánico).

El NGM, relevo auditivo talámico hacia la corteza cerebral, se divide en dorsal, ventral y las divisiones mediales. Las proyecciones distantes del CI van principalmente hacia el NGM y de éste, al colículo superior.

La corteza auditiva (CA), ubicada en el giro temporal superior y profundamente enterrada en la cisura de Silvio. Se divide en CA primaria y CA secundaria, así como varias áreas de asociación que incluyen el campo anterior, el posterior, el ventroposterior y el cortical posterior ectosilviano. (Fig. 3). (Hernández-Zamora,2014) La corteza auditiva esta relacionada con el análisis de la frecuencia de los sonidos y está constituida por numerosos campos de neuronas organizados tono tópicamente para el área primaria, pero carece de esta organización para el área secundaria de la corteza. (Hernández-Zamora, 2014)

En la vía auditiva es importante señalar que la transmisión de ambos oídos va a ambos lados de la corteza auditiva con un predominio contralateral.

La vía auditiva tiene tres estaciones de relevo primero los Núcleos Cocleares en el bulbo,

segundo el Complejo Olivar Superior en la Protuberancia y tercero el Colículo inferior en el mesencéfalo y cuerpo geniculado medial, sus cruzan la línea media principalmente en el Cuerpo Trapezoide, en la comisura de Probst (entre los núcleos del lemnisco lateral y la comisura colicular inferior comunica los dos tubérculos cuadrigéminos inferiores. (Guyton, A. 2016) (Anexo N° 6)

### **III. Evaluación de la Audición**

La sordera o pérdida de la audición, se refiere a la pérdida de la capacidad de oír, bien ya sea total o parcial, lo cual dependiendo del lugar donde se genere la lesión que la ocasiona se clasifican en sordera de conducción y sordera de percepción.

1. Sordera de Conducción es aquella que se genera por un problema mecánico en el canal auditivo o en el oído medio, que impide la conducción del Sonido desde el exterior hasta los receptores auditivos localizados en el oído interno, como ejemplo tapones de cerumen, perforaciones del tímpano, otitis media y presencia del líquido en el oído medio.

2. Sordera de percepción o neurosensorial es aquella que se genera por una lesión en el oído interno (órgano de Corti), en el nervio auditivo o en la vía auditiva como ejemplo excesiva exposición al ruido, presbiacusia (es el envejecimiento del oído), tumores, problemas vasculares, medicamentos tóxicos al oído, meningitis.

Para evaluar la función auditiva de un persona, se realizan **varías** pruebas dentro de las cuales están:

#### **(a). Diapasones**

Las pruebas con diapasón se utilizan en la evaluación clínica, para diferenciar sorderas de conducción y de percepción, son pruebas rápidas y fáciles de realizar en el consultorio.

### **(a.1) Prueba de Weber**

En la prueba de Weber se usa un diapasón vibrante de 512 Hz que se coloca sobre la piel del paciente, en el medio de la frente, equidistantes de las orejas. Se le pide al paciente que informe en que oído el sonido se escucha más fuerte.

El sonido está formado por ondas mecánicas elásticas longitudinales lo que significa que las mismas para propagarse necesita de una materia (aire, agua, cuerpo sólido) que transmita la perturbación del medio, logrando así que se produzca la propagación de estas ondas. El hueso es capaz de permitir la propagación de las ondas sonoras y gracias a que el oído interno está inmerso en el hueso temporal, la vibración de este, genera vibración de las estructuras del órgano de Corti estimulando las células ciliadas, generando así la activación de la vía auditiva.

En una prueba de Weber normal el paciente refiere que el sonido se escucha por igual en ambos lados. En un paciente enfermo, si el oído defectuoso oye más fuerte la vibración, indica una hipoacusia conductiva en el oído defectuoso. En un paciente enfermo, si el oído normal oye mejor la vibración, hay una hipoacusia neurosensorial del oído defectuoso. (Anexo N° 7).

Un paciente con hipoacusia conductiva unilateral oíría el diapasón vibrante más fuerte en el oído afectado. Esto es porque el oído con la alteración en algún punto del proceso de conducción, solamente recibe el estímulo de la conducción ósea y no de conducción de aire, enmascarando así el ruido ambiental, mientras que el buen funcionamiento de oído interno (cóclea con su membrana basilar) capta el sonido a través de los huesos del cráneo, haciendo que se perciba como un sonido más fuerte en el oído afectado.

Un paciente con hipoacusia neurosensorial unilateral oíría el diapasón vibrante más fuerte en el oído sano. Esto se debe a que en el oído afectado se activa menos la vía auditiva y la corteza auditiva. Mientras que en el oído sano la activación de la vía auditiva es normal. (García-Valdescasas, J. 2007)

**(a.2). Prueba de Rinne**

Para la prueba de Rinne, se coloca inicialmente el diapasón vibrante de 512 Hz sobre la apófisis mastoides hasta que el individuo indique que ya no escucha la vibración; enseguida se coloca el diapasón frente al pabellón auricular, el paciente deberá informar si vuelve a escuchar el sonido o no.

Una prueba de Rinne es positiva (normal) si, después de dejar de escuchar el diapasón colocado sobre la apófisis mastoidea, el sujeto vuelve a escuchar el diapasón una vez se coloca frente al pabellón auricular. El sonido que se escucha cuando se coloca el diapasón frente al conducto auditivo externo (conducción aérea CA) ya que la conducción aérea es mejor que la conducción ósea (CO). Por lo tanto,  $CA > CO$ ; teniendo entonces como resultado que aún después de que el paciente deja de escuchar por conducción ósea (diapasón en apófisis mastoidea), sigue escuchando por CA (diapasón frente al CAE).

En la hipoacusia conductiva, la conducción ósea es mejor que la conducción aérea, es decir una prueba de Rinne negativo ya que el sujeto escucha el diapasón en la apófisis mastoidea pero no lo escucha al colocarlo frente al conducto auditivo externo luego del cese de la conducción ósea. Esto se da ya que al estar afectado el proceso de transmisión de la onda sonora a través del oído externo o el oído medio, la onda no llega al oído interno y no se estimula la vía auditiva.

En la hipoacusia neurosensorial ó perceptiva se reportará un Rinne positivo, pero de menor intensidad. Esto se debe a que luego del cese de la conducción ósea, la conducción aérea, permite la transmisión de la onda sonora por el oído externo y medio hasta llegar a estimular la vía auditiva en el oído interno, el oído afectado se disminuye la actividad eléctrica en el punto en el cual este afectada la vía auditiva y se estimula menos la corteza auditiva. (García-Valdescasas, J. 2007) (Anexo N° 7)

## (b). **Otoscopia**

Para realizar la otoscopia se utiliza un otoscopio de luz, para observar las características del pabellón auricular y la entrada al CAE. Se introduce el otoscopio, rectificando la curvatura del CAE (traccionando el pabellón hacia atrás y arriba) se introduce el otoscopio en la dirección de la porción ósea del CAE de forma delicada, con el espéculo de mayor tamaño, que no provoque molestias al paciente.

Se observa la piel del CAE, su grosor y coloración, su carácter descamativo, secreciones, tapones de cerumen, presencia de cuerpo extraño y la membrana timpánica. Para el reporte de una otoscopia se utiliza el siguiente formato:

Normal: CAE con pequeña cantidad de cerum, color rosado uniforme y pelos membrana timpánica de color gris perlado translúcido, exenta de perforaciones, contorno ligeramente cónico, reflejo de luz normal y con concavidad en el umbo.

Lesión del oído externo: lesión en el CAE con supuración, secreciones y/o cuerpo extraño.

Barotrauma: Se define barotrauma como el daño físico causado a los tejidos del cuerpo humano por una diferencia de presión entre las cavidades del cuerpo que contienen aire y el gas o líquido que lo rodea. El daño en los tejidos se produce, ya que los gases son compresibles y los tejidos no lo son. Los barotraumatismos más frecuentes son del oído medio pero pueden producirse también en los pulmones, senos paranasales, huesos. Los barotraumas del oído medio se clasifican en:

Grado 1: tímpano congestivo (pérdida del color y reflejo de la luz normal) a nivel del mango del martillo.

Grado 2: Tímpano congestivo en toda su extensión.

Grado 3: Tímpano muy congestivo con efusiones hemorrágicas.

Grado 4: Hemotímpano.

Grado 5: Perforación timpánica y hemorragia.

(García-Valdescasas, J. 2007)(Anexo N° 8)

### **(c.) Audiometría**

La audiometría es la técnica más utilizada en clínica para evaluar la audición y se basa en medir los umbrales de audición en decibelios para diferentes frecuencias, teniendo como referencia la curva del umbral de audición normal (0dB).

Para realizar la audiometría se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se explora la vía aérea mediante la colocación de auriculares. Se emplean sonidos puros, con un rango de frecuencias entre 125 y 8.000 Hz, siendo la intensidad del estímulo regulable en pasos de 5 dB hasta alcanzar un máximo de 120 dB para la conducción aérea y de 40-70 dB para la ósea. Se determina el umbral de audición comenzando por el oído sano o el menos patológico. La primera frecuencia estudiada debe ser 1.000 Hz, para proseguir hacia las más agudas y posteriormente hacia las más graves. La estimulación se inicia con intensidades débiles, incrementadas en intervalos de 5 dB hasta conseguir la respuesta del sujeto (método del umbral ascendente). (Zamora, H. 2014)(Anexo N° 9)

Después de determinar los umbrales de la vía aérea se procede a la estimulación de la vía ósea, sustituyendo los auriculares por un vibrador que se coloca sobre la piel retro auricular.

En la gráfica audiométrica la intensidad se anota en el eje de ordenadas, siendo su unidad dB, y las frecuencias en el eje de las abscisas, siendo su unidad Hz. Se anotan las respuestas, los umbrales de audición. La curva audiométrica, se obtiene con la unión de los umbrales obtenidos en las distintas frecuencias. (García-Valdescasas, 2007).

Al realizar una audiometría para la interpretación de los resultados se considerará tanto los umbrales auditivos, con el fin de cuantificar la función auditiva, como la comparación de umbrales obtenidos mediante la estimulación de ambas vías, con el fin de clasificarla anatómicamente (conducción o perceptiva) y conocer las diferencias interaurales en los registros obtenidos, con el fin de aclarar posibles entidades nosológicas responsables.

Las hipoacusias pueden clasificarse en función de su localización anatómica en:

1) Hipoacusias de conducción, producidas por lesión del complejo timpanoosicular. Su trazado de la vía ósea es horizontal, manteniéndose entre 0 y 20 dB, y el trazado de la vía aérea desciende separándose de la vía ósea más de 30 dB en tres o más frecuencias consecutivas.

2) Hipoacusias neurosensoriales, por lesión del oído interno. En su trazado, ambas curvas permanecen juntas y paralelas, pero la vía ósea desciende en todo o parte de su recorrido por debajo de los 20 dB arrastrando con ella a la vía aérea.

3) Hipoacusias mixtas, con lesión en ambos niveles. En esta última, ambos trazados están separados como en una hipoacusia de conducción y además la vía ósea desciende por debajo de los 20 dB como en una hipoacusia neurosensorial.

Las hipoacusias pueden además clasificarse en función de su gravedad:

1) Hipoacusia leve (20-40 dB).

2) Hipoacusia moderada (40-70 dB).

3) Hipoacusia severa (70-90 dB).

4) Profunda (>90-100 dB).

(Zamora, H. 2014)(Anexo N° 9).

#### **(d.) Potenciales Evocados Auditivos (PEA)**

Los potenciales evocados, consisten en el registro de potenciales eléctricos generados como consecuencia de la activación de la vía auditiva, luego de la estimulación sonora de la misma y registrados sobre la superficie del cráneo (potenciales a distancia).

##### **(d.1.) Instrumentación y procesamiento de la señal**

La identificación de los componentes que conforman un potencial evocado Auditivo requiere instrumentación que permita la visualización y tratamiento posterior de

la señal bioeléctrica registrada debido a que la magnitud eléctrica de estos potenciales es relativamente pequeña (entre los 0,001-1  $\mu\text{V}$ , en el caso de los PEATC). Es necesario distinguir los PEATC de actividad no deseada como es la actividad eléctrica cerebral de fondo, la actividad muscular y la posible contaminación de artefactos. El sistema de registro de los potenciales evocados tiene como objetivo mejorar la relación entre la respuesta biológica desencadenada por el estímulo usado y la actividad no deseada. El aparato convencional de registro está compuesto por el generador de estímulos, cuya función es desencadenar clics e impulsos tonales. El sistema de tratamiento de la señal, está compuesto por el amplificador, cuya misión es aumentar la amplitud de la actividad eléctrica cerebral registrada; los filtros, que nos permiten limitar el registro a un rango de frecuencias predeterminado; y el promediador, cuyo objetivo es llevar a cabo la suma algebraica de la actividad biológica registrada que de forma sincrónica se desencadena tras la presentación del estímulo.(Zamora, H. 2014)(Anexo N° 10)

#### **(d.2.) Electrodo y montaje**

El electrodo se define al conductor la corriente eléctrica desde la fuente biológica hacia el preamplificador del sistema de registro. Los electrodos se disponen sobre la superficie craneal u otras localizaciones, con una configuración específica a la que llamamos montaje. El montaje consiste un par de electrodos, que de forma diferencial registran la actividad neurológica. Un tercer electrodo actúa como tierra o masa reduciendo las interferencias eléctricas y artefactos que podrían contaminar el registro de la señal bioeléctrica. La colocación y tipo de electrodo dependerá del propósito de la exploración. Se utilizan electrodos aplicados a la superficie craneal. Los electrodos tienen forma de disco y están recubiertos con una ligera capa de cloruro de plata. Este tipo de electrodos son de baja impedancia (resistencia al paso de la corriente alterna). La superficie del electrodo se rellena con una pasta que facilita la conducción bioeléctrica. Antes de adherir los electrodos a la superficie craneal se debe eliminar la grasa e impurezas de la piel con un gel abrasivo. Una vez aplicados los electrodos debemos registrarla impedancia. Los equipos de registro permiten llevar a cabo una comprobación de la impedancia mediante el paso de una corriente, de baja intensidad, entre pares de electrodos. Una impedancia baja

aumenta la calidad del registro porque ayuda a eliminar el ruido interno de los amplificadores y reduce las interferencias eléctricas externas. Convencionalmente se considera  $\leq 5 \text{ k}\Omega$  como la impedancia óptima para llevar a cabo registros de PEATC. (Zamora, H. 2014)

En los registros de PEATC, la disposición de los electrodos en la superficie craneal sigue una normativa específica, conocido como el Sistema Internacional de Nomenclatura de Electrodo. Bajo este sistema, el electrodo situado en vértex es denominado Cz, la frente Fz y la apófisis mastoidea derecha M1 e izquierda M2.(Anexo N° 11)

### **(d.3.) Amplificación y Filtrado de la señal.**

La amplificación de los registros de potenciales evocados se lleva a cabo mediante amplificadores diferenciales. El amplificador, aumenta la señal de entrada unas 100.000 veces. Posteriormente la señal es filtrada mejorando la relación señal-ruido. La frecuencia de corte de los filtros se define como el punto en el que el filtro atenúa la señal en 3 dB. Las características de un filtro vienen determinadas por la pendiente (roll-off) definida como el porcentaje de atenuación de la frecuencia de la señal hasta la frecuencia de corte del filtro. El roll-off se mide en decibelios por octava. En los registros electrofisiológicos se utilizan filtros de paso de banda. Éstos están formados por filtros de paso alto y bajo, encargados de excluir de las señales de bajas y altas frecuencias.

### **(d.4.) Pro-mediación de la Señal**

La actividad cerebral registrada siempre se encuentra contaminada por ruido de fondo. Cuando el ruido de fondo es menor que la amplitud de los potenciales evocados, la presencia de esta contaminación es irrelevante para el registro de la señal; sin embargo, los potenciales evocados auditivos son señales muy pequeñas y el ruido de fondo suele ser, aproximadamente, unas 10 veces mayor. El cociente entre el potencial evocado y el ruido de fondo determinará la relación señal y ruido: Esta relación suele expresarse en decibelios (dB). La función del promediado es precisamente mejorar este cociente señal-ruido.

### **(d.5.) Procesamiento y Almacenamiento de los Registros**

El ordenador, encargado del almacenamiento y procesamiento de los registros, está compuesto por un convertidor analógico-digital (A-D) que transforma la respuesta bioeléctrica en un número que representa la amplitud de un punto concreto del registro. Este punto junto con otros, es almacenado en la memoria del ordenador creando una representación visual del registro.

#### **(d.6.) Parámetros de estimulación Clics y tonos**

El estímulo más efectivo y más ampliamente usado es un transitorio acústico o clic. El clic presenta un comienzo abrupto y de corta duración, aproximadamente 100  $\mu$ s que genera respuestas neuronales sincrónicas. Pequeños incrementos en la fase inicial de la estimulación o rise time, incrementan la latencia y disminuyen la amplitud de los PEATC, a la vez que se producen cambios en la morfología de los componentes. Los clics presentan un amplio espectro de energía, mientras que los impulsos tonales son más selectivos en frecuencia, aunque producen unidades de respuesta del nervio auditivo menos sincrónicas. (Neurowerk)

#### **(d.7.) Ratio o tasa de presentación**

El aumento de la tasa (número de presentaciones por unidad de tiempo) del estímulo incrementa la latencia a la vez que disminuye la amplitud de los diversos componentes de los PEATC. Este aumento de la latencia de los diversos componentes no es significativo hasta que el ritmo de presentación del estímulo es mayor de 10/s. En general, cuanto más precoz es un componente, menor es la influencia del aumento de la tasa de presentación del estímulo. La amplitud de la onda V permanece estable mientras que la presentación del estímulo no sobrepase los 33/s. Presenta una menor vulnerabilidad al incremento de la presentación del estímulo respecto a los restantes componentes de los PEATC. El aumento de la tasa de presentación del estímulo afecta de diferente forma a cada uno de los componentes de los PEATC. El incremento de la tasa de presentación del estímulo de 10 a 80 s disminuye la amplitud de la onda V en aproximadamente un 10%, mientras que la amplitud de las ondas I y III disminuyen aproximadamente un 50%.

### **(d.8.) Intensidad del Estímulo**

La intensidad del estímulo esta determinada por los decibelios del mismo, la latencia de todos los componentes varía sistemáticamente con la intensidad del estímulo. Para la onda V este cambio es de aproximadamente 400 a 600 $\mu$ s por cada 10 dB, entre 10 y 50 dB nHL, y algo menor (de 100 a 300  $\mu$ s) por encima de 60 dB nHL (Fig. N° 12).

La intensidad del estímulo afecta también a la amplitud de los componentes de los PEATC. La amplitud de la onda I se incrementa de 90 a 250 nv cuando pasamos de presentar el estímulo de 65 a 90 dB nHL. La onda III pasa de 140 nv a 60 dB a 310 nv a 90 dB. La amplitud de la onda V se incrementa de 140 nv a 60 dB nHL a 230 nv a 90 dB nHL.

### **(d.9) Polaridad o Fase**

No existe consenso acerca del efecto de la polaridad o fase del estímulo sobre la latencia o amplitudes de los PEATC.

### **(d.10.) Estimulación biaural. Interacción biaural**

Un pulso biaural es una ilusión auditiva percibida cuando dos ondas sinusoidales de tono puro, ambas con frecuencias menores a 1500 Hz, y con una diferencia menor a 40 Hz entre ellas, son presentadas a un oyente de manera dicótica, es decir, una a cada uno de los oídos, el oyente percibirá la ilusión auditiva de un tercero, en adición a los dos tonos puros presentados en cada oído. El tercer sonido es llamado pulso biaural.

Las amplitudes de los componentes de los PEATC para estímulos biaurales se incrementan de un 29 a un 79% respecto a las amplitudes de las ondas obtenidas mediante estímulos monoaurales. La interacción biaural en las respuestas de los PEATC viene definida por la comparación de la suma de las respuestas monoaural es respecto a las obtenidas por estimulación biaural.

Cualquier diferencia resultante se interpreta como efecto de la interacción biaural. El ruido blanco aplicado contra lateralmente a intensidades de 80 y 90 dB nHL prolonga

significativamente la latencia de la onda V obtenida ipsilateralmente a la presentación de estímulos.

#### **(d.11.) Registro de los PEATC**

Los PEATC es una prueba incruenta, objetiva, sencilla y de fácil realización. Existe la posibilidad de falsos negativos, en situaciones de afectación central, pero no de falsos positivos.

Estos registros son clasificados según su latencia de aparición, dando como resultado ondas de latencia corta, mediana, larga y ultralarga (único PEA que se altera con el sueño o con anestesia general). (Borrego, C.J. 2016)

#### **Los potenciales de latencia corta (10-15 ms), son los originados en:**

1. **Cóclea:** es necesario la electrococleografía, para registrar los potenciales generados en las células ciliadas internas y la porción más periférica del nervio auditivo. Tienen una latencia entre 0 y 4 ms. Su registro se obtiene mediante la colocación de electrodos en: pared posterior del CAE, en ambas apófisis mastoides y en la frente (electrodo tierra). Utiliza clicks de 5-9/s o 80-200/s o bien tone Burst. Se realiza a intensidades iniciales de 75-90 dB hasta localizar el umbral. Se realizan 100-200 repeticiones y no es necesario el enmascaramiento. Se compone de 3 registros:
  - a. **Microfónico coclear:** refleja la reproducción del estímulo sonoro por parte de las células ciliadas internas y externas, concretamente los cilios de estas, como si fuera un micrófono. Permitiendo monitorizar la función de las células ciliadas.
  - b. **Potencial de sumación:** componente negativo de corriente continua debido al movimiento de la membrana basilar, siendo el área de generación, el área de máxima amplitud de movimiento de la membrana basilar. Mediante electrococleografía, el potencial de sumación aparece mezclado con el potencial de acción, precisando técnicas especiales para su aislamiento. Ni el microfónico

coclear ni el potencial de sumación tienen interés en la determinación del umbral audiométrico pues solo aparecen a intensidades elevadas (50 dB sobre el umbral real), siendo el potencial de acción el utilizado para dicha detección.

- c. **Potencial de Acción:** es la gráfica integrada de todos los potenciales de acción unitarios de fibras del nervio auditivo. Indica el final del proceso de transducción mecano eléctrico y el comienzo de la actividad neural de la rama coclear del VIII par. Podemos distinguir distintos potenciales de acción: Potencial de acción compuesto generado por un clic no filtrado: consta de 2 deflexiones negativas (N1 y N2). Al aumentar la intensidad del estímulo, aumenta la amplitud de la N1, disminuye la latencia y aumentando la amplitud de N2 y va apareciendo una tercera deflexión negativa, N3. En el umbral de audición, el registro queda como una única deflexión negativa.
- d. **Potencial de acción compuesto ante estímulos de distintas frecuencias:** el registro en la clínica consiste en el uso de estímulos de corta duración con cortos periodos de ascenso y descenso (tone Burst). La detección del potencial de acción permite conocer mejor el estado del receptor periférico que los PEATC, que aportan más información sobre la vía auditiva a nivel del tronco. En este sentido, una lesión de células ciliadas conlleva disminución o desaparición de microfónicos cocleares, disminución de la amplitud del potencial de sumación y de la relación Potencial de Sumación/Potencial de Acción (PS/PA), apareciendo curvas difásicas en el potencial de acción con pérdidas de registros a bajas intensidades aumentando la amplitud y disminuyendo las latencias. Además, permiten conocer el umbral auditivo monoaural de forma objetiva, sobreestimando el umbral audiométrico en 10 dB para frecuencias mayores de 2000 KHz, siendo su limitación, la identificación de umbrales en frecuencias graves, debido a que con los tonos utilizados para obtener una buena sincronización neural (tone Burst) consiguen por sincronización en frecuencias graves, separándose el umbral audiométrico y el eléctrico. Por último, permite identificar la onda I cuando esta no aparece en los PEATC, pues N1 se corresponde a esta. (García- Valdescasas, J. 2007)

2. Tronco cerebral: representan las estructuras neurales del nervio auditivo y del tronco cerebral, presentando una latencia inferior a 10-15 ms tras la estimulación sonora. Su amplia difusión en la práctica clínica se debe a su consideración como técnica básica para la determinación objetiva de umbrales auditivos, detección de patología retrococlear y otros trastornos neurológicos. Los estímulos más utilizados para su identificación son clics y tone burst, pues consiguen una buena sincronización de las respuestas neurales.

El registro consta de 5-7 deflexiones u ondas de Jewett, siendo cada una de ellas generadas por la descarga sincrónica de generadores bipolares de estaciones relevo situadas en distintas zonas de la vía auditiva. El origen de la onda I se sitúa en la zona periférica del nervio auditivo, la onda II en el conducto auditivo interno, la onda III en el complejo ipsilateral coclear, la onda IV en el complejo olivar superior medial y el cuerpo trapezoide y la onda V el lemnisco lateral. Son las ondas I, III y V las más fácilmente detectables para valorar la morfología, latencia, amplitud, intervalos y diferencias interaurales con lo cual se puede realizar un diagnóstico. (fig. N° 13)

**Potenciales de latencia media: comprendidos entre 15-80 ms tras el estímulo.**

En esta latencia coinciden a altas intensidades potenciales miogénicos retroauriculares y potenciales neurogénicos que pueden ser independizadas bajo la acción de relajantes musculares. Estos últimos están compuestos por un total de 6 deflexiones, la onda Po coincidente con la primera parte de la respuesta cortical lenta (p1). Se han empleado en la determinación del umbral de audición sobretodo en frecuencias graves puesto que pueden emplearse “tone Burst” con la suficiente duración y periodos de ascenso como para conseguir buena selectividad frecuencial sin pérdida de definición de la respuesta. Además se emplean en el diagnóstico de afecciones neurológicas centrales. Se ven afectados por el empleo de sedantes. (Hernández-Zamora, 2014).(Anexo N° 13)

**Potenciales de latencia larga: entre 80 y 300 ms.**

Son originadas en áreas corticales primarias siendo sus respuestas menos consistentes y fiables al alejarse del generador por contaminarse la señal. Onda sobre la cual influye el

sueño y la sedación. (Anexo N° 13)

### **Potenciales de latencia ultralarga: entre 300 y 750 ms.**

Están constituidos por la deflexión P300 y el contingente de variación negativa, siendo considerados actividad intrínseca del sistema nervioso, independiente del estímulo que genera el mensaje, constituyendo así un fenómeno psicológico. (García- Valdescasas, J. 2007)

#### **(d.12) Aplicaciones de los PEA**

Los registros de Electrocoqueografía ECG pueden ayudar de forma sustancial en la estimación del umbral auditivo (hasta 30 dB), en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad de Ménière, en seguimiento intraoperatorio de cirugías endolinfática y en la extirpación de neurinomas del acústico.

Los PEATC son útiles en la determinación del umbral auditivo en la población pediátrica, en el diagnóstico diferencial de sordera neurosensorial coclear o retrococlear. (los PEATC en la patología coclear son robustos en comparación a los que se registran en presencia de disfunciones retrococleares). En la hipoacusia coclear, donde la función latencia-intensidad para la onda V, presenta una fuerte pendiente en la que los valores de latencia están prolongados a intensidades bajas y se aproximan a los valores normales a altas intensidades. (Stapells y cols. 2002)

La medida del intervalo I-V es un importante parámetro para el diagnóstico diferencial entre las hipoacusias cocleares y retrococleares.

#### **(d.13.) Factores que afectan el registro de los PEA**

##### Edad

Los PEATC en el recién nacido (RN) difieren en morfología respecto a los PEATC del

adulto. En el RN la onda I es mayor en amplitud y algo más prolongada en la latencia que la del adulto. La onda V del RN tiene aproximadamente la misma amplitud que en el adulto, lo que conlleva que, en el RN, el cociente de la onda V/I sea menor que en el adulto. La latencia más prolongada de la onda I se interpreta como una maduración incompleta en la región de las frecuencias agudas de la cóclea y/o de la transmisión entre las células ciliadas y las fibras del nervio auditivo. La latencia de la onda V está más prolongada en el RN de lo que cabría esperar por el incremento de la latencia de la onda I. El tiempo de transmisión central, o latencia interondas I-V, en el recién nacido es aproximadamente de entre 5 y 5,3 ms frente a 4 ms en el adulto. La disminución con la edad de la latencia de los intervalos interondas puede ser indicativa de la progresiva mielinización de los axones, del incremento de la sinaptogénesis y del aumento del diámetro de los axones. Después del nacimiento el intervalo I-III, decrece relativamente más rápido que el III-V.

### Sexo

Con relación a la variable sexo, numerosas contribuciones demuestran importantes diferencias en los componentes I, III y V, mientras que se encuentran pocos cambios en el intervalo I-V. En general se acepta que existen unas latencias más prolongadas en los PEATC registrados en el hombre que en la mujer. Sin embargo, entre estos estudios hay importantes diferencias; por ejemplo, algunos estudios sugieren diferencias significativas asociadas al sexo en la latencia de la onda I, mientras que otros no demuestran diferencias significativas. En general, las amplitudes de todos los componentes son menores en el sexo femenino que en el masculino y, en particular las ondas I y V, aparecen aproximadamente un 30% menores en el sexo femenino que en el masculino. (Borrego, C.J. 1985)

### Dimensión cefálica

Los PEATC presentan un alto grado de correlación con el diámetro cefálico. Las latencias de las ondas se incrementan a medida que el diámetro cefálico se hace mayor, probablemente debido a que aumenta la longitud de la vía auditiva. Las amplitudes de las ondas I, III y V disminuyen al aumentar el tamaño de la cabeza. Dos factores pueden ser invocados para explicar este fenómeno: primero, que al aumentar el volumen cefálico se

incrementa la distancia entre los generadores neuronales y los electrodos y, segundo, que los sujetos con mayor volumen cefálico probablemente presentan estructuras óseas más gruesas que atenúan la señal eléctrica.

### Temperatura

Diferentes contribuciones han señalado que la disminución de la temperatura corporal conlleva un incremento en la latencia de los PEATC ya que es un factor que afecta la velocidad de conducción nerviosa de una forma directa ( a menor temperatura, menor velocidad de conducción).

### Atención selectiva

La mayoría de las contribuciones están de acuerdo en que no existe ninguna evidencia de cambios en los PEATC con relación a los estados atencionales.

## **Factores independientes del sujeto**

### Fármacos

Desde hace años ha sido establecido que los sedantes no afectan el registro de los PEATC. Algunas contribuciones sobre el efecto de la fenantoína establecen un aumento del intervalo I-III a dosis terapéuticas. (Borrego, C.J. 2002)

### Exposición a cambios de presión atmosférica

Se ha establecido una relación entre el aumento de las latencias de los PEATC y sujetos que están expuestos a cambios de presión atmosférica dentro de ellos, sujetos que practican buceo o aviación con una frecuencia alta.

#### **IV El buceo**

Es el acto por medio del cual el ser humano se sumerge en cuerpos de agua, ya sea el mar, un lago, un río o una piscina, con el fin de desarrollar una actividad profesional, recreativa, de investigación científica o militar con o sin ayuda de equipos especiales. Al buceo tradicional (sin aparatos de respiración) se le llama buceo, y en su modalidad deportiva se le llama apnea o buceo libre. El término submarinismo define con exactitud la práctica del buceo en el mar, que es el buceo más practicado en el mundo.

En casi todas las modalidades se utilizan aparatos de respiración El sistema más utilizado es el de la escafandra autónoma (un regulador alimentado por una o más botellas de aire comprimido). La tecnología del regulador permite reducir la alta presión de una reserva de aire comprimido a la presión del agua que rodea al buceador, de modo que éste pueda respirar con normalidad y con independencia de cables y tubos de suministro de aire desde la superficie. En 1943 los franceses Jacques-Yves Cousteau y Émile Gagnan fueron los inventores de los reguladores utilizados todavía actualmente en el buceo autónomo (tanto profesional como recreativo), por la sencillez y fiabilidad de su mecanismo así como por su ligereza y facilidad de transporte durante las inmersiones.

Las particularidades fisiológicas del buceo hacen necesario el seguimiento de reglas estrictas y el respeto de los límites de seguridad, por lo que la práctica segura del buceo requiere de una formación específica.

##### **(a.) Fundamentos Físicos**

Los tres pilares de la física del buceo son:

1. El principio de Arquímedes que explica el fenómeno de flotabilidad
2. La presión explica la variación de la presión con la profundidad.
3. Las leyes de los gases que explica el comportamiento de los gases al variar la presión y la temperatura.

El principio de flotabilidad de Arquímedes dice: “Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje hacia arriba (ascendente) igual al peso del fluido que desaloja”.

La presión es la fuerza por unidad de área ejercida sobre una superficie. Un fluido ejerce una presión homogénea en todo punto de un cuerpo sumergido en él, que depende de la profundidad a la que este se encuentra, siendo los vectores de fuerza siempre perpendiculares a la superficie de dicho cuerpo. La presión absoluta a la que se ve sometido un cuerpo en inmersión es la suma de la presión atmosférica (debida al peso de la columna de aire) y la presión hidrostática (debida al peso de la columna de agua). Así, el efecto de la presión es menor en altitud que a nivel del mar.

La presión atmosférica normal a nivel del mar es de 1 atmósfera. La presión ejercida por una columna de 10m de agua de mar equivale aproximadamente a 1 atmósfera de presión. por lo cual por cada 10 metros de profundidad, la presión aumenta 1 atmósfera (atm). De este modo, podemos decir con suficiente precisión, que la presión ejercida sobre un cuerpo a 10 m bajo la superficie del mar es de 2 atm. (Anexo. N° 14)

#### Ley general de los gases

La ley general de los gases explica el comportamiento de estos con relación a las variables de presión, temperatura y volumen. Las principales leyes de los gases son la ley de Boyle – Mariotte, la ley de Dalton, la ley de Henry de disolución de los gases, la ley de difusión de Graham y la ley de difusión de Fick.

#### Ley de Boyle - Mariotte

La presión es inversamente proporcional al volumen de un gas: al aumentar la presión sobre una masa de gas, el volumen de este disminuye proporcionalmente.

#### Ley de Dalton

El aire no es un gas puro, sino una mezcla de gases. La ley de Dalton explica que la presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones que ejercería cada uno de los gases componentes ocupando él solo el volumen total. Esta ley también se conoce como la ley de las presiones parciales, pues implica que la presión parcial de un gas, en una mezcla de gases, sometida a una presión  $X$ , es directamente proporcional a la proporción en que ese gas está presente en la mezcla. Esto quiere decir, que si en una

mezcla de gases uno de sus componentes representa el 20 % del volumen de la mezcla, a una presión P, tal componente tendrá una presión parcial de 0,2 P.

En el aire normal la composición es, aproximadamente, de un 21 % Oxígeno y 78 % Nitrógeno, con un 1 % de otros gases. Redondeando, la presión parcial de cada uno de sus componentes será:

Presión parcial de los componentes del Aire

Presión Total	Presión parcial O <sub>2</sub>	Presión parcial N <sub>2</sub>	Profundidad equivalente
1 bar	0,2 bar	0,8 bar	Superficie=P. atmosférica
2 bar	0,4 bar	1,6 bar	-10m=1bar P. hidrostática + 1 bar P. atmosférica
3 bar	0,6 bar	2,4 bar	-20m=1bar P. hidrostática + 1 bar de P. atmosférica

#### Ley de Henry de disolución de los gases

Cuando un gas entra en contacto con un líquido, las moléculas de gas (debido a su energía termodinámica - presión y temperatura), van a penetrar la interface gas-líquido y difundirse en su interior. A este fenómeno se le conoce con el nombre de disolución de los gases. En el organismo los gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) que se encuentran en un medio gaseoso, entran en contacto con un medio líquido al ingresar al organismo y difundir por la membrana alveolo capilar para ser transportados a los tejidos.

#### Ley de difusión de Graham

La difusión es el proceso por el cual una sustancia se distribuye uniformemente en el espacio que la encierra o en el medio en que se encuentra. El fenómeno de difusión entre dos gases, es decir, la velocidad a la que se mezclan, es una consecuencia del movimiento

continuo y elástico de las moléculas gaseosas. Gases diferentes tienen distintas velocidades de difusión.

#### Ley de difusión de Fick

La velocidad de difusión a través de una membrana es directamente proporcional al gradiente de concentración de la sustancia a ambos lados de la misma e inversamente proporcional al grosor de la membrana. La difusión de los gases está modificada por factores como la presión alveolar y venosa de los gases y el espesor de la membrana alveolo capilar.

#### **(b.) Fundamentos Fisiológicos y riesgos**

Las anteriores reglas físicas tienen una influencia certera en el cuerpo de un buzo en inmersión y conllevan una serie de efectos mecánicos y bioquímicos a considerar. El ser humano es un ser esencialmente terrestre y, por tanto, su fisiología está completamente adaptada a este tipo de vida. La vida en el medio acuático no es posible, ya que los pulmones son incapaces de asimilar el oxígeno que hay disuelto en el agua. Por ello, cuando una persona se sumerge bajo el agua aparece una situación de anaerobiosis siempre que no se disponga de dispositivos para respirar. Debido a esta condición, fisiológicamente el cuerpo humano ha desarrollado una serie de mecanismos de respuesta reflejas a la situación de inmersión que sirven de adaptación a la hipoxia. Estas respuestas se denominan «reflejos de inmersión», y son las siguientes:

Vasoconstricción arterial periférica, utilización de la mioglobina, aumento del volumen pulmonar, aumento del retorno venoso, hiperpresión abdominal relativa.

Efectos del aumento de la presión sobre los gases.

Se sabe que la densidad de un gas cambia proporcionalmente a la presión, mientras que el volumen lo hace de manera inversa. Así cuando la presión se triplica (estando a 20m de profundidad), la densidad se triplica también y el volumen se reduce a un tercio.

Cuando un buceador se sumerge va a notar cambios de presión en los espacios aéreos de su cuerpo, que pueden ser naturales, como los senos paranasales, pulmones, vísceras huecas y los oídos, o artificiales, el creado en nuestra cara por la máscara. El aire contenido en estos espacios están a la misma presión que la atmosférica, pero en cuanto nos sumergimos, la presión en el exterior será mayor que su interior y el volumen de aire contenido en ellos

disminuirá. Conforme el volumen disminuye, la presión empuja a los tejidos del cuerpo hacia el espacio aéreo, Esto se denomina “compresión” de un espacio aéreo. (Pierce, A. 1999)

Para evitar molestias se debe compensar por medio de maniobras que mantengan el volumen del espacio aéreo normal añadiendo aire durante el descenso, manteniendo la presión en el interior del espacio aéreo igual a la presión del agua en el exterior.

Existen diversas técnicas de compensación de la presión:

Maniobra de Valsalva: pinzando la nariz y cerrando la boca, se realiza una expiración. Con esta maniobra se aumenta la presión en la nasofaringe, la cual contiene el aire que se está intentando expirar pero permanece en la zona de paso de aire. Con el aumento de la presión se permeabiliza la trompa de Eustaquio (que comunica la nasofaringe con el oído medio) y se permite el paso de aire de la zona de paso de aire hacia el oído medio. Compensando así el aumento de presión que se ejerce sobre la membrana timpánica durante el descenso en una inmersión, generado por el aumento de la presión hidrostática a medida que el buzo profundiza.

Tragar y mover la mandíbula de un lado a otro: Esta maniobra hace permeable la trompa de Eustaquio con lo cual se permite el paso de aire por gradiente de presión del área de mayor presión al área de menor presión (entre el oído medio y la nasofaringe) con la cual se iguala la presión del oído medio, interno y externo.

Técnica combinada de los dos: Tragar y mover la mandíbula mientras soplas suavemente contra la nariz pinzada.

Es muy importante compensar cada pocos metros durante el descenso, antes de sentir molestias. Si se tarda mucho tiempo en realizar la compensación, se corre el riesgo de que la presión del agua ejercida sobre un espacio aéreo sea la suficiente para mantenerlo cerrado y no se pueda compensar. Si esto ocurre, se debe ascender unos metros e intentar compensar de nuevo, si aun así no se consigue, se debe suspender la inmersión.

Cuando se bucea en apnea, el aire contenido en los pulmones disminuye su volumen durante el descenso (disminuyendo por lo tanto el pulmón) y lo aumenta durante el ascenso,

alcanzando el pulmón el volumen original al llegar a la superficie. El equipo de buceo permite al buzo respirar bajo el agua gracias al aporte de aire a una presión igual a la presión del agua circundante. Esto supone que los pulmones tendrán un volumen normal cuando estén a profundidad. El problema entonces está en el ascenso, pues la presión disminuye y el aire contenido en los pulmones aumentará su volumen expandiendo demasiado a los pulmones, lo cual es un riesgo para un barotrauma pulmonar por explosión. La solución al problema radica en respirar de manera continua, manteniendo las vías aéreas hacia los pulmones abiertas. por lo tanto una contraindicación absoluta en el buceo con tanque es mantener o detener la respiración, ya que se estaría bloqueando la salida del aire sobrante (el volumen del aire aumenta con el ascenso) de los pulmones hacia la vía aérea, aumentando mucho la presión en ellos, e incluso llegando a romperlos. El barotraumatismo pulmonar, es la lesión más grave que puede padecer un buceador.

Los barotraumatismos más frecuentes son de tipo mecánico. Los principales son en los senos paranasales y oído medio.

Los traumatismos del oído se pueden producir por implosión o por explosión. A nivel del mar la presión atmosférica es de 760 mmHg, la presión del oído medio y el oído externo también se mantienen en 760 mmHg. Cuando el buzo inicia el descenso la presión que se ejerce sobre el oído externo por lo tanto sobre la membrana timpánica aumenta secundario a el aumento de la presión hidrostática al igual que la presión en el oído interno. Cuando el sujeto alcanza una profundidad de 2.9 pies la presión sobre el oído externo es de 850 mmHg, en este momento es doloroso y amerita que el sujeto realice una descompresión antes de continuar su descenso, si esto no sucede y se continua el descenso, a 3.2 pies de profundidad la presión sobrepasa los 860 mmHg mientras que por la compresión del aire en el oído medio la presión de este se mantiene en 760 mmHg en este punto la membrana timpánica puede romperse (barotrauma por explosión). Por otro lado, puede ocurrir la ruptura de la membrana redonda ya que el oído interno aumenta la presión a la par que lo hace el oído externo por lo tanto si la presión en el oído interno supera la del oído medio ocurre una ruptura de la membrana redonda (mecanismo de implosión. (Anexo N° 15)

**Capitulo II**  
**METODOLOGÍA**

## METODOLOGÍA

### I. Objetivos

#### a. Objetivo General:

Evaluar la integridad de la vía auditiva en sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosférica.

#### b. Objetivos Específicos:

1. Determinar la integridad de la membrana timpánica y CAE en sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosféricas.
2. Cuantificar la función auditiva en sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosféricas.
3. Determinar el tiempo promedio de las latencias de las ondas y los intervalos de los potenciales evocados auditivos en sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosférica.
4. Determinar la amplitud promedio de las ondas I y V de los potenciales evocados auditivos den sujetos, buzos, expuestos a cambios de presión atmosférica.

### II. Hipótesis de Trabajo:

$H_0$  La exposición a cambios de presión atmosférica no afecta la integridad de la vía auditiva.

$H_1$  La exposición a cambios de presión atmosférica afecta la integridad de la vía auditiva.

### III. Diseño Experimental

#### a. Tipo de Estudio.

Se realizó un estudio de casos y controles con 191 de sujetos con un rango de edad de 18 a 60 años divididos en dos grupos.

Grupo 1: 91 sujetos expuestos a aumento de presión atmosférica (buzos).

Grupo 2: grupo control. 100 sujetos que no se encuentren expuestos a cambios de presión atmosférica y que laboren en un ambiente libre de ruidos.

**b. Tamaño de la muestra**

Para obtener el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula:

$$n = Z^2 p * q N / e^2 ( N-1 ) + Z^2 p * q$$

$$N = 600 \quad p = 0.5 \quad q = 0.5 \quad Z = 5\% (1.96) \quad e = 5\%$$

**IV. Criterios de inclusión y exclusión.**

**a. Criterios de inclusión**

- Sujeto de entre 18 a 60 años.
- No estén expuestos a ambiente laboral con ruido.
- Con licencia de buzo para los grupos de estudio o que llenen los requisitos médicos de la licencia de buceo para el grupo control.
- Pacientes que consienten en participar en este estudio.

**b. Criterios de exclusión**

- Pacientes que tuvieran antecedentes personales y/o familiares de enfermedades audiológicas
- Enfermedades sistémicas que afectaran la función auditiva tales como: diabetes mellitus, vasculitis, hipertensión arterial, esclerosis múltiple, polineuropatía.
- Pacientes que presenten convulsiones o tomen medicamentos anticonvulsivos.
- Pacientes que presentan alteraciones en el CAE (tapón de cerumen, objeto extraño, otitis de oído externo).

## V. Variables:

### a. Variable independiente:

- Exposición a cambios de presión atmosférica

### b. Variable dependiente:

- Latencia de las ondas de los PEATC: tiempo desde la aplicación del estímulo auditivo y la generación de la onda de PEATC, en ms.
- Intervalos de los PEATC: tiempo entre una onda de PEATC y otra, en ms.
- Amplitud de las ondas de los PEATC: Distancia desde el pico inferior y el pico máximo de la onda, en  $\mu\text{V}$ .

## VI. Análisis estadístico:

El análisis estadístico se realizó mediante el cálculo de la Media y Error estándar. Los contrastes para tablas 2 x 2, y de tablas de 2 columnas y más de 2 filas, se empleará la prueba Chi-cuadrado de Pearson, de existir significancia estadística ( $P < 0,05$ ) se utilizará la razón de probabilidad y límites de confianza para verificar asociación. Los datos se analizarán con SPSS 17®.

## VII. Procedimientos:

### a. Reclutamiento de sujetos.

Los sujetos se reclutaron por medio de la distribución de un afiche por vía correo electrónico a sujetos pertenecientes a asociación de buzos y colocado en locales comerciales que ofrezcan equipo de buceo, piscinas del área capital, diferentes playas de Panamá donde se practica esta disciplina y en pasillos de la Universidad de Panamá. (Anexo N° 16)

Se distribuyó vía redes sociales una carta de invitación al estudio. (Anexo N° 17)

Se dictó una conferencia en la facultad ciencias, Escuela de Biología de la UP a estudiantes de la carrera de Biología Marina.

**b. Consentimiento informado.**

Aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Panamá (Anexo N° 18)

**c. Evaluación Auditiva****1. Historia clínica.**

Realizadas por la Dra. María Dolores Crossan, en el laboratorio de Neurofisiología del Departamento de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. (Anexo N° 19)

Los datos obtenidos por la historia clínica sirvieron de base para ingresar al sujeto al estudio, tanto a los controles como a los casos. Con la historia clínica se detectaron antecedentes personales y/o familiares de enfermedades audiológicas, enfermedades sistémicas que afectaran la función auditiva tales como: diabetes mellitus, vasculitis, hipertensión arterial, esclerosis múltiple, polineuropatía. pacientes que presenten convulsiones o tomen medicamentos anticonvulsivos.

También se determinó si el sujeto entraba al grupo de casos o controles según su historia de práctica del buceo o no.

**2. Otoscopia**

Realizadas por la Dra. María Dolores Crossan, mediante el uso de un otoscopio de luz, en el laboratorio de neurofisiología del departamento de fisiología humana de la facultad de medicina, Universidad de Panamá.

Otoscopia realizada para evidenciar presencia de barotraumas o alteraciones en el CAE (tapón de cerumen, objeto extraño, otitis de oído externo), lo cual excluía al sujeto del estudio.

**3. Pruebas con Diapasón**

Se utilizó un diapasón un diapasón (512 Hz ) para realizar la prueba de Weber y Rinne realizadas por la Dra. María Dolores Crossan, en el laboratorio de neurofisiología del Departamento de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. (Anexo N° 20)

Para la evaluación auditiva de los sujetos controles y los buzos con la finalidad de detectar hipoacusias de conducción o neurosensoriales.

### **Audiometría**

Realizadas por la Licenciada Ana Ponte, en el Instituto de otorrinolaringología de la Clínica San Fernando norte. Se ingresa a los sujetos a una cámara a prueba de ruido, colocándole unos auriculares y con sonidos de diferente intensidad se le pidió al sujeto que indicara si escuchaba o no el sonido. Los resultados fueron registrados en una hoja de registro para su posterior análisis. (Anexo N°20)

Para evaluar la audición de los sujetos del estudio y detectar hipoacusias.

### **Potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC)**

Realizados por la Dra. María Dolores Crossan, en el laboratorio de Neurofisiología del Departamento de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina, Universidad de Panamá.

Utilizando el equipo Neurowerk, se colocaron al sujeto los electrodos en el vértex (positivo), mastoides ipsilateral (negativo) mastoides contralateral (tierra) y auriculares adecuados para el equipo (tipo DT 48  $200\Omega$ ), se verificó impedancia que los electrodos no exceda los 5 k $\Omega$ , el tipo de estímulo fue un Click (estímulo alterno), con una intensidad que aumentaba en intervalos de 20 dB desde 20 dB hasta 80 dB.

Se realizaron dos mediciones:

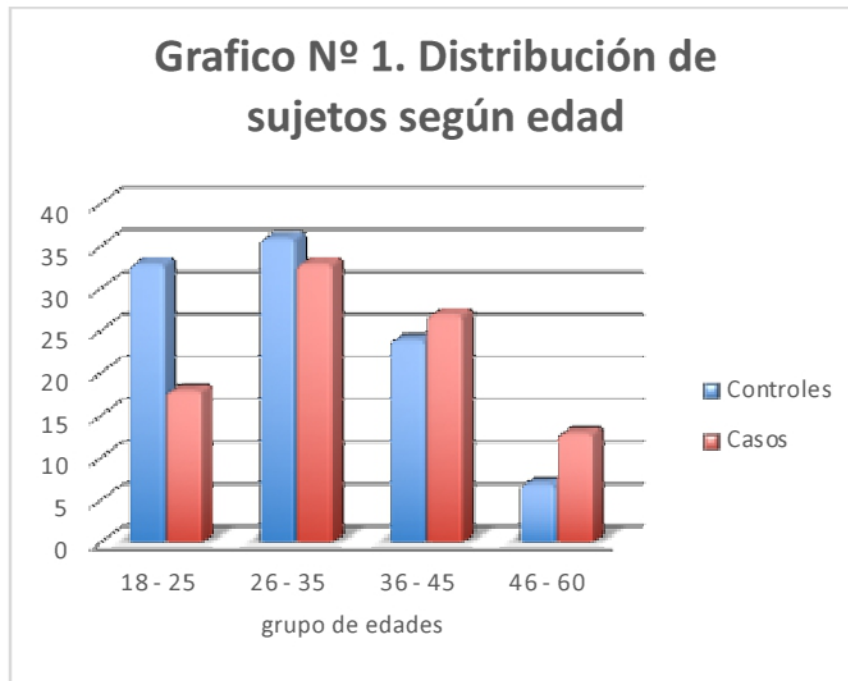
1. PEATC: se verificó Umbral auditivo para el oído derecho e izquierdo.  
Se estimuló primero el oído derecho iniciando con la intensidad de 60 dB por encima del umbral auditivo, se realizando mediciones de 2,000 ciclos cada una, el sistema cambia al oído izquierdo y realiza las mismas medidas en este. Y con ayuda del software del equipo analizamos la respuesta con la gráfica de los potenciales evocados auditivos. (Anexo N° 21)
2. Curva de aparición de onda V: Para la estimulación acústica se utilizaron estímulos con una intensidad de 20, 40, 60 y 80 dB. El enmascaramiento de el

oído contralateral se realizó con un sonido blanco por debajo de el volumen del estímulo.

Se estimula primero el oído derecho iniciando con la intensidad de 20 dB, posteriormente 40, 60 y 80 dB hasta que se llega por defecto a 2,000 ciclos para cada intensidad de estimulación, el sistema cambia al oído izquierdo y realiza las mismas medidas en este. Y con ayuda del software del equipo analizamos la respuesta con la gráfica de los potenciales evocados auditivos. (Anexo N° 21)

Una vez termina la estimulación de los oídos, el equipo genera una gráfica la cual muestra las ondas de PEATC y aparecen sobre ella cinco marcadores (uno para cada onda) posteriormente para obtener la latencia y la amplitud de las mismas, con la ayuda del cursor se mueve el marcador al pico máximo de cada una de las ondas y el equipo nos muestra en un cuadro la latencia y amplitud de las ondas.

**Capitulo III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

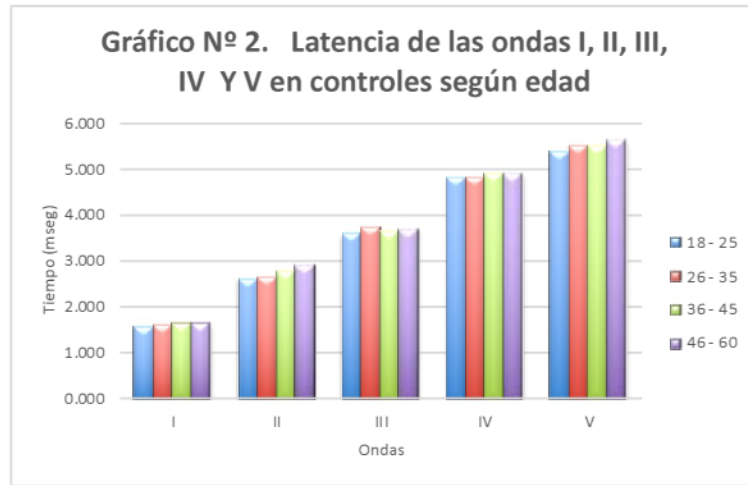


**Tabla N° 1. Distribución de sujetos según edad**

Edad (años)	Sujetos		
	Controles	Casos	Total
18 - 25	33	18	51
26 - 35	36	33	69
36 - 45	24	27	51
46 - 60	7	13	20
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>91</b>	<b>191</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

En la tabla N° 1 se observan la distribución de 191 sujetos. 100 controles (33 entre las edades de 18 – 25 años representando un 33%, 36 de 26 – 35 años representando un 36%, 24 de 36 – 45 años representando un 24% y 7 de 46 – 60 años representando un 7%) y 91 casos en donde (33 entre las edades de 18 – 25 años representando un 20%, 36 de 26 – 35 años representando un 36%, 24 de 36 – 45 años representando un 30% y 7 de 46 – 60 años representando un 14%). En importante destacar que el grupo de 26 a 35 años fue el grupo de edad con mayor porcentaje de individuos para los dos grupos de estudio.



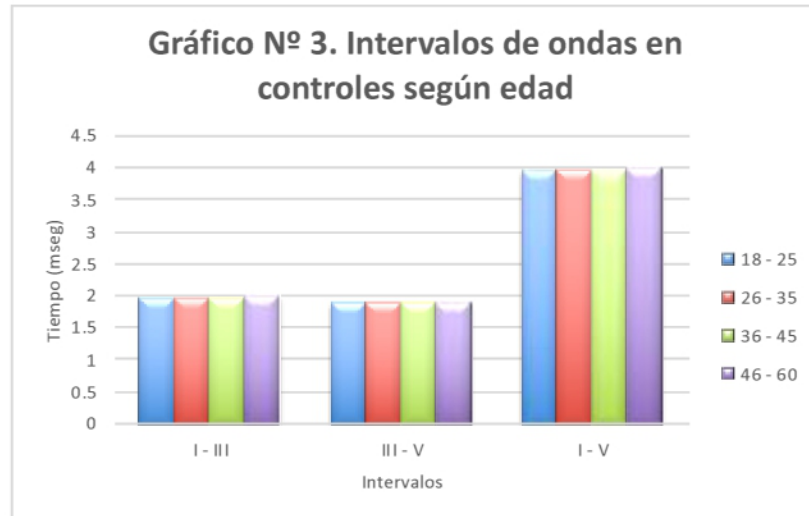
**Tabla N° 2. Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según edad**

Edad (años)	Latencia de Ondas (ms)				
	I	II	III	IV	V
	Media	Media	Media	Media	Media
18 - 25	1.569±0.11	2.6±0.12	3.585±0.14	4.81±0.11	5.391±0.12
26 - 35	1.607±0.13	2.65±0.09	3.705±0.12	4.83±0.13	5.521±0.09
36 - 45	1.623±0.12	2.75±0.11	3.625±0.10	4.9±0.12	5.502±0.11
46 - 60	1.627±0.11	2.910±0.12	3.698±0.11	4.89±0.11	5.621±0.12

**Fuente: Datos obtenidos de la investigación**

Los resultados de las latencias de las ondas de PEATC en controles según edad. Latencia de la onda I es de 1.569 ms para 18 a 25 años, de 1.607 ms para 26 a 35 años, de 1.623 ms para 36 a 45 años y de 1.627 ms para 46 a 60 años. Latencia de la onda II es de 2.6 ms para 18 a 25 años, de 2,65 ms para 26 a 35 años, de 2.75 ms para 36 a 45 años y de 2.91 para 46 a 60 años. latencia de la onda III en controles es de 3.585 ms para 18 a 25 años, de 3.705 ms para 26 a 35 años, de 3.625 ms para 36 a 45 años y de 3,698 para 46 a 60 años. Latencia de la onda IV es de 4.81 ms para 18 a 25 años, de 4.83 ms para 26 a 35 años, de 4.9 ms para 36 a 45 años y de 4.89mspara 46 a 60 años. Latencia de la onda V es de 5.391 ms para 18 a 25 años, de 5.521 ms para 26 a 35 años, de 5,502 ms para 36 a 45 años y de 5.621 para 46 a 60 años.

Resultados acorde con las latencias de las ondas de los PEATC en la literatura de Borrejos, C.J. 1985.



**Tabla N° 3. Intervalos de ondas en controles según edad**

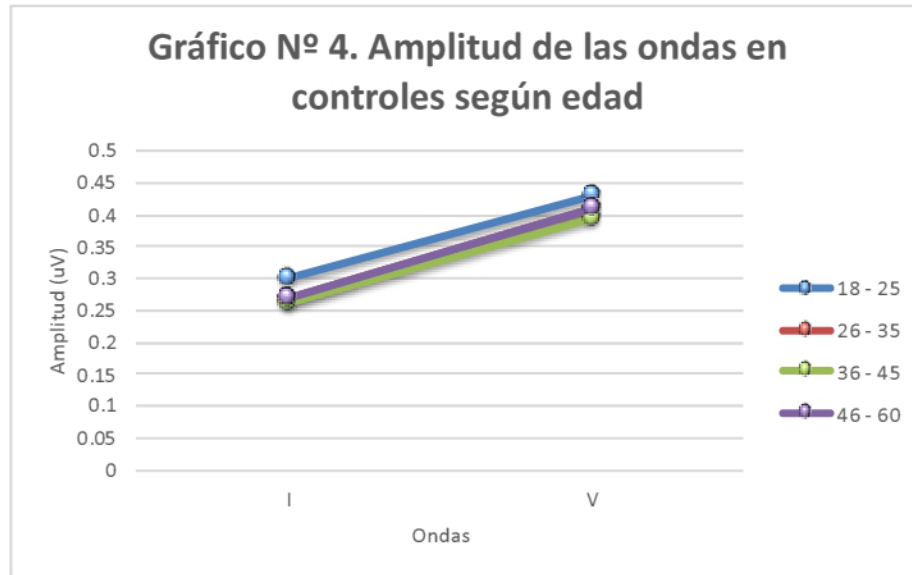
Edad (años)	Intervalos (ms)		
	I-III	III-V	I-V
	Media	Media	Media
18 - 25	1.979±0.13	1.882±0.11	3.958±0.11
26 - 35	1.981±0.11	1.887±0.13	3.959±0.13
36 - 45	1.982±0.11	1.889±0.12	3.982±0.12
46 - 60	1.985±0.09	1.891±0.11	3.999±0.11

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de los intervalos de las ondas de los PEATC según edad. Intervalo I-III es de 1.979 ms para 18 a 25 años, 1.981 ms para 26 a 35 años, 1.982 ms para 36 a 45 años y 1.985 ms para 46 a 60 años. Intervalo III-V de 1.882 ms para 18 a 25 años, 1.889 ms para 26 a 35 años, 1.889 ms para 36 a 45 años y 1.988 ms para 46 a 60 años. Intervalo I-V es de 3.985 ms para 18 a 25 años, 3.959 ms para 26 a 35 años, 3.982 ms para 36 a 45 años y 3.999 ms para 46 a 60 años.

Se observa como a medida que avanza la edad la latencia de los intervalos aumenta.

Resultados acorde con la literatura de Borrejos, C.J. 1985



**Tabla N° 4. Amplitud de las ondas en controles según edad**

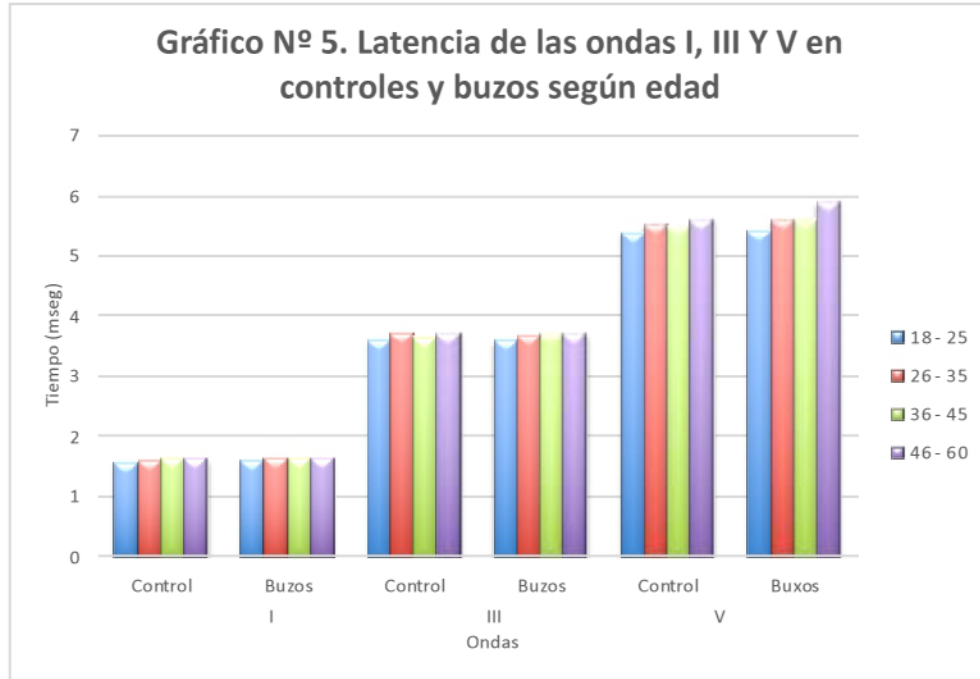
	Amplitud (µV)		
	I	V	V/I
Edad (años)	Media	Media	Media
18 - 25	0.3±0.010	0.43±0.012	1.43±0.01
26 - 35	0.27±0.009	0.41±0.013	1.51±0.009
36 - 45	0.26±0.012	0.395±0.010	1.52±0.012
46 - 60	0.268±0.011	0.41±0.011	1.52±0.011

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de PEATC según edad. Amplitud de onda I es de 0.300 µV para 18 a 25 años, de 0.270 µV para 26 a 35 años, de 0.260 µV para 36 a 45 años y de 0.268 para 46 a 60 años. Amplitud de onda V es de 0.430 µV para 18 a 25 años, de 0.410 µV para 26 a 35 años, de 0.395 µV para 36 a 45 años y de 0.410 µV para 46 a 60 años. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) es de 1.433 para 18 a 25 años, de 1.519 para 26 a 35 años, de 1.519 para 36 a 45 años y de 1.530 para 46 a 60 años.

Se observa una menor amplitud a medida que avanza la edad.

Y estos resultados comparados con la literatura de Aguilar-Fabré, L. 2015.



**Tabla N° 5. Latencia de las ondas I, III y V en controles y buzos según edad**

Edad (años)	Latencia de las Ondas (ms)					
	I		III		V	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
18 - 25	1.569±0.11	1.598±0.12	3.585±0.14	3.586±0.13	5.391±0.12	5.386±0.13
26 - 35	1.607±0.13	1.622±0.11	3.705±0.12	3.689±0.11	5.521±0.09	5.388±0.11
36 - 45	1.623±0.12	1.632±0.09	3.625±0.10	3.714±0.11	5.502±0.11	3.856±0.11
46 - 60	1.627±0.11	1.631±0.10	3.698±0.11	3.711±0.09	5.621±0.12	5.401±0.09

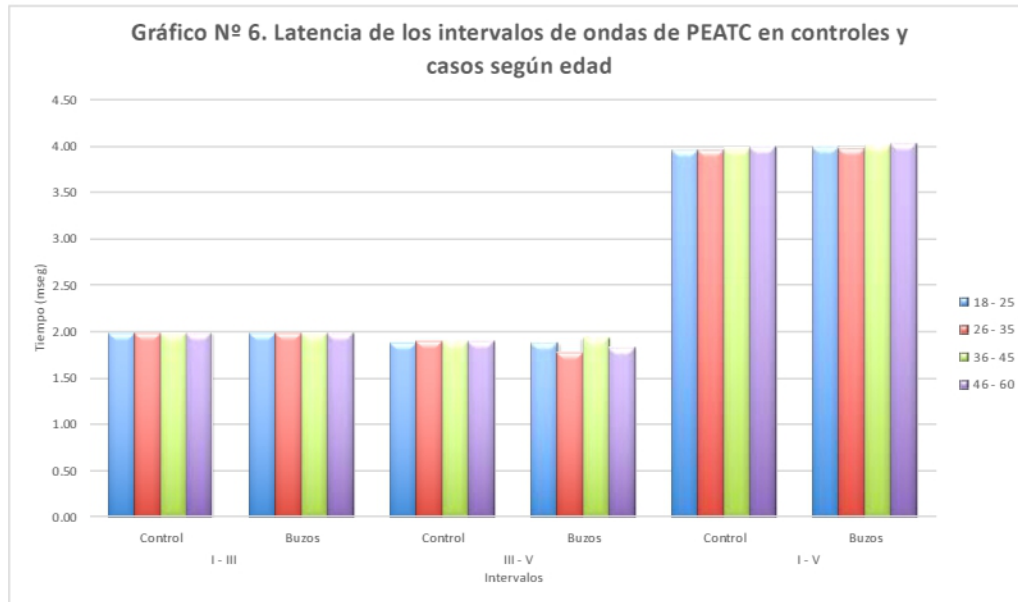
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las latencias de las ondas de los PEATC en controles y buzos según edad. latencia de la onda I en controles es de 1.569 ms para 18 a 25 años, de 1.607 ms para 26 a 35 años, de 1.623 ms para 36 a 45 años y de 1.627 ms para 46 a 60 años. latencia de la onda III en controles es de 3.585 ms para 18 a 25 años, de 3.705 ms para 26 a 35 años, de 3.625 ms para 36 a 45 años y de 3.698 ms para 46 a 60 años. latencia de la onda V en controles es de 5.391 ms para 18 a 25 años, de 5.521 ms para 26 a 35 años, de

5.502 ms para 36 a 45 años y de 5.621 ms para 46 a 60 años. Latencia de la onda I en buzos es de 1.598 ms para 18 a 25 años, de 1.622 ms para 26 a 35 años, de 1.632 ms para 36 a 45 años y de 1.631 ms para 46 a 60 años. latencia de la onda III en buzos es de 3.586 ms para 18 a 25 años, de 3.689 ms para 26 a 35 años, de 3.714 ms para 36 a 45 años y de 3,711 ms para 46 a 60 años. latencia de la onda V en buzos es de 5.391 ms para 18 a 25 años, de 5.524 ms para 26 a 35 años, de 5.5027 ms para 36 a 45 años y de 5.633 ms para 46 a 60 años.

En la tabla se observa un ligero aumento de latencia de las ondas a medida que aumenta la edad tanto para los controles como para los buzos, resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C.J. 1985



**Tabla N° 6. Intervalos de ondas en controles y casos según edad**

Edad (años)	Intervalos (ms)					
	I - III		III - v		I - V	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
18 - 25	1.979±0.13	1.981±0.11	1.882±0.11	1.885±0.12	3.958±0.11	3.899±0.12
26 - 35	1.981±0.11	1.989±0.12	1.887±0.13	1.889±0.11	3.959±0.13	4.132±0.11
36 - 45	1.982±0.11	1.984±0.10	1.889±0.12	1.89±0.09	3.982±0.12	3.999±0.09
46 - 60	1.985±0.09	1.988±0.11	1.891±0.11	1.894±0.10	3.999±0.11	4.013±0.10

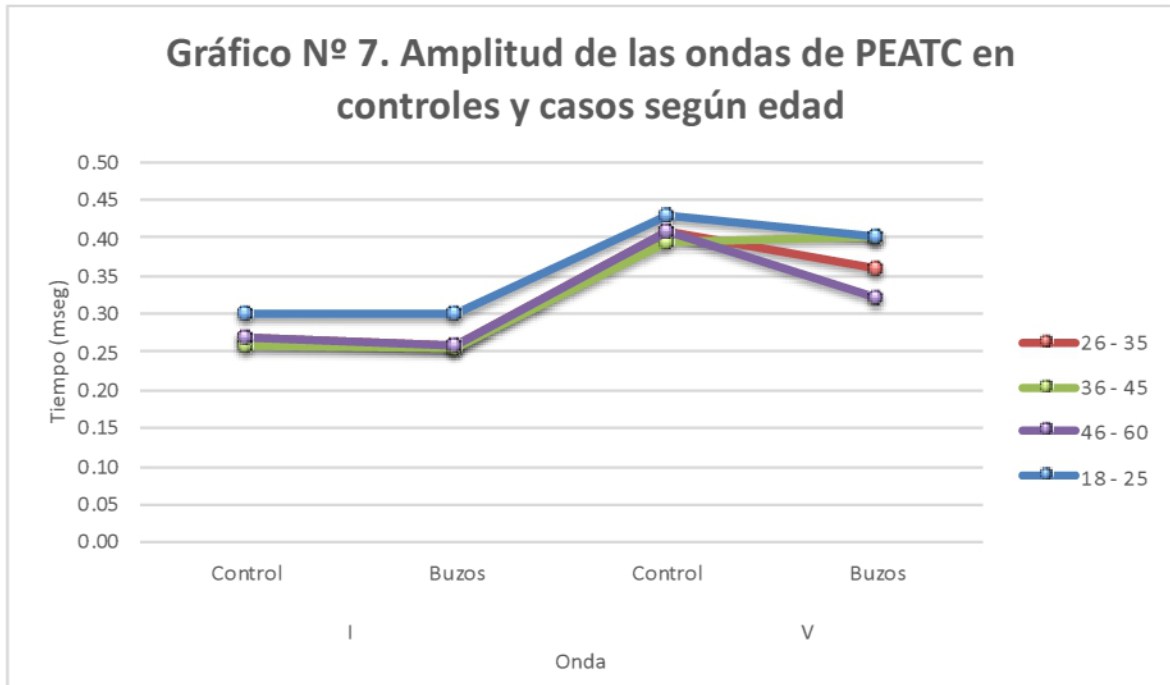
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de los intervalos de las ondas de los PEATC en controles y buzos según edad. Intervalo I-III en controles es de 1.979 ms para 18 a 25 años, de 1.981 ms para 26 a 35 años, de 1.982 ms para 36 a 45 años y de 1.985 ms para 46 a 60 años. Intervalo III-V en controles es de 1.882 ms para 18 a 25 años, de 1.889 ms para 26 a 35 años, de 1.889 ms para 36 a 45 años y de 1.891 ms para 46 a 60 años. Intervalo I-V en controles es de 3.985 ms para 18 a 25 años, de 3.959 ms para 26 a 35 años, de 3.982 ms para 36 a 45 años y de 3.999 ms para 46 a 60 años. Intervalo I-III en buzos es de 1.981 ms para 18 a 25 años, de 1.989 ms para 26 a 35 años, de 1,984 ms para 36 a 45 años y de

1.988 ms para 46 a 60 años. Intervalo III-V en controles es de 1.885 ms para 18 a 25 años, de 1.889 ms para 26 a 35 años, de 1.890 ms para 36 a 45 años y de 1.894 ms para 46 a 60 años. Intervalo I-V en buzos es de 3.899 ms para 18 a 25 años, de 4.132 ms para 26 a 35 años, de 3.999 ms para 36 a 45 años y de 4.013 ms para 46 a 60 años.

En la tabla no se observa cambio significativo en los intervalos de las ondas a medida que aumenta la edad tanto para los controles como para los buzos, resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C.J. 1985



**Tabla N° 7. Amplitud de las ondas en controles y casos según edad**

Edad (años)	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )					
	I		V		V/I	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
18 - 25	0.3 $\pm$ 0.01	0.3 $\pm$ 0.011	0.43 $\pm$ 0.01	0.4 $\pm$ 0.011	1.43 $\pm$ 0.01	1.33 $\pm$ 0.01
26 - 35	0.27 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.009	0.36 $\pm$ 0.012	1.51 $\pm$ 0.009	1.38 $\pm$ 0.009
36 - 45	0.26 $\pm$ 0.001	0.255 $\pm$ 0.009	0.395 $\pm$ 0.011	0.4 $\pm$ 0.009	1.51 $\pm$ 0.011	1.56 $\pm$ 0.012
46 - 60	0.268 $\pm$ 0.007	0.26 $\pm$ 0.01	0.41 $\pm$ 0.009	0.32 $\pm$ 0.01	1.52 $\pm$ 0.01	1.23 $\pm$ 0.01

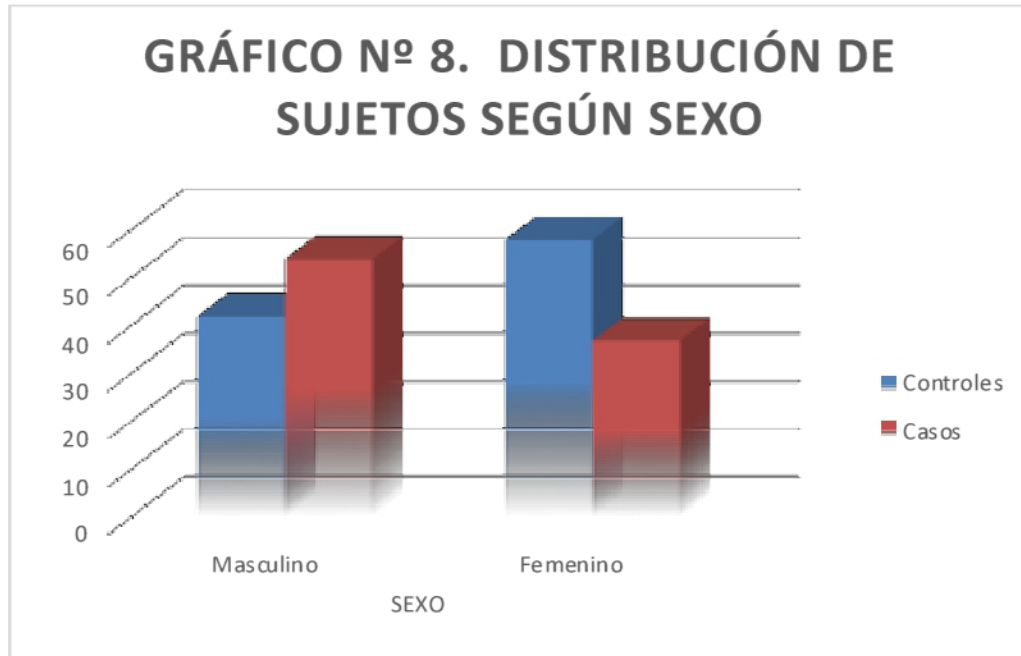
$P > 0.05$

Fuente : Datos obtenidos de la investigación

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de los PEATC en controles y buzos según edad. Amplitud de onda I en controles es de 0.30  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 0.27  $\mu\text{V}$  para 26 a 35 años, de 0.26  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 0.27  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años. Amplitud de onda V en controles es de 0.43  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 0.41  $\mu\text{V}$  para 26 a 35 años, de 0.40  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 0.41  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) es de 1.43  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 1.52  $\mu\text{V}$  para 26 a

35 años, de 1.52  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 1.53  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años. Amplitud de onda I en buzos es de 0.30  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 0.26  $\mu\text{V}$  para 26 a 35 años, de 0.26  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 0.26  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años. Amplitud de onda V en buzos es de 0.40  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 0.36  $\mu\text{V}$  para 26 a 35 años, de 0.40  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 0.32  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) es de 1.33  $\mu\text{V}$  para 18 a 25 años, de 1.38  $\mu\text{V}$  para 26 a 35 años, de 1.57  $\mu\text{V}$  para 36 a 45 años y de 1.23  $\mu\text{V}$  para 46 a 60 años.

En la tabla se observa una ligera disminución de la amplitud de las ondas a medida que aumenta la edad tanto para los controles como para los buzos, resultados esperados y comparados con la literatura Aguilar-Fabré, L. 2015

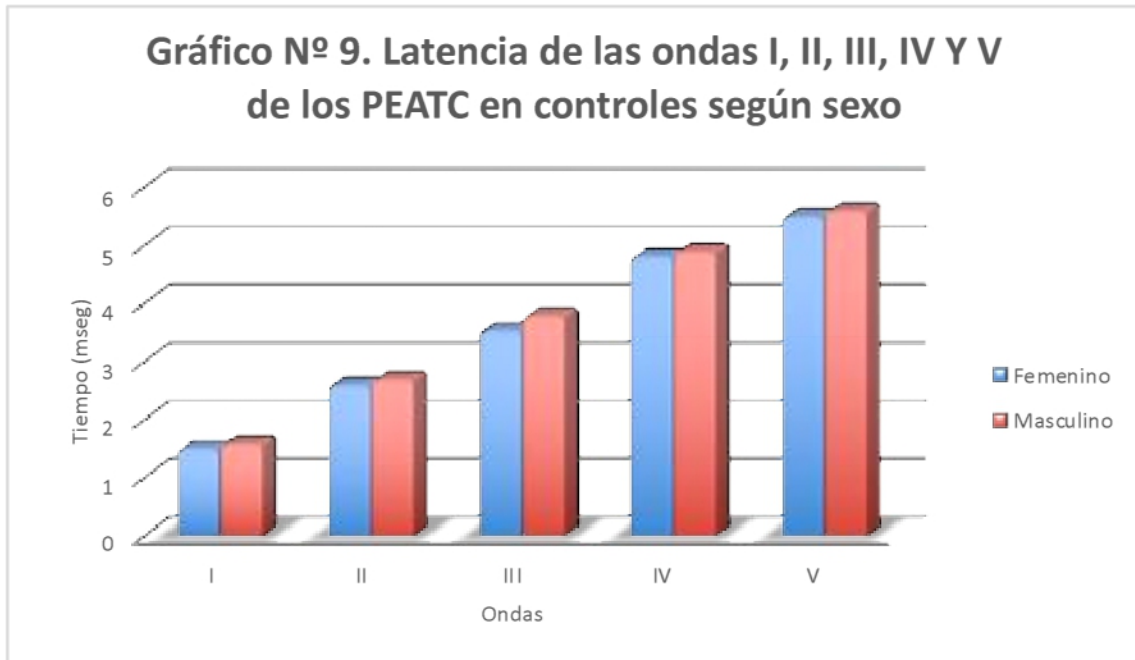


**Tabla N° 8. Distribución de sujetos según sexo**

Sexo	Sujetos		
	Controles	Casos	Total
<b>Masculino</b>	<b>42</b>	<b>54</b>	<b>96</b>
<b>Femenino</b>	<b>58</b>	<b>37</b>	<b>95</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>91</b>	<b>191</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

En la tabla N° 8 se observan la distribución de 191 sujetos. 100 controles (42 masculino y 58 femenino) y 91 casos (54 masculino y 37 femenino).



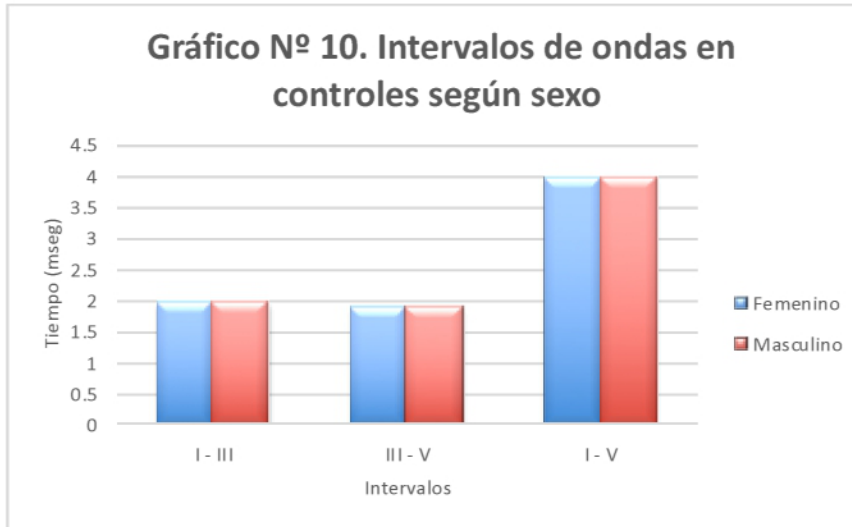
**Tabla N° 9. Latencia de las ondas I, II, III, IV y V en controles según sexo**

	Ondas (ms)				
	I	II	III	IV	V
<b>Sexo</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
<b>Femenino</b>	<b>1.506±0.12</b>	<b>2.601±0.11</b>	<b>3.537±0.12</b>	<b>4.813±0.10</b>	<b>5.497±0.12</b>
<b>Masculino</b>	<b>1.585±0.13</b>	<b>2.698±0.12</b>	<b>3.789±0.17</b>	<b>4.893±0.09</b>	<b>5.598±0.11</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

En la tabla N° 9. Se observan los resultados de las latencias de las ondas de los PEATC en controles según sexo. latencia de la onda I femenino es de 1.506 ms y de 1.585 para masculino. Latencia de la onda II femenino 2.601 ms y de 2.698 ms para masculino. Latencia de onda III femenino 3.537 ms y de 3.789 ms para masculino. Latencia de onda IV femenino es de 4.813 ms y de 4.893 ms para masculino. Latencia de onda V femenino es de 5.497 ms y de 5.598 ms para masculino.

Se observa latencias menores en mujeres que en hombres, resultados compatibles con la literatura. Borrego, c. J. 1985.



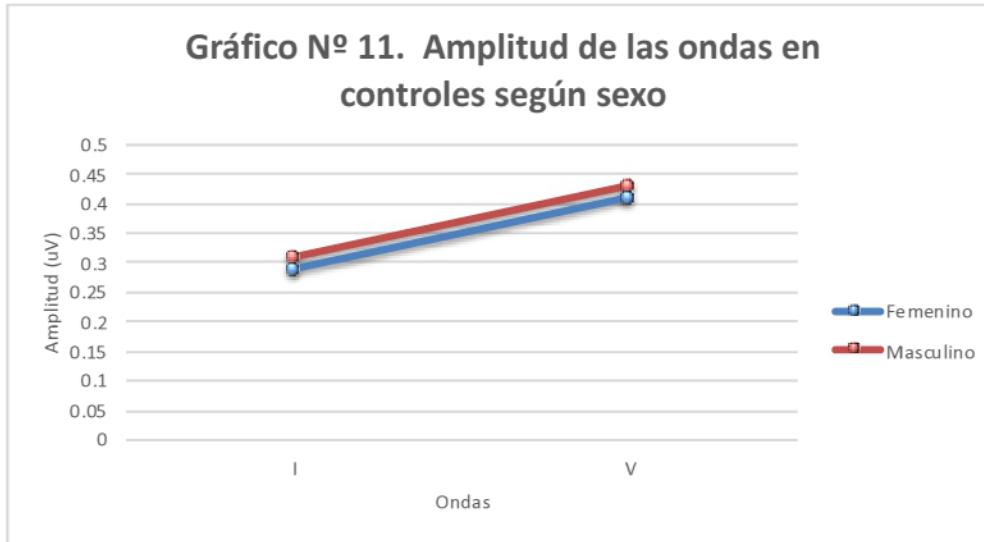
**Tabla N° 10. Intervalos de ondas en controles según sexo**

	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
Sexo	Media	Media	Media
<b>Femenino</b>	<b>1.982±0.11</b>	<b>1.889±0.12</b>	<b>3.982±0.12</b>
<b>Masculino</b>	<b>1.985±0.09</b>	<b>1.891±0.11</b>	<b>3.999±0.11</b>

**Fuente: Datos obtenidos de la investigación**

En la tabla N° 10. Se observan los resultados de los intervalos de las ondas de los PEATC en controles sexo; Intervalo I-III fue de 1.982 ms para sexo femenino y de 1,985 ms para sexo masculino. Intervalo III-V fue de 1.889 ms para el sexo femenino y de 1,891 ms para el sexo masculino. Intervalo I–V fue de 3.982 ms para sexo femenino y de 3.999 ms para sexo masculino.

Se observa intervalos menores en mujeres que en hombres, resultados compatibles con la literatura. Borrego, c. J. 1985.

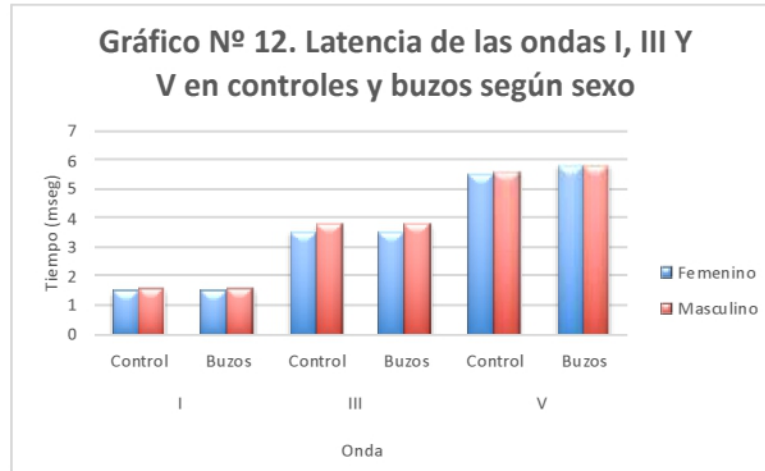


**Tabla N° 11. Amplitud de las ondas en controles según sexo**

	Amplitud (µV)		
	I	V	V/I
<b>Sexo</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
<b>Femenino</b>	<b>0.29±0.01</b>	<b>0.41±0.01</b>	<b>1.41±0.01</b>
<b>Masculino</b>	<b>0.31±0.01</b>	<b>0.43±0.01</b>	<b>1.38±0.01</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de PEATC según sexo. Amplitud de onda I es de 0.29 µV para femenino y de 0.31 para masculino. Amplitud de onda V es de 0.41 µV para femenino y de 0.43 para masculino. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) es de 1.41 µV para femenino y de 1.38 µV para masculino. Se observa amplitud de las ondas de PEATC menor en mujeres que en hombres, resultados compatibles con la literatura. Aguilar-Fabré, L. 2015.



**Tabla Nº 12. Latencia de las ondas I, III y V en controles y buzos según sexo**

	Latencia de las Ondas (ms)					
	I		III		V	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
<b>Sexo</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
<b>Femenino</b>	1.506±0.12	1.513±0.11	3.537±0.12	3.539±0.13	5.497±0.12	5.810±0.13
<b>Masculino</b>	1.585±0.13	1.589±0.12	3.789±0.17	3.791±0.14	5.598±0.11	5.823±0.14

**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las latencias de las ondas de los PEATC en controles y buzos según sexo. Latencia de la onda I en controles es de 1.506 ms para femenino y de 1.585 ms para masculino. Latencia de la onda III en controles es de 3.537 ms para femenino y de 3.789 ms para masculino. Latencia de la onda V en controles es de 5.497 ms para femenino y de 5.598 ms para masculino. Latencia de la onda I en buzos es de 1.513 ms para femenino, de 1.589 ms para masculino. Latencia de la onda III en buzos es de 3.539 ms para femenino y de 3.791 ms para masculino. Latencia de la onda V en buzos es de 5.810 ms para femenino, de 5.823 ms para masculino.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las latencias de las ondas según sexo entre el grupo control y el grupo de buzos, con un valor de  $p > 0.05$ .

Resultados compatibles con la literatura Borrejos, C.J. 1985.



**Tabla N° 13. Intervalos de ondas en controles y casos según sexo**

Sexo	Intervalos (ms)					
	I - III		III - V		I - V	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
<b>Femenino</b>	<b>1.982±0.11</b>	<b>1.984±0.10</b>	<b>1.889±0.12</b>	<b>1.89±0.09</b>	<b>3.982±0.12</b>	<b>3.999±0.11</b>
<b>Masculino</b>	<b>1.985±0.09</b>	<b>1.988±0.11</b>	<b>1.891±0.11</b>	<b>1.894±0.10</b>	<b>3.999±0.11</b>	<b>3.989±0.09</b>

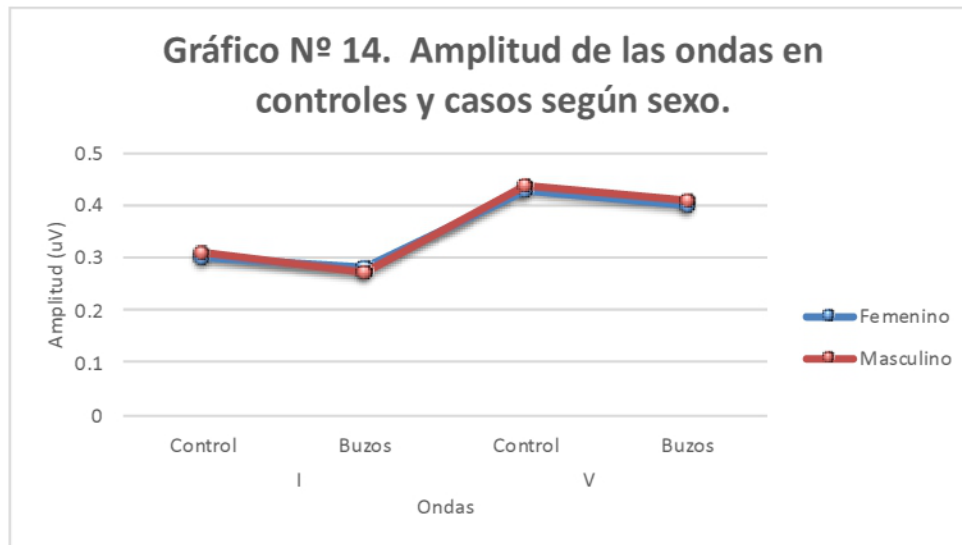
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de los intervalos de las ondas de los PEATC en controles y buzos según sexo. Intervalo I-III en controles es de 1.982 ms para femenino, de 1.985 ms para masculino. Intervalo III-V en controles es de 1.889 ms para femenino y de 1.891 ms para masculino. Intervalo I-V en controles es de 3.982 ms para femenino y de 3.999 ms para masculino. Intervalo I-III en buzos es de 1.984 ms para femenino y de 1.988 ms para masculino. Intervalo III-V en buzos es de 1.89 ms para femenino y de 1.894 ms para masculino. Intervalo I-V en buzos es de 3.999 ms para femenino y de 3.989 ms para masculino.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según sexo, entre el grupo control y el grupo de buzos, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 14. Amplitud de las ondas en controles y casos según sexo**

Sexo	Amplitud (µV)					
	I		V		V/I	
	Control	Buzos	Control	Buzos	Control	Buzos
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
<b>Femenino</b>	<b>0.3±0.01</b>	<b>0.28±0.012</b>	<b>0.43±0.01</b>	<b>0.4±0.011</b>	<b>1.43±0.01</b>	<b>1.43±0.009</b>
<b>Masculino</b>	<b>0.31±0.009</b>	<b>0.27±0.01</b>	<b>0.44±0.009</b>	<b>0.41±0.009</b>	<b>1.42±0.01</b>	<b>1.52±0.01</b>

**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de los PEATC en controles y buzos según sexo. Amplitud de onda I en controles es de 0.30 µV para femenino y de 0.31 µV para masculino. Amplitud de onda V en controles es de 0.43 µV para y de 0.44 µV para masculino. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) es de 1.43 µV para femenino y de 1.42 µV para masculino. Amplitud de onda I en buzos fue de 0.28 µV para femenino y de 0.27 µV para masculino. Amplitud de onda V en buzos fue de 0.40 µV para sexo femenino y de 0.41 µV para masculino. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) fue de 1.43 para femenino y de 1.52 para masculino.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las amplitudes de las ondas según sexo, entre el grupo control y el grupo de buzos, con una  $p > 0.05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985

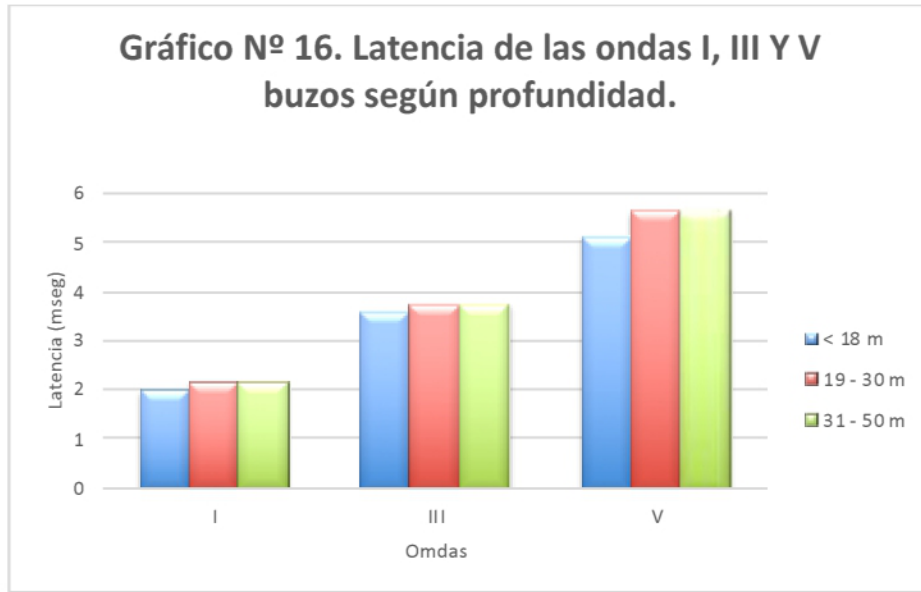


**Tabla N° 15. Distribución de los buzos según profundidad de la inmersión**

Profundidad (m)	Buzos
≤18 m	57
19 - 30 m	26
31 - 50 m	8
Total	91

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan la distribución de 91 buzos según profundidad del buceo. 57 a ≤18, 26 entre 19 a 30 m y 8 entre 31 a 50 m.



**Tabla N° 16. Latencia de las ondas I, III y V buzos según profundidad de la inmersión**

Profundidad (m)	Latencia de las Ondas (ms)			
	I	P	III	V
	Media		Media	Media
≤ 18	1.989±0.12	> 0,05	3.586±0.13	5.132±0.12
19 - 30	2.139±0.10	0.048	3.742±0.11	5.654±0.10
31 - 50	2.14±0.11	0.004	3.747±0.11	5.66±0.11

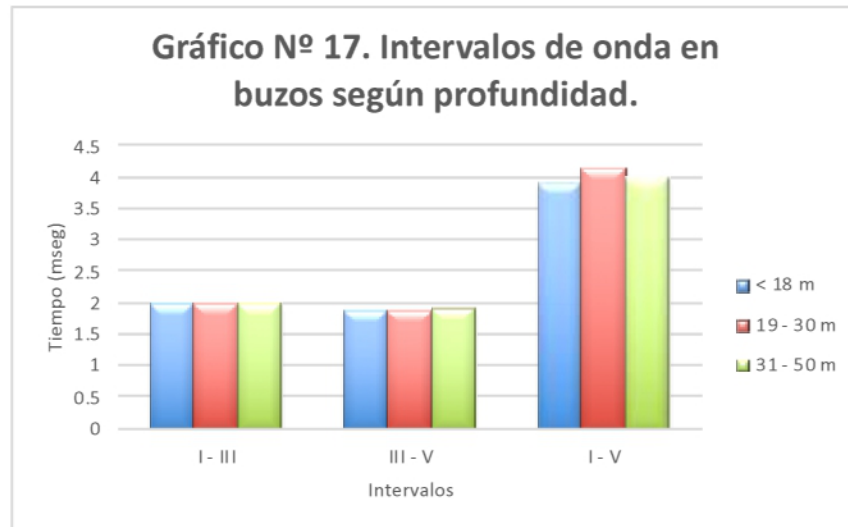
**$P \leq 0.05$**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la latencia de las ondas I, III y V de los buzos según la profundidad a la cual bucean. La latencia de la onda I es de 1.989 ms para < 18 m, de 2.139 ms para 19 – 30 m y de 2.140 ms para 31 a 50 m. Latencia de la onda III es de 3.586 ms para < 18 m, de 3.742 ms para 19 – 30 m y de 3.747 ms para 31 a 50 m. Latencia de la onda V es de 5.132 ms para < 18 m, de 5.654 ms para 19 – 30 m y de 5.660 ms para 31 a 50 m.

En la tabla se observa diferencia significativa en las latencias de las ondas según profundidad de la inmersión, en los grupos de profundidad entre 19 – 30 m y el de 31 – 50 m. Con una  $p < 0.05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 17. Intervalos de onda en buzos según profundidad de la inmersión**

Profundidad (m)	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
	Media	Media	Media
18	1.981±0.11	1.889±0.12	3.899±0.11
19 - 30	1.989±0.13	1.89±0.11	4.132±0.12
31 - 50	1.984±0.11	1.894±0.09	3.999±0.13

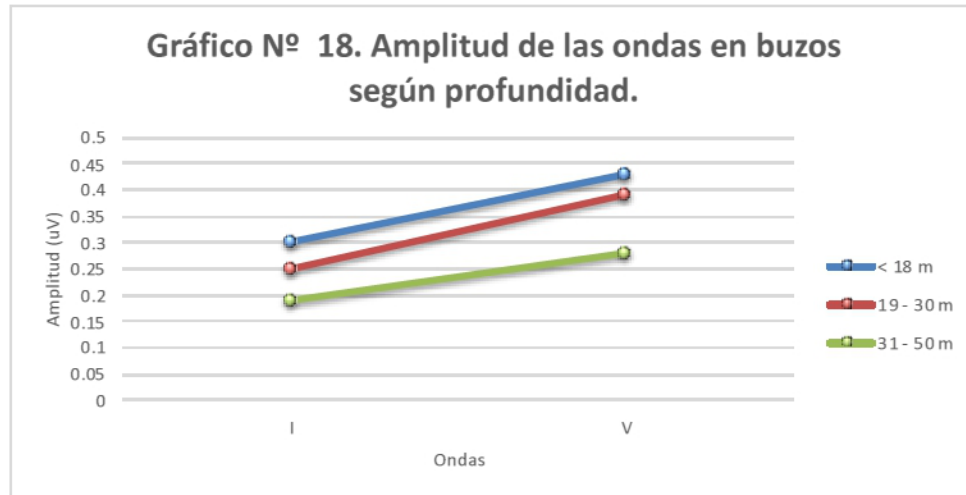
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa los intervalos I – III, III – V y I - V de los buzos según la profundidad a la cual bucean. Intervalo I - III es de 1.981 ms para < 18 m, de 1.989 ms para 19 – 30 m y de 1.984 ms para 31 a 50 m. Intervalo III - V es de 1.889 ms para < 18 m, de 1.89 ms para 19 – 30 m y de 1.894 ms para 31 a 50 m. Intervalo I - V es de 3.899 ms para < 18 m, de 4.132 ms para 19 – 30 m y de 3.999 ms para 31 a 50 m.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según profundidad de la inmersión, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 18. Amplitud de las ondas en buzos según profundidad de la inmersión**

Profundidad (m)	Amplitud (µV)		
	I	V	V/I
	Media	Media	Media
<b>&lt; 18</b>	<b>0.3±0.009</b>	<b>0.43±0.009</b>	<b>1.43±0.01</b>
<b>19 - 30</b>	<b>0.25±0.012</b>	<b>0.39±0.009</b>	<b>1.56±0.011</b>
<b>31 - 50</b>	<b>0.19±0.011</b>	<b>0.28±0.009</b>	<b>1.47±0.012</b>

**P > 0.05**

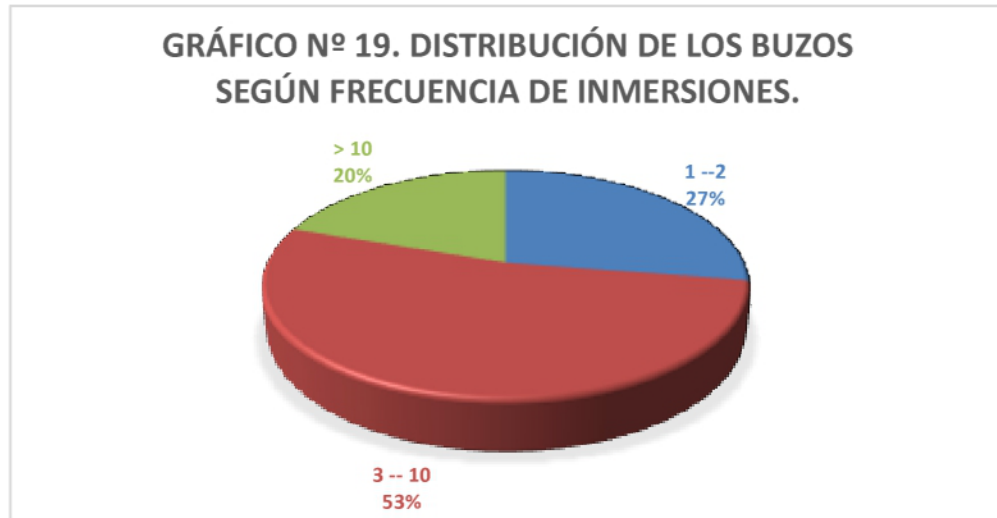
**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de los PEATC en buzos según profundidad del buceo. Amplitud de onda I es de 0.30 µV para < 18 m, es de 0.25 µV para 19 – 30 m y de 0.19 µV para 31 – 50 m. Amplitud de onda V es de 0.43 µV para < 18 m, es de 0.39 µV para 19 – 30 m y de 0.28 µV para 31 – 50 m. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) fue de 1.43 para < 18 m, de 1.56 para 19 – 30 m y de 1.47 para 31 – 50 m.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las amplitudes de las ondas según profundidad de la inmersión, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.

**GRÁFICO N° 19. DISTRIBUCIÓN DE LOS BUZOS SEGÚN FRECUENCIA DE INMERSIONES.**

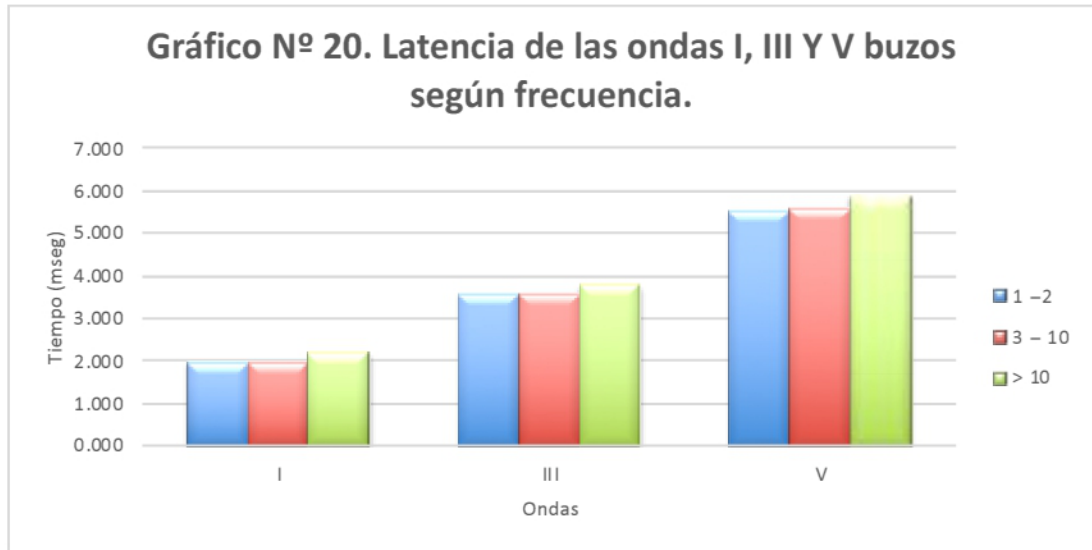


**Tabla N° 19. Distribución de los buzos según frecuencia de buceo**

Frecuencia	Buzos
<b>anual</b>	
<b>1 -- 2</b>	<b>25</b>
<b>3 -- 10</b>	<b>48</b>
<b>&gt; 10</b>	<b>18</b>
<b>Total</b>	<b>91</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan la distribución de 91 buzos según frecuencia de inmersiones al año. 25 de 1 – 2 inmersiones, 28 de 3 – 10 inmersiones y 18 > 10 inmersiones.



**Tabla N° 20. Latencia de las ondas I, III y V buzos según frecuencia de buceo**

Frecuencia	Latencia de las Ondas (ms)		
	I	III	V
<b>anual</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
1 --2	1.989±0.12	3.586±0.13	5.132±0.12
3 -- 10	2.139±0.10	3.742±0.11	5.654±0.10
> 10	2.14±0.11	3.747±0.11	5.66±0.11

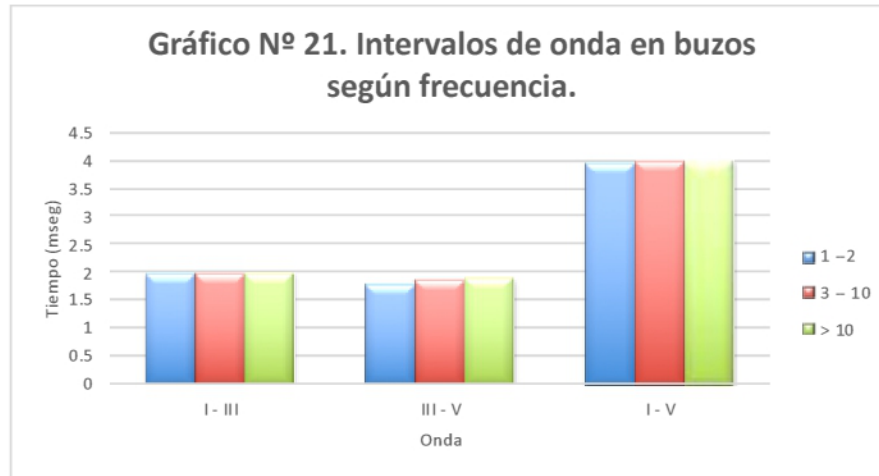
**P > 0.05**

**Fuente: Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la latencia de las ondas I, III y V de los buzos según la frecuencia del buceo. La latencia de la onda I es de 1.986 ms para 1 - 2 inmersiones al año, de 1.984 ms para 3 – 10 inmersiones al año y de 2.182 ms para > 10 inmersiones al año. Latencia de la onda III es de 3.581 ms para 1- 2 inmersiones al año, de 3.589 ms para 3 – 10 inmersiones al año y de 3.788 ms para > 10 inmersiones al año. Latencia de la onda V es de 5.513 ms para 1 -2 inmersiones al año, de 5.584 ms para 3 – 10 inmersiones al año y de 5.879 ms para >10 inmersiones al año.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las latencias de las ondas según frecuencia del buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 21. Intervalos de onda en buzos según frecuencia de buceo**

Frecuencia	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
<b>anual</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
1 -- 2	1.981±0.11	1.889±0.12	3.899±0.11
3 -- 10	1.989±0.13	1.89±0.11	4.132±0.12
> 10	1.984±0.11	1.894±0.09	3.999±0.13

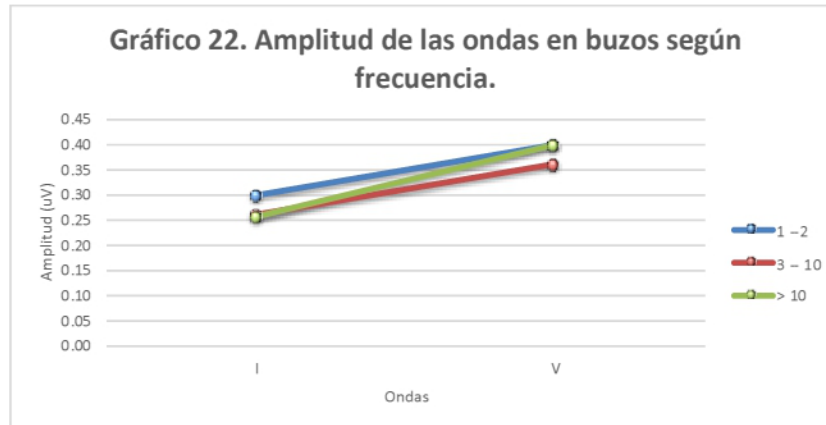
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa los intervalos I – III, III – V y I - V de los buzos según la frecuencia de inmersiones al año. Intervalo I - III es de 1.981 ms para 1- 2 inmersiones al año, de 1.980 ms para 3 -10 inmersiones al año y de 1.982 ms para > 10 inmersiones al año. Intervalo III - V es de 1.790 ms para 1 – 2 inmersiones al año, de 1.870 ms para 3 -10 inmersiones al año y de 1.890 ms para > 10 inmersiones al año. Intervalo I - V es de 3.961 ms para 1 - 2 inmersiones al año, de 3.992 ms para 3 - 10 inmersiones al año y de 3.999 ms para > 10 inmersiones al año.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según frecuencia de buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 22. Amplitud de las ondas en buzos según frecuencia de buceo**

Frecuencia	Amplitud (µV)		
	I	V	V/I
<b>anual</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
<b>1 --2</b>	<b>0.3±0.009</b>	<b>0.43±0.009</b>	<b>1.43±0.01</b>
<b>3 -- 10</b>	<b>0.25±0.012</b>	<b>0.39±0.009</b>	<b>1.56±0.011</b>
<b>&gt; 10</b>	<b>0.19±0.011</b>	<b>0.28±0.009</b>	<b>1.47±0.012</b>

**P > 0.05**

**Fuente: Datos obtenidos de la investigación**

Se observan los resultados de las amplitudes de las ondas de los PEATC en buzos según frecuencia de buceo. Amplitud de onda I es de 0.30 µV para 1 – 2 inmersiones al año, es de 0.26 µV para 3 -10 inmersiones al año y de 0.19 µV para > 10 inmersiones al año. Amplitud de onda V es de 0.40 µV para 1 – 2 inmersiones al año, es de 0.36 µV para 3 - 10 inmersiones al año y de 0.40 µV para > 10 inmersiones al año. y la relación entre ambas amplitudes de ondas (V/I) fue de 1.33 para 1 – 2 inmersiones al año, de 1.38 para 3 -10 inmersiones al año y de 1.53 µV para > 10 inmersiones al año.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las amplitudes de las ondas según frecuencia de buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.

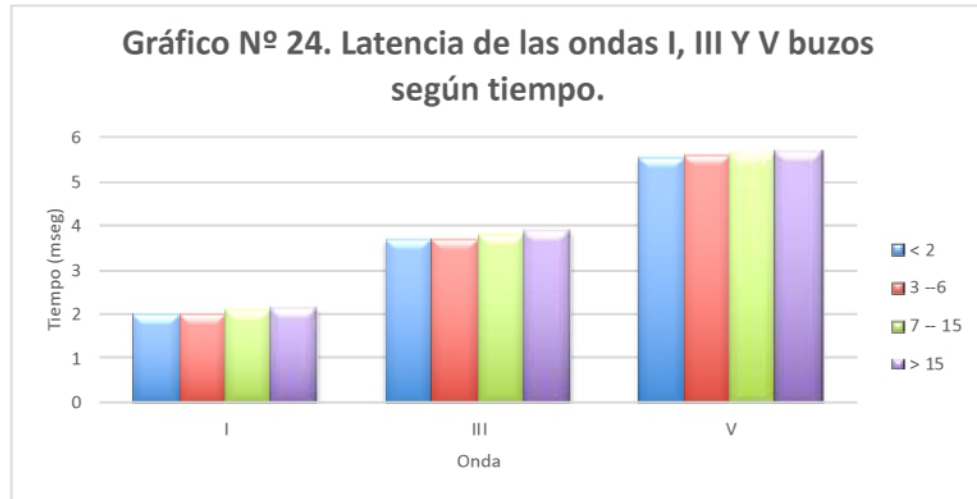


**Tabla N° 23. Distribución de los buzos según tiempo de práctica del buceo**

<b>Tiempo (años)</b>	<b>Buzos</b>
< 2	28
3 --6	27
7 -- 15	22
> 15	14
<b>Total</b>	<b>91</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan la distribución de 91 buzos según tiempo de practicar el buceo (años). 28 de < 2 años, 27 de 3 – 6 años, 22 de 7 – 15 años y 14 de > 15 años.



**Tabla N° 24. Latencia de las ondas I, III y V buzos tiempo de práctica del buceo**

Tiempo años	Ondas		
	I	III	V
	Media	Media	Media
< 2	1.988±0.11	3.698±0.11	5.526±0.09
3 --6	1.994±0.01	3.722±0.12	5.584±0.10
7 -- 15	2.101±0.09	3.788±0.11	5.668±0.11
> 15	2.141±0.11	3.879±0.11	5.699±0.12

**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la latencia de las ondas I, III y V de los buzos según el tiempo de practicar el buceo. La latencia de la onda I es de 1.988 ms para < 2 años, de 1.994 ms para 3 – 6 años, de 2.101 ms para 7 –15 años y de 2.141 ms para > 15 años. Latencia de la onda III es de 3.698 ms para < 2 años, de 3.722 ms para 3 - 6 años, de 3.788 ms para 7 – 15 años y de 3.879 ms para > 15 años. Latencia de la onda V es de 5.526 ms para < 2 años, de 5.584 ms para 3 –6 años, de 5.668 ms para 7 – 15 años y de 5.699 ms para >15 años.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las latencias de las ondas según tiempo de práctica del buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 25. Intervalos de onda en buzos según Tiempo de practicar el buceo**

Tiempo años	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
< 2	1.901±0.11	1.885±0.11	3.961±0.11
3 --6	1.981±0.12	1.78±0.09	3.992±0.09
7 -- 15	1.984±0.11	1.93±0.10	3.998±0.10
> 15	1.988±0.10	1.83±0.10	3.975±0.09

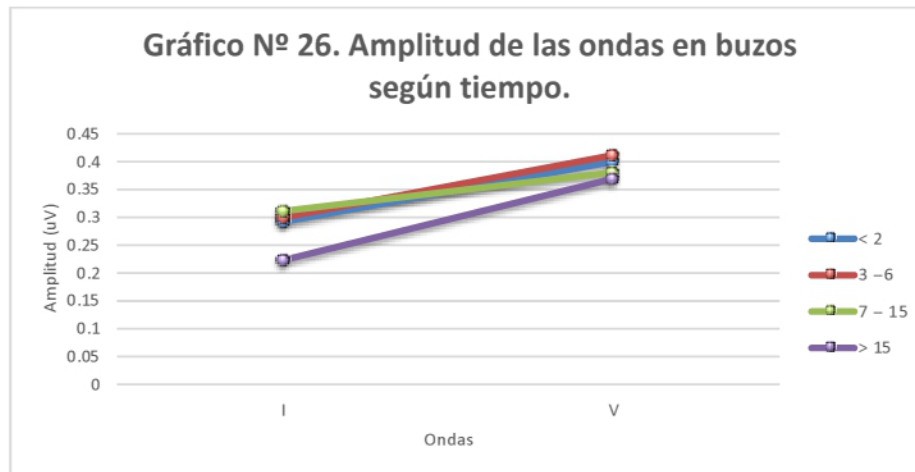
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa los intervalos I – III, III – V y I - V de los buzos según el tiempo de practicar el buceo. Intervalo I - III es de 1.901 ms para < 2 años, de 1.981 ms para 3 – 6 años, de 1.984 ms para 7 – 15 años y de 1.988 ms para > 15 años. Intervalo III - V es de 1.89 ms para < 2 años, de 1.78 ms para 3 - 6 años, de 1.93 ms para 7 – 15 años y de 1.83 ms para > 15 años. Intervalo I - V es de 3.961 ms para < 2 años, de 3.992 ms para 3 – 6 años, de 3.998 ms para 7 – 15 años y de 3.975 ms para >15 años.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según tiempo de práctica del buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 26. Amplitud de las ondas en buzos según tiempo de practicar el buceo**

Tiempo años	Amplitud (μV)		
	I	V	V/I
	Media	Media	Media
< 2	0.29±0.012	0.4±0.009	1.37±0.011
3 --6	0.3±0.009	0.41±0.01	1.36±0.009
7 -- 15	0.31±0.012	0.38±0.011	1.72±0.012
> 15	0.22±0.011	0.372±0.011	1.68±0.011

**P < 0.05**

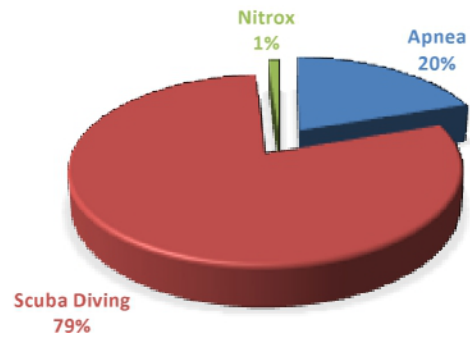
**> de 15 años de práctica del buceo**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa las amplitudes de las ondas I , V y la relación V/I de los buzos según el tiempo de practicar el buceo. Amplitud onda I es de 0.29 uV para < 2 años, de 0.3 μV para 3 – 6 años, de 0.31 μV para 7 – 15 años y de 0.22 μV para > 15 años. Amplitud onda V es de 0.4 μV para < 2 años, de 0.41 μV para 3 - 6 años, de 0.38 μV para 7 – 15 años y de 0.37 μV para > 15 años. La relación V/I es de 1.37 para < 2 años, de 1.36 para 3 – 6 años, de 1.72 para 7 – 15 años y de 1.68 para >15 años.

Resultado estadísticamente significativo con una P < 0.05. Resultado compatible con la literatura de Zulkafly, A.R. 1996.

**GRÁFICO N° 27. DISTRIBUCIÓN DE LOS BUZOS SEGÚN TIPO DE BUCEO.**

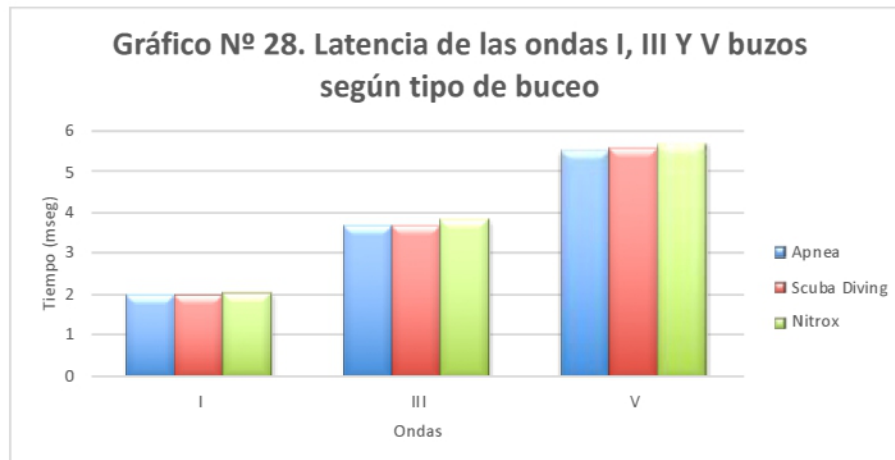


**Tabla N° 27. Distribución de los buzos según tipo de buceo**

<b>Tipo</b>	<b>Buzos</b>
<b>Apnea</b>	<b>18</b>
<b>Scuba Diving</b>	<b>72</b>
<b>Nitrox</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>91</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan la distribución de 91 buzos según tipo de buceo que practica. 18 sujetos en apnea, 72 sujetos en Scuba Diving, 1 en nitrox.



**Tabla N° 28. Latencia de las ondas I, III y V buzos según tipo de buceo**

Tipo	Ondas		
	I	III	V
	Media	Media	Media
<b>Apnea</b>	<b>1.986±0.11</b>	<b>3.698±0.11</b>	<b>5.526±0.11</b>
<b>Scuba Diving</b>	<b>1.984±0.10</b>	<b>3.701±0.12</b>	<b>5.584±0.10</b>
<b>Nitrox</b>	<b>2.012±0.09</b>	<b>3.821±0.11</b>	<b>5.701±0.11</b>

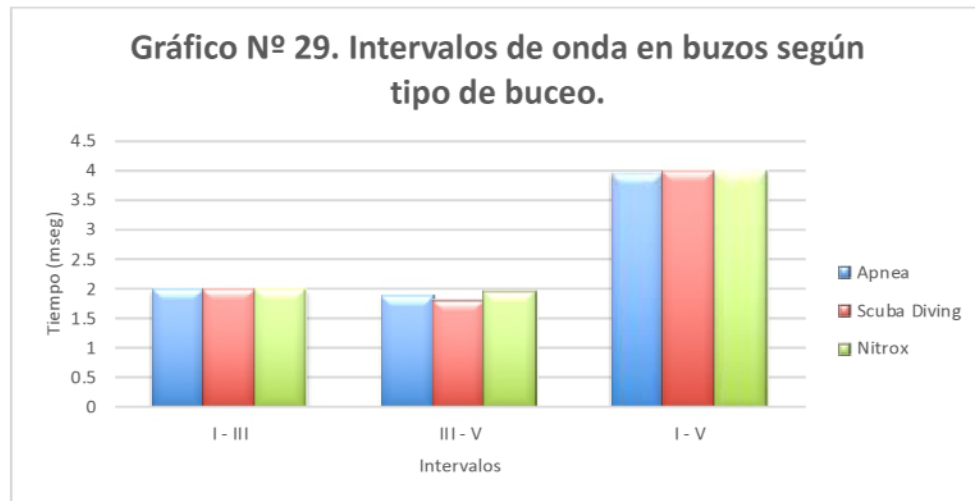
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la latencia de las ondas I, III y V de los buzos según el tipo de buceo que practica. La latencia de la onda I es de 1.986 ms para apnea, de 1.984 ms para scuba diving, de 2.012 ms para nitrox. Latencia de la onda III es de 3.698 ms para apnea, de 3.701 ms para scuba diving, de 3.821 ms para nitrox. Latencia de la onda V es de 5.526 ms para apnea, de 5.584 ms para scuba diving, de 5.701 ms para nitrox.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las latencias de las ondas según tipo de buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.



**Tabla N° 29. Intervalos de onda en buzos según tipo de buceo**

Tipo	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
	Media	Media	Media
<b>Apnea</b>	<b>1.981±0.10</b>	<b>1.885±0.11</b>	<b>3.961±0.11</b>
<b>Scuba Diving</b>	<b>1.98±0.11</b>	<b>1.78±0.09</b>	<b>3.992±0.09</b>
<b>Nitrox</b>	<b>1.982±0.09</b>	<b>1.93±0.10</b>	<b>3.998±0.10</b>

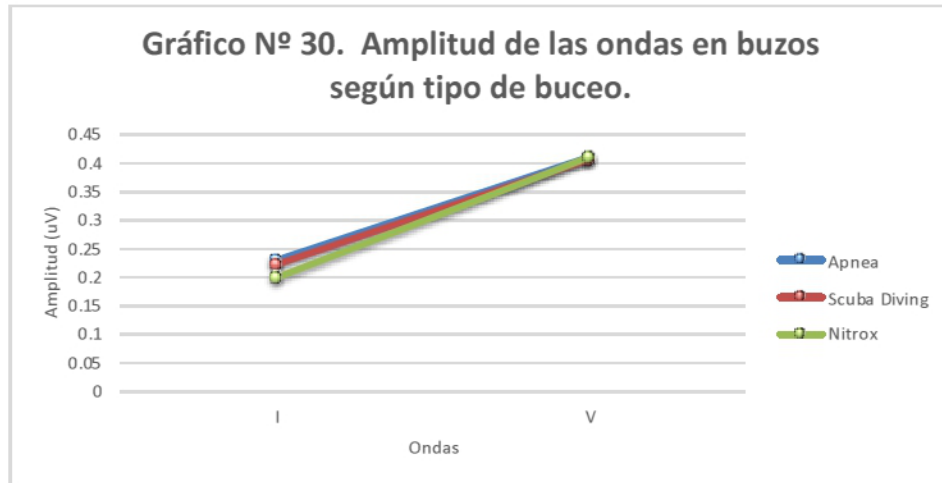
**P > 0.05**

**Fuente: Datos obtenidos de la investigación**

Se observa los intervalos I – III, III – V y I - V de los buzos según el tipo de buceo que practica. Intervalo I - III es de 1.981 ms para apnea, de 1.98 ms para scuba diving, y de 1.982 ms para nitrox. Intervalo III - V es de 1.89 ms para apnea, de 1.78 ms para scuba diving y de 1.93 ms para nitrox. Intervalo I - V es de 3.961 ms para apnea, de 3.992 ms para scuba diving y de 3.998 ms para nitrox.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según tipo buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

**Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.**



**Tabla N° 30. Amplitud de las ondas en buzos según tipo de buceo**

Tipo	Amplitud (µV)		
	I	V	V/I
	Media	Media	Media
Apnea	0.23±0.011	0.41±0.009	1.78±0.012
Scuba Diving	0.22±0.01	0.405±0.011	1.84±0.012
Nitrox	0.2±0.012	0.4±0.009	2.05±0.011

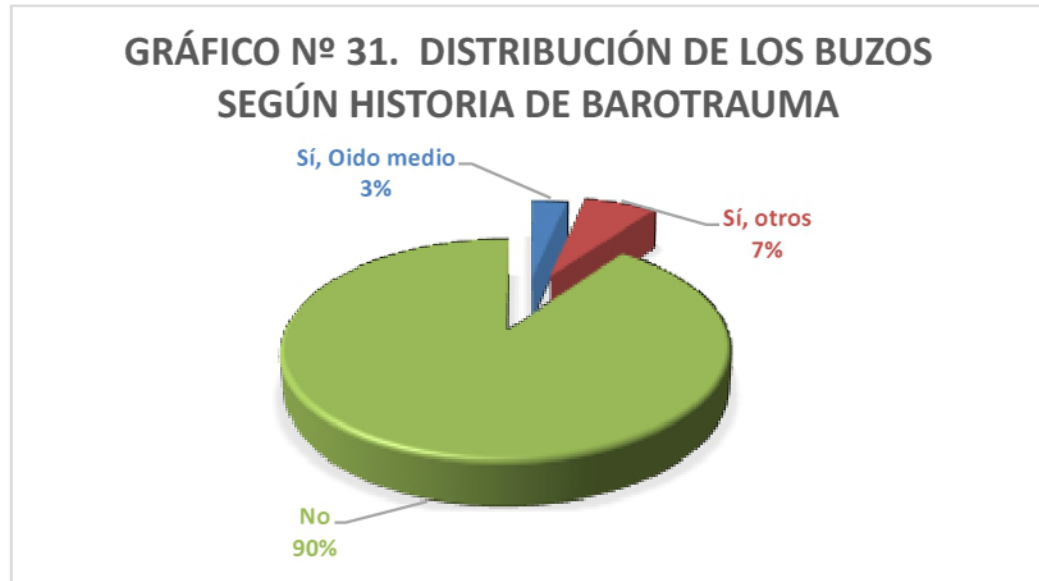
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa las amplitudes de las ondas I , V y la relación V/I de los buzos según el tipo de buceo que practica. Amplitud onda I es de 0.23 µV para apnea, de 0.22 µV para scuba diving, y de 0.2 µV para nitrox. Amplitud onda V es de 0.41 µV para apnea, de 0.405 µV para scuba diving y de 0.4 µV para nitrox. La relación V/I es de 1.78 para apnea, de 1.84 para scuba diving y de 2.05 para nitrox.

En la tabla no se observa diferencia significativa en las amplitudes de las ondas según tipo buceo, con un valor de  $p > 0,05$ .

Resultados esperados y comparados con la literatura Borrejos, C. J. 1985.

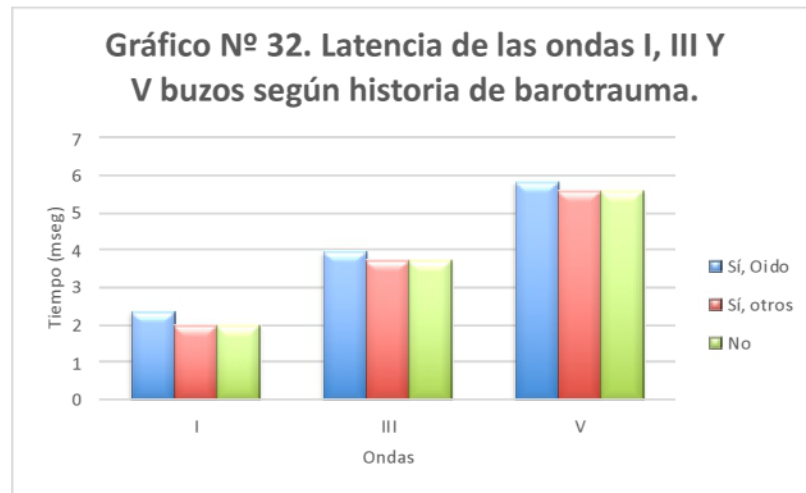


**Tabla N° 31. Distribución de los buzos según historia de barotrauma**

Barotrauma	Buzos
Sí, Oído	3
Sí, otros	6
No	82
<b>Total</b>	<b>91</b>

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observan la distribución de 91 buzos según historia de barotrauma. 3 sujetos con historia barotrauma en oído, 6 sujetos con historia de otros barotraumas y 82 sujetos sin historia de barotrauma.



**Tabla N° 32. Latencia de las ondas I, III Y V buzos según historia de barotrauma**

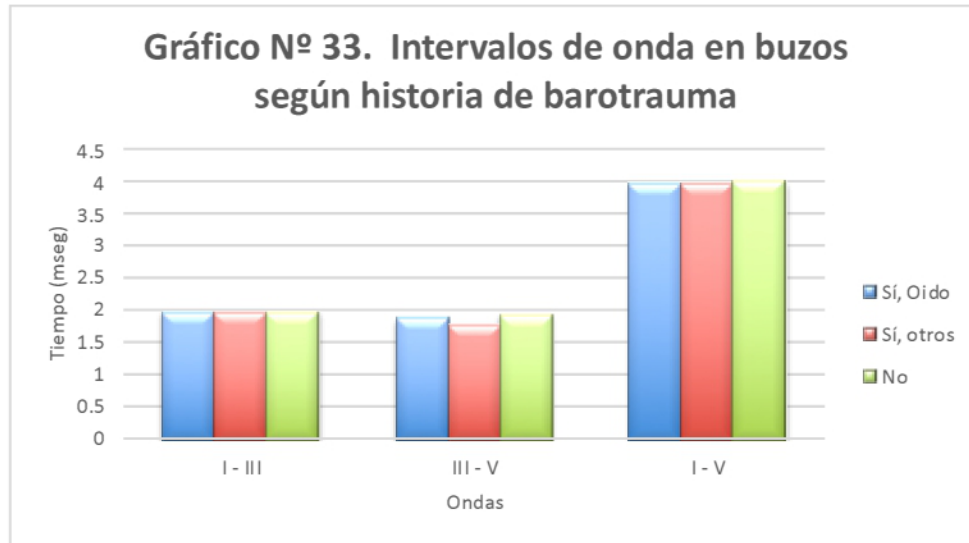
Barotrauma	Latencia de las Ondas (ms)			
	I	III	P	V
	Media	Media		Media
<b>Sí, Oído</b>	<b>2.365±0.11</b>	<b>3.981±0.11</b>	<b>0,033</b>	<b>5.843±0.09</b>
<b>Sí, otros</b>	<b>1.984±0.10</b>	<b>3.701±0.12</b>	<b>0,042</b>	<b>5.584±0.10</b>
<b>No</b>	<b>1.985±0.09</b>	<b>3.718±0.11</b>		<b>5.608±0.11</b>

**P ≤0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la latencia de las ondas I, III y V de los buzos según historia de barotrauma. La latencia de la onda I es de 2.365 ms para barotrauma oído, de 1.984 ms para otros barotraumas y de 1.985 ms para no historia de barotrauma. Latencia de la onda III es de 3.981 ms para barotrauma oído, de 3.701 ms para otros barotraumas y de 3.718 ms para no historia de barotrauma. Latencia de la onda V es de 5.843 ms para barotrauma oído, de 5.584 ms para otros barotraumas y de 5.608 ms para no historia de barotrauma.

En el grupo de buzos con historia de barotrauma las latencias de las ondas I, III y V fueron de 2.365 ms, 3.981 ms y 5.843 ms; y el grupo sin historia de barotrauma fue de 1.985 ms, 3.718 ms y 5.608 ms respectivamente, lo cual resultó estadísticamente significativo con una  $P < 0.05$ . Se correlaciona con la literatura de García Llano, M. 2004.



**Tabla N° 33. Intervalos de onda en buzos según historia de barotrauma**

Barotrauma	Intervalos (ms)		
	I - III	III - V	I - V
	Media	Media	Media
<b>Sí, Oído</b>	<b>1.981±0.10</b>	<b>1.885±0.11</b>	<b>3.961±0.11</b>
<b>Sí, otros</b>	<b>1.98±0.11</b>	<b>1.78±0.09</b>	<b>3.992±0.09</b>
<b>No</b>	<b>1.982±0.09</b>	<b>1.93±0.10</b>	<b>3.998±0.10</b>

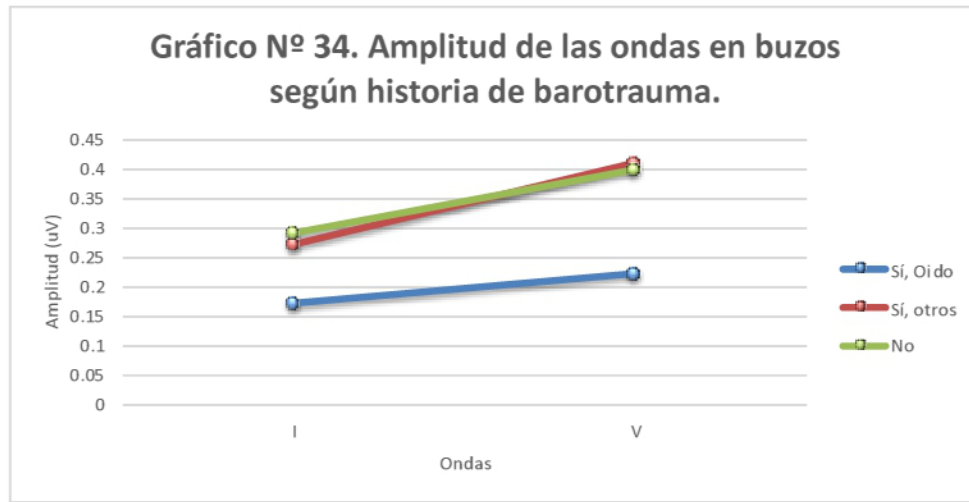
**P > 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa los intervalos I – III, III – V y I - V de los buzos según historia de barotrauma.

Intervalo I - III es de 1.981 ms para barotrauma oído, de 1.98 ms para otros barotraumas y de 1.982 ms para no historia de barotrauma. Intervalo III – V es de 1.89 ms para barotrauma oído, de 1.78 ms para otros barotraumas y de 1.93 ms para no historia de barotrauma. Intervalo I - V es de 3.961 ms para barotrauma oído, de 3.992 ms para otros barotraumas y de 3.998 ms para no historia de barotrauma.

En la tabla no se observa diferencia significativa en los intervalos de las ondas según historia de barotrauma, con un valor de  $p > 0,05$ . Se correlaciona con la literatura de García Llano, M. 2004. Quien describe que la frecuencia de la pérdida neurosensorial en los buzos esta relacionada con la historia de barotrauma.



**Tabla N° 34. Amplitud de las ondas en buzos según historia de barotrauma**

Barotrauma	Amplitud			
	I	V	P	V/I
	Media	Media		Media
<b>Sí, Oído</b>	<b>0.17±0.011</b>	<b>0.22±0.009</b>	<b>0,003</b>	<b>1.29±0.012</b>
<b>Sí, otros</b>	<b>0.27±0.01</b>	<b>0.41±0.011</b>	<b>0,032</b>	<b>1.51±0.012</b>
<b>No</b>	<b>0.29±0.012</b>	<b>0.4±0.009</b>		<b>1.38±0.011</b>

**P ≤ 0.05**

**Fuente : Datos obtenidos de la investigación**

Se observa la amplitud de las ondas I, V y la relación V/I de los buzos según historia de barotrauma. La amplitud de la onda I es de 0.17 µV para barotrauma oído, de 0.27 µV para otros barotraumas y de 0.29 µV para no historia de barotrauma. Amplitud onda V es de 0.22 µV para barotrauma oído, de 0.41 µV para otros barotraumas y de 0.4 µV para no historia de barotrauma. La relación V/I es de 1.29 para barotrauma oído, de 1.51 para otros barotraumas y de 1.38 para no historia de barotrauma.

Respectivamente lo cual resultado estadísticamente significativo con un a  $P < 0.05$ . Se correlaciona con la literatura de García Llano, M. 2004.

Quien describe que la frecuencia de la pérdida neurisensorial en los buzos esta relacionada con la historia de barotrampa.

## DISCUSIÓN FINAL

Resultados finales de 191 sujetos, 100 controles y 91 casos con edades entre 18 a 60 años. 382 mediciones (oído derecho e izquierdo). Latencia en (ms) de las ondas I, III y V en el rango de 18 a 25 años fue de 1.569, 3.585 y 5.391; de 26 a 35 años 1.607, 3.705 y 5.52; de 36 a 45 años 1.623, 3.625 y 5.502 y de 46 a 60 años 1.627, 3.698 y 5.621 (Tabla N° 2); los intervalos en (ms) I - III y I - V en el rango en el rango de 18 a 25 años fue de 1.979 y 3.958; de 26 a 35 años 1.981 y 3.959; de 36 a 45 años 1.982 y 3.982 y de 46 a 60 años 1.985 y 3.999 (Tabla N° 3); las amplitudes de la onda I y V en el rango de 18 a 25 años fue de 0.3000 y 0.430, de 26 a 35 años de 0.270 y 0.410, de 36 a 45 años de 0.260 y 0.395 y de 46 a 60 años de 0.268 y 0.410 (Tabla N° 4) resultados compatibles con la literatura Borrejos, C.J. 1985 y Aguilar-Fabré, L. 2015. Tanto de las ondas, intervalos y amplitudes.

Latencia en (mseg) de las ondas I, III y V para el sexo femenino fue de 1.506, 3.537 y 5.497; masculino de 1.585, 3.789 y 5.598 (Tabla N° 9); los intervalos en (mseg) I - III y I - V para el sexo femenino fue de 1.982 y 3.982; y el masculino fue de 1.985 y 3.999 (Tabla N° 10); las amplitudes de la onda I y V en el sexo femenino fue de 0.29 y 0.41, masculino fue de 0.31 y 0.43 (Tabla N° 11) resultados compatibles con la literatura Borrejos, C.J. 1985 y Aguilar-Fabré, L. 2015. Tanto de las ondas, intervalos y amplitudes.

En el grupo de buzos con mas de 15 años de practicar el buceo las amplitudes de las ondas I y V fueron de 0.22 y 0.37 (Tabla N° 26) respectivamente lo cual resulto estadísticamente significativo con una  $P < 0.05$ .

En el grupo de buzos con historia de barotrauma las latencias de las ondas I, III y V fueron de 2.365, 3.981 y 5.843; y el grupo sin historia de barotrampa fue de 1.985, 3.718 y 5.608 (Tabla N° 32) respectivamente, lo cual resulto estadísticamente significativo con una  $P < 0.05$ . y las amplitudes de las ondas en el grupo con historia de barotrauman fueron de 0.17 y 0.22; y el grupo sin historia de barotrauma fue de 0.29 y 0.4 (Tabla N° 34) respectivamente lo cual resulto estadísticamente significativo con un a  $P < 0.05$ .

Los resultados del aumento de las latencias de las ondas I, III y V y la disminución de las amplitudes de onda I y V en los buzos con historia de barotrauma fueron estadísticamente significativos y estos se relaciona con la disminución en la activación de la vía auditiva ya que el daño por barotrauma esta relacionado con las células ciliares internas (receptor) o con la porción más periférica del nervio auditivo, lo cual conlleva a un retraso en la aparición de la onda I (aumento de la latencia de la onda I, que corresponde a la porción más periférica del nervio auditivo) y consecuentemente se ven aumentadas también las latencias de la onda III correspondiendo anatómicamente a el complejo Olivar y la onda V que corresponde anatómicamente a el Colículo Inferior. Sin embargo los intervalos no se ven afectados, este hallazgo corrobora que el daño de la vía auditiva esta se localiza entre el Órgano de Corti donde se encuentra el receptor de la audición y la porción más periférica del nervio auditivo. Igualmente encontramos una disminución en las amplitudes de la onda I y V en buzos con historia de barotrauma que pudiese indicar lesión de la vía auditiva. Sin embargo en estos

casos es importante correlacionarlo con la relación de las ondas V/I ya que si la relación se mantiene dentro de los valores normalmente esperados (entre 0.7 a 1.4) nos indica que las estructuras que se localizan en el tronco cerebral y que generan las ondas II, III, IV y V se encuentran sin lesión y la lesión estará localizada en la parte periférica de vía auditiva (receptor y nervio auditivo) ya que la lesión en esta porción determina la disminución de la amplitud de la onda I (correspondiendo a la porción periférica del nervio auditivo) y esta disminución en amplitud es consecuentemente arrastrada por todo el tronco cerebral disminuyendo así proporcionalmente las amplitudes del resto de las ondas de los PEATC teniendo en cuenta que las dos ondas de mayor relevancia clínica son la onda I y V

**CAPITULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

1. Los valores de latencia de las ondas de los PEATC según la edad para el grupo control se correlacionan con la literatura.
2. Los valores de latencia de los intervalos de PEATC según la edad para el grupo control se correlacionan con la literatura.
3. Los valores de amplitud de ondas de los PEATC según la edad para el grupo control se correlacionan con la literatura.
4. Los valores de latencia de las ondas de los PEATC según el sexo para el grupo control se correlacionan con la literatura.
5. Los valores de latencia de los intervalos de PEATC según el sexo para el grupo control se correlacionan con la literatura.
6. Los valores de amplitud de ondas de los PEATC según el sexo para el grupo control se correlacionan con la literatura.
7. La exposición a cambios de presión atmosférica en los buzos aumenta la latencia y disminuye la amplitud de las ondas en los PEATC.
8. El tiempo durante el cual el buzo lleva practicando esta disciplina se relaciona con el aumento de latencias de las ondas de los PEATC.
9. La historia de barotrauma durante la práctica del buceo se correlaciona con un aumento de la latencia de los PEATC y una disminución de la amplitud de las ondas de los PEATC.
10. El uso de la técnica de PEATC es útil para la determinación de la integridad de la vía auditiva.

## RECOMENDACIONES

Es importante que las personas que practican el buceo estén debidamente certificadas por instituciones internacionales que se encargan de educar en esta práctica para prevenir lesiones secundarias.

Difundir información no solamente hacia los buzos que ejercen esta disciplina como trabajo, sino también hacia sus superiores, con la intención de que el personal de buceo sea evaluado antes de cada inmersión y así poder evitar que descendan con condiciones que incrementen el riesgo de lesiones.

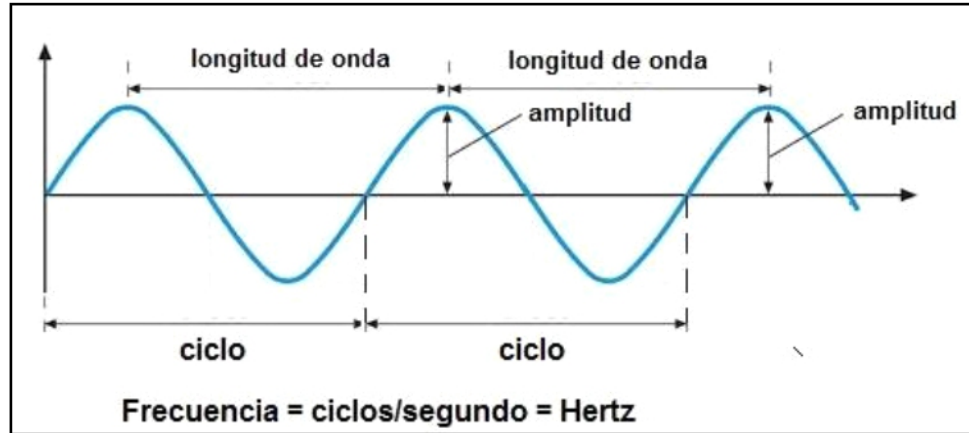
Que se realicen estudios con la técnica de PEATC en sujetos antes y durante el tiempo que practican el buceo, para detectar hipoacusias tempranamente.

Realizar un estudio con población que realice buceo libre para así poder compararlo con el grupo que realiza buceo con tanque.

## BIBLIOGRAFÍA

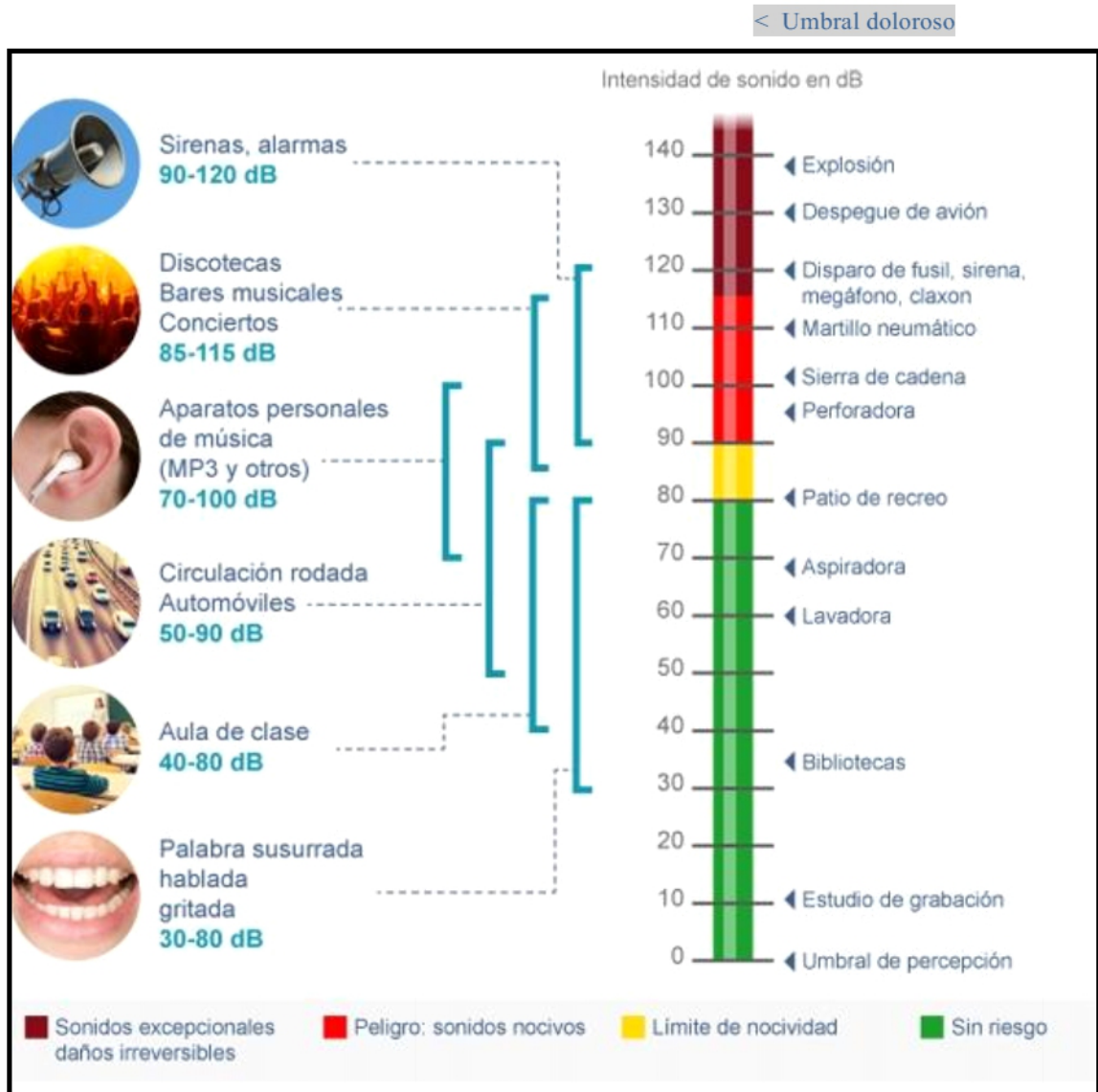
1. <https://www.padi.com/es/tarjetas-de-certificacion>
2. Borrego, C.J. et al (1985). Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral. Acta Médica Colombiana. 1985. Vol . 10 No. 1. enero Pag 1 - 14.
3. Baltanás, Miguel, et al (1996). Aprendiendo a bucear. Curso de buceo Club de Regatas Santa Fe. Santa Fe, Argentina: Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral. ISBN 950-9840-70-X. Consultado el 14 de agosto de 2010.
4. Bidhan, R., 2016. A study of brainstem auditory evoked responses in normal human subjects and normal variations as a function of stimulus and subject characteristics. nt J Res Med Sci. 2016 Sep;4(9):4042-4049.
5. Delgado H, J., 2003. Normalización de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral I: Resultados en una muestra de adultos normoyentes. Auditio: Revista Electrónica de Audiología. 2003; Vol. 2.
6. Aguilar-Fabré, L. Potenciales Evocados Auditivos del Tallo Cerebral en la Enfermedad de Parkinson. Revista Mexicana de Neurociencia. 2015. Vol 16 N 4.
7. García Llano, M. Barotraumatismo de oído y otros trastornos otológicos relacionados con el buceo. Revista virtual de medicina hiperbárica. 2004.
8. Bargués-Altamira, R. Enfermedades del oído medio en buceo y aviación. Barotraumas. Acta Otorrinolaringol. Esp. 2007; 58 Supl. 2:34-39.
9. Herranz González-Botas, J. Umbral auditivo en buzos profesionales no expuestos a ruido. Acta Otorrinolaringol Esp. 2008; 59(2):70-5.
10. Zulkaflay, A. R. Hearing loss in diving – a study amongst navy divers. Med J Malaysia. 1996. Vol 51. N 1.
11. Todnem, K. Neurological long term consequences of deep diving. British Journal of Industrial Medicine. 1991; 48: 258-266.
12. Papazian, O. Indicaciones médicas y quirúrgicas de los potenciales evocados. Actualizaciones en neurología infantil. 2007; 67: 647-660.
13. García- Valdescasas, J. Exploración Funcional Auditiva. Libro virtual de formación en ORL. 2007. Cap 7.
14. <http://www.neurowerk.de/en/home/>
15. Hernández-Zamora, E. La vía auditiva: niveles de integración de la información y principales neurotransmisores. Gaceta Médica de Mexic. 2014; 150: 450 – 460.
16. [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisicas\\_del\\_sonido.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisicas_del_sonido.pdf)
17. Allan D. Pierce, 1989. Acoustics: An Introduction to its Physical Principles and Applications (Acoustical Society of America)
18. Guyton y Hall. Tratado de Fisiología Médica. Decimo tercera edición . 2016.

**ANEXOS**

**Anexo 1**

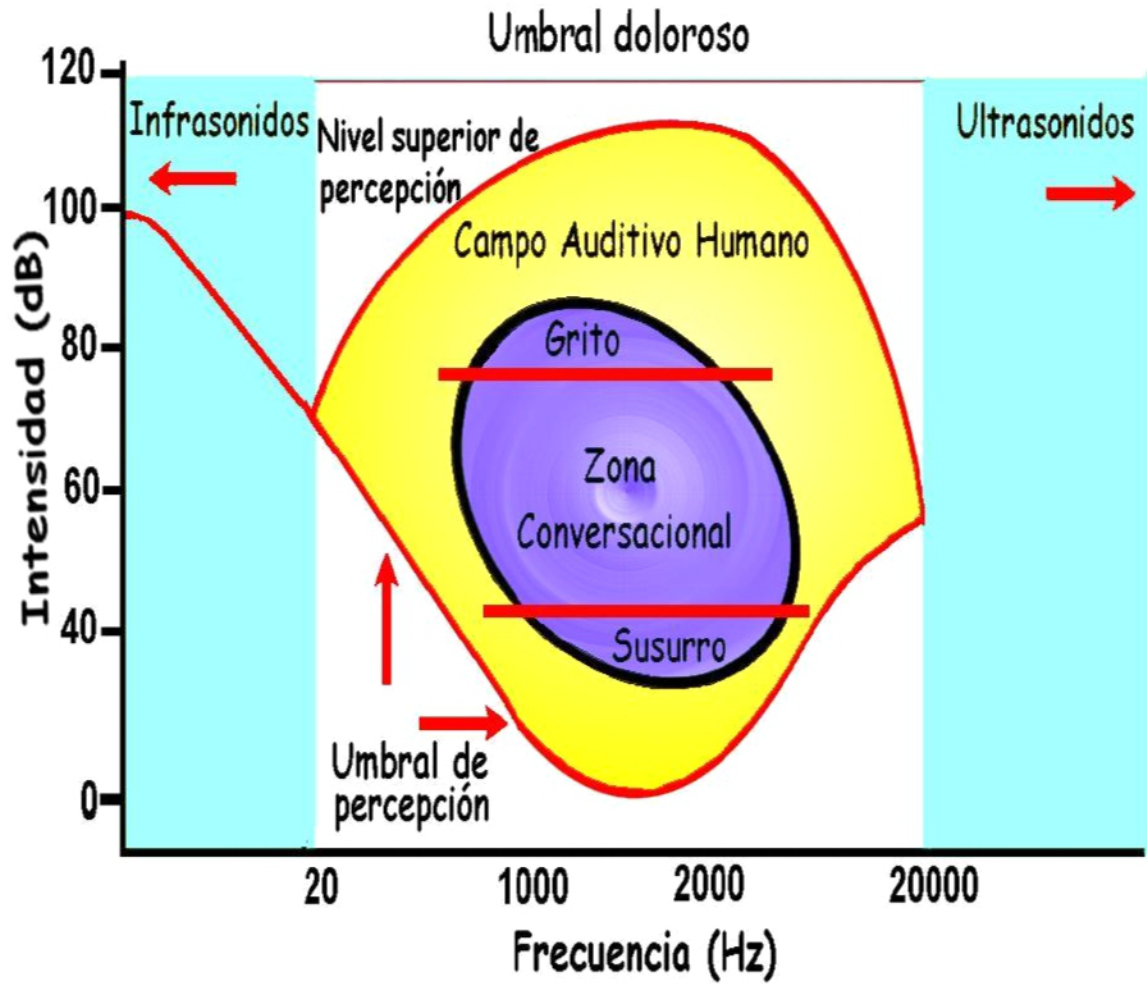
**Anexo N° 1. Frecuencia. Característica del sonido.**

Anexo 2



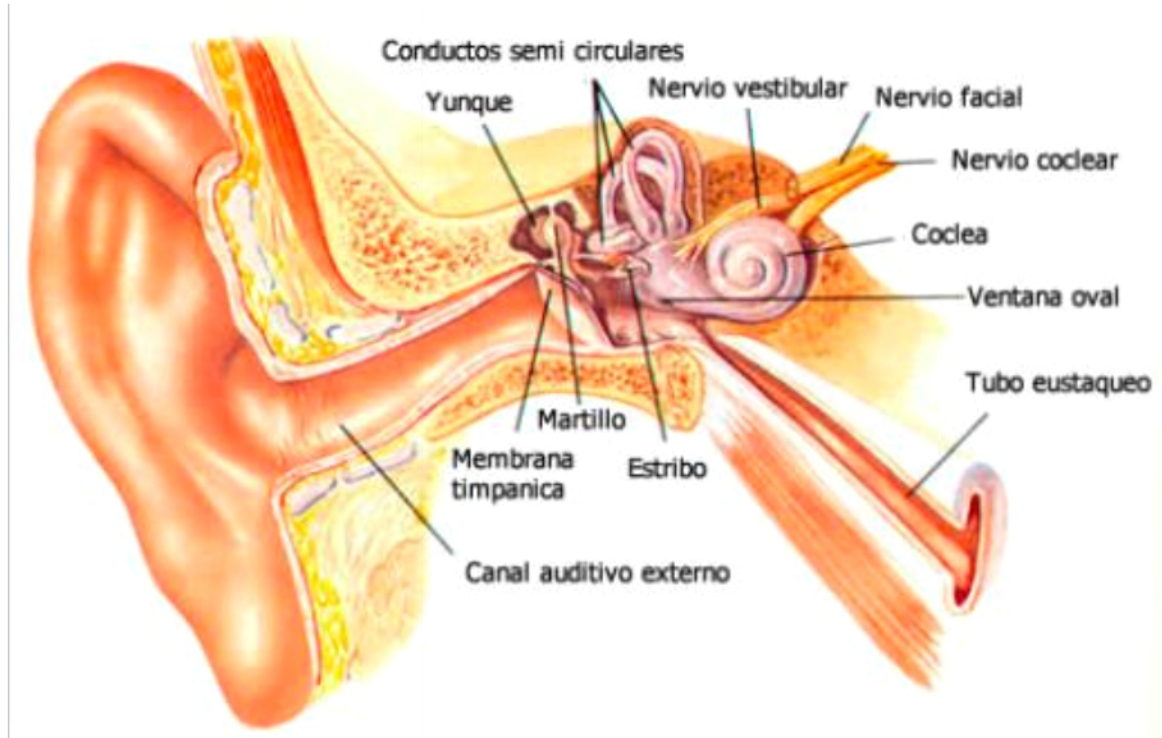
Anexo N° 2. Intensidad. Característica del sonido.

Anexo 3

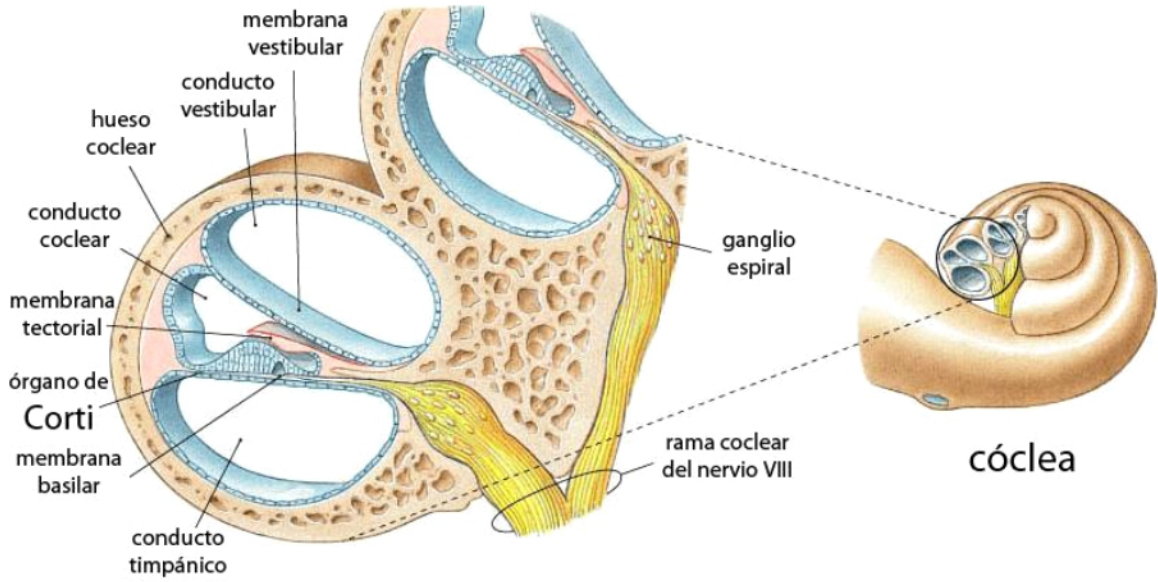


Anexo N° 3. Zona de audición para el ser humano.

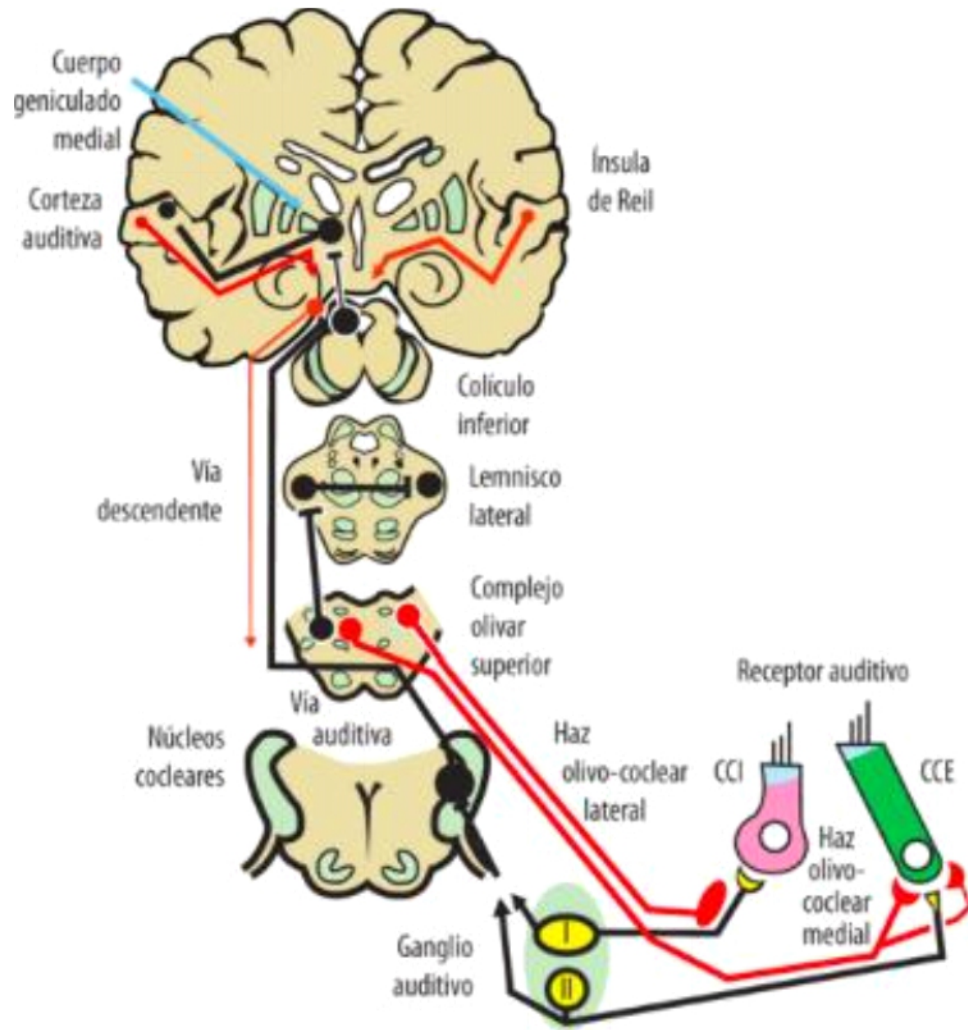
**Anexo 4**



**Anexo N° 4 Anatomía del oído**

**Anexo 5****Anexo N° 5. Anatomía del oído interno**

## Anexo 6




Fuente: Jesús A. Fernández-Tresguerres: *Fisiología humana*, 4e:  
[www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)  
 Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

**Anexo N° 6. Anatomía funcional de la vía auditiva**

Anexo 7


**Función auditiva**  
(pruebas con diapasón: 256Hz ó 512 Hz)

Prueba de Weber	Hallazgos
Normal	El paciente escucha igual del los dos lados.
Lateralizado a la izquierda	El paciente escucha más del lado izquierdo.
Lateralizado a la derecha	El paciente escucha más del lado derecho.



**Función auditiva**  
(pruebas con diapasón: 256Hz ó 512 Hz)

Prueba de Rinne	Hallazgos
Positivo	El paciente escucha cuando se pasa el diapasón de la apófisis mastoidea al frente de pabellón auricular.
Negativo	El paciente no escucha o escucha menos cuando se pasa el diapasón de la apófisis mastoidea al frente de pabellón auricular.



	WEBER	RINNE
<b>METODO</b>	La base del diapasón vibrante se coloca en el vértice del cráneo.	La base del diapasón vibrante se coloca en la apófisis mastoidea hasta que el sujeto no lo oye más, y luego se sostiene en el aire cerca del oído.
<b>NORMAL</b>	Se oye igual en ambos lados.	Se oye vibración en el aire después de que cesa la conducción ósea.
<b>Sordera de conducción (1 oído)</b>	Suena más fuerte en el oído enfermo porque el efecto enmascarador del ruido ambiental falta en el lado enfermo.	No se oyen las vibraciones en el aire después de que cesa la conducción ósea.
<b>Sordera Nerviosa (1 oído)</b>	Suena más fuerte en el oído normal.	Se oye la vibración en el aire después de que cesa la conducción ósea, ya que la sordera nerviosa es parcial.

**Anexo N° 7. Prueba de Weber Y Prueba de Rinne**

## Anexo 8

**OTOSCOPIA**



[www.clinicaotorrino.es](http://www.clinicaotorrino.es)

**NORMAL**



Leyenda  
1. Apófisis corta del martillo  
2. Mango del martillo  
3. Umbra  
4. Articulación incudostapedial  
5. Triángulo luminoso  
6. Área correspondiente al ático (no se observa directamente).

**BAROTRAUMA**



Barotrauma leve, con congestión del ático

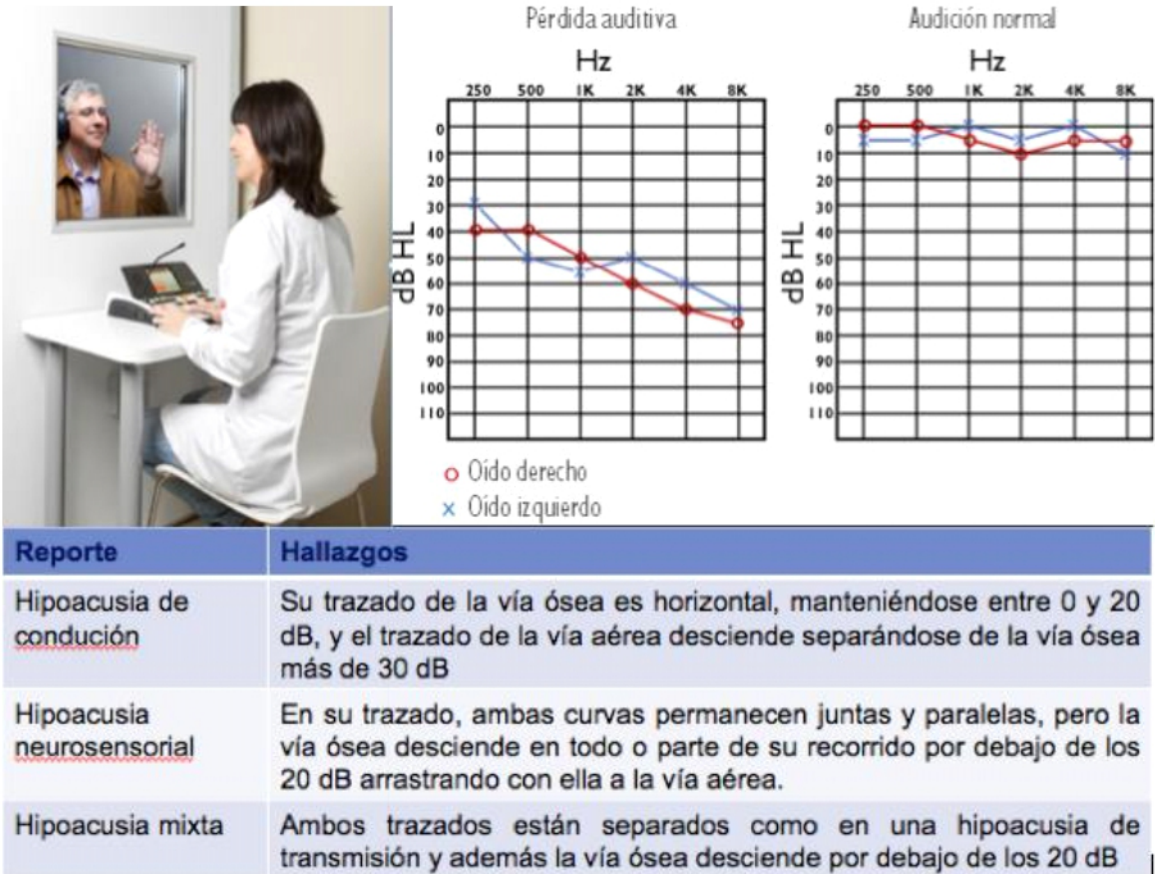
Barotrauma moderado, con congestión de la rama larza del martillo

Barotrauma severo, sangre en oído medio

Barotrauma grave, rotura del tímpano

### Anexo N° 8 Otoscopia y Barotraumas

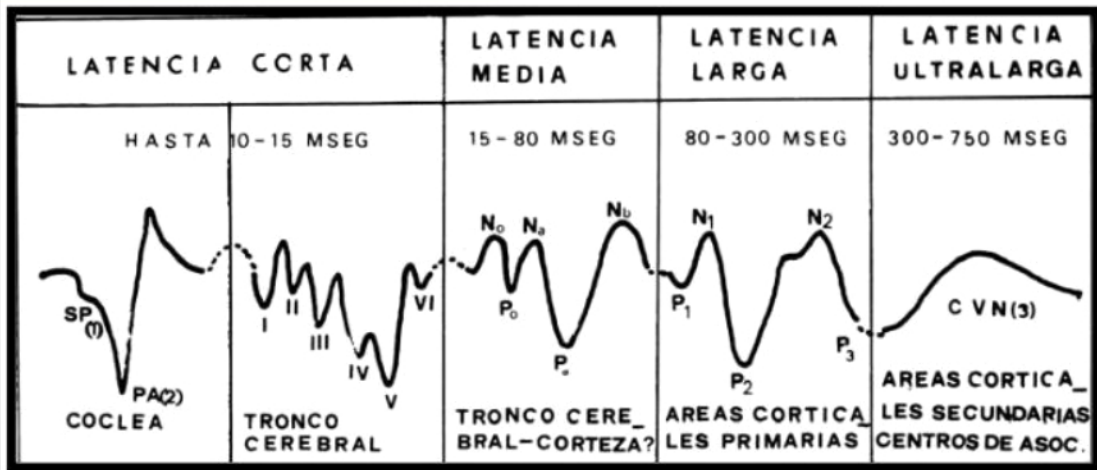
**Anexo 9**



**Anexo N° 9. Audiometría**

Anexo 10

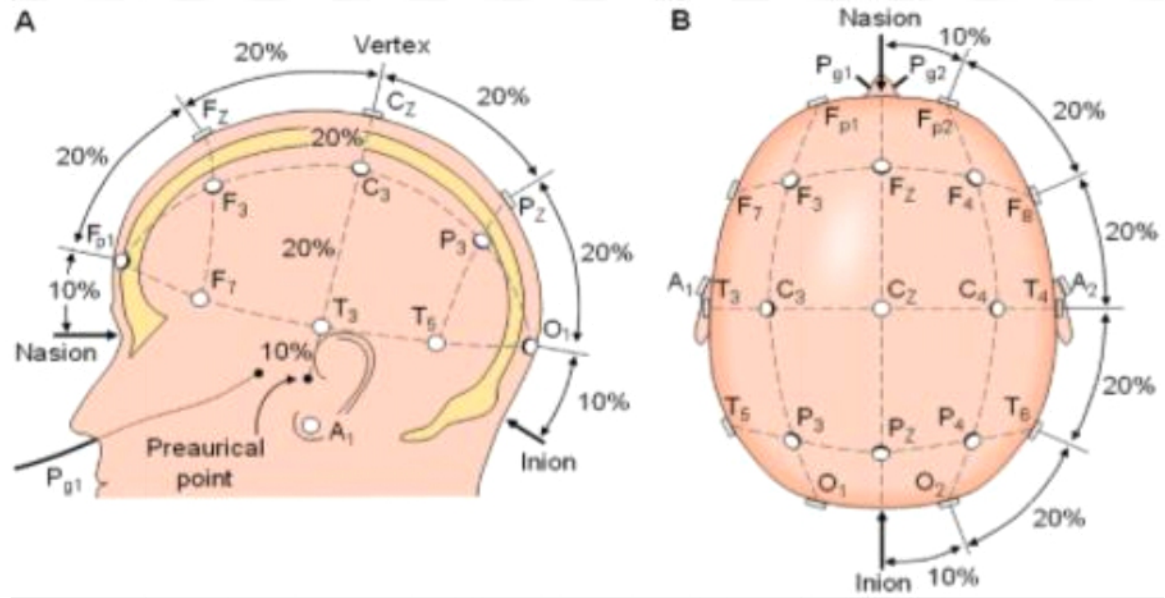
## Tiempo promedio de las latencias de las ondas y los intervalos de los potenciales evocados auditivo



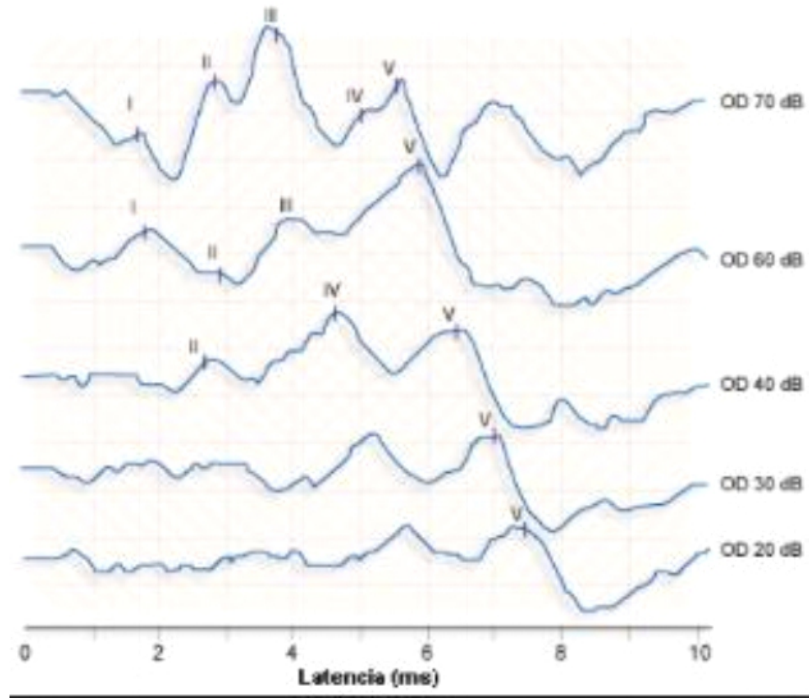
García-Valdescasas, J. *Exploración Funcional Auditiva*. Libro virtual de formación en ORL. 2007. Cap 7.

Anexo N° 10. Potenciales Evocados Auditivos (PEA)

## Anexo 11

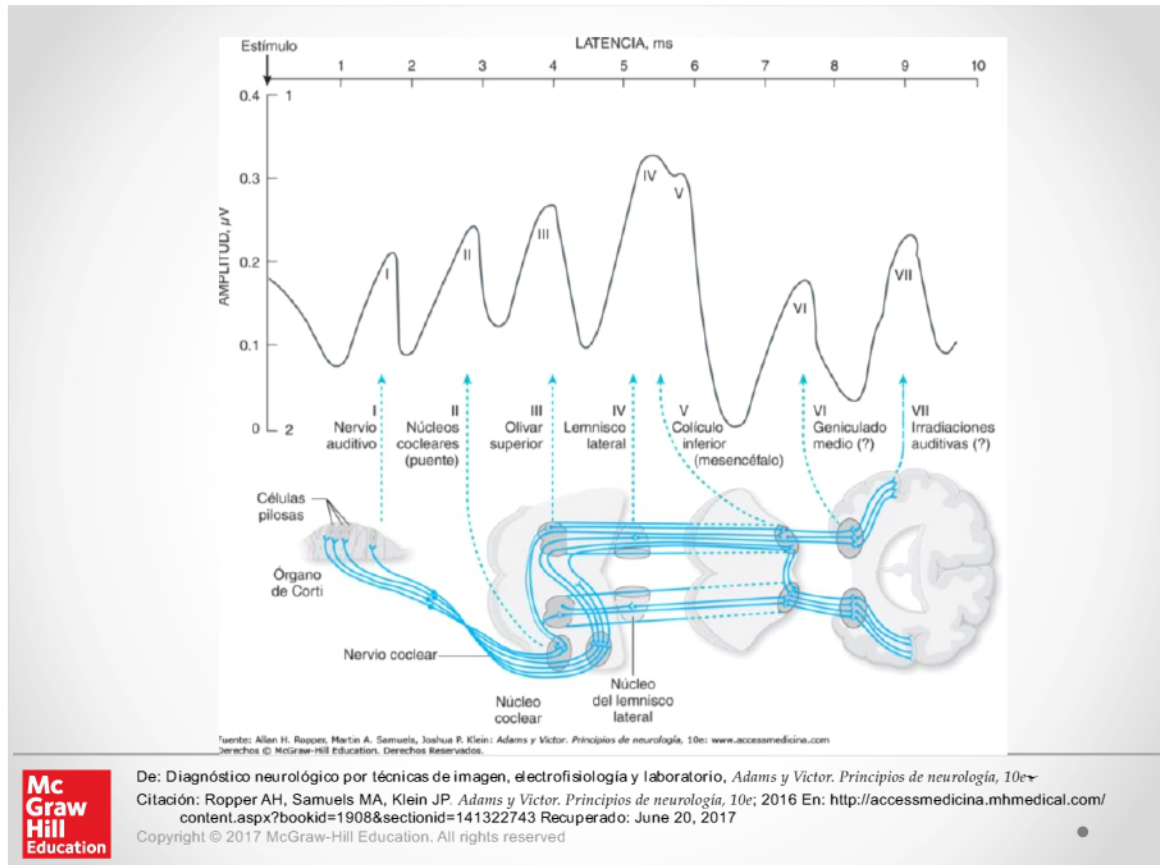


Anexo N° 11. Sist. internacional 10-20 para la colocación de electrodos extracraneales

**Anexo 12**

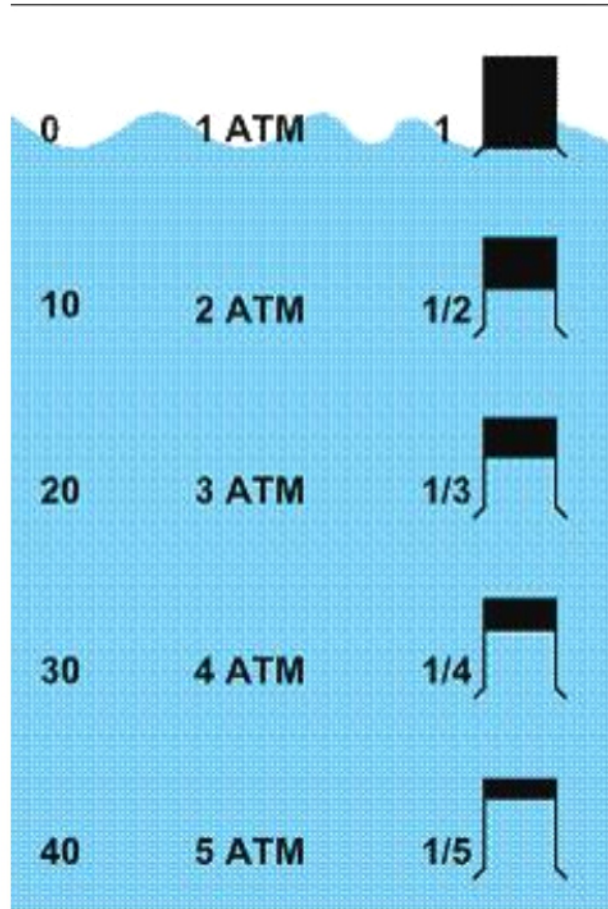
**Anexo N° 12. variación de latencia y amplitud de las ondas de los PEA con estímulos de diferente intensidad.**

### Anexo 13



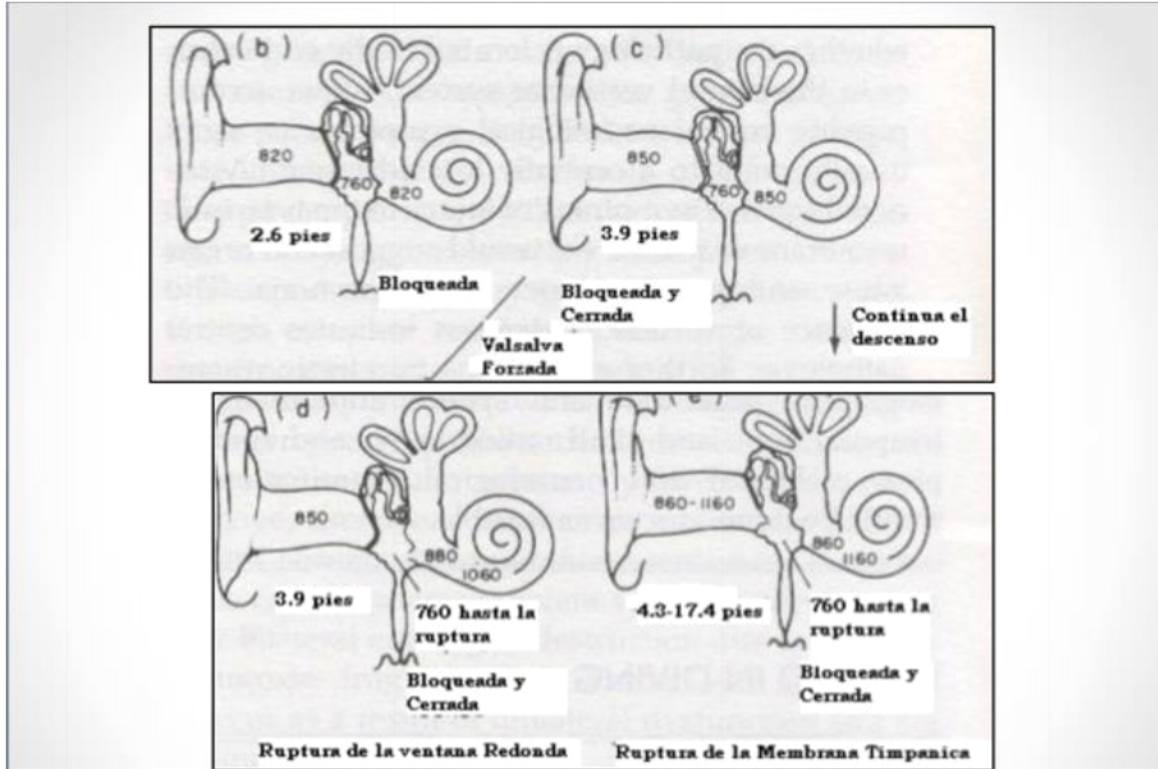
**Anexo N° 13. PEATC y su correlación anatómica.**

## Anexo 14



Anexo N° 14. Aumento de presión a medida que se profundiza.

Anexo 15



REVISTA VIRTUAL DE MEDICINA HIPERBARICA – <http://www.CCCMH.com/REVISTA-OHB/Revista-OHB.htm>  
Barotraumatismos de oído y otros trastornos otológicos relacionados con el buceo.  
Marité García Llano, Denia Guinart Gutierrez, Rafael Castellanos Gutierrez.

Anexo N° 15. Mecanismo de los baro trauma.

## Anexo 16



La práctica del buceo, expone al sujeto a cambios positivos de presión atmosférica, lo cual podría producir lesiones del oído (Barotrauma, evento muy frecuentemente descrito en sujetos que practican esta disciplina).

*Te invitamos a participar de la investigación y así conocer el estado de su audición. Se realizarán historia clínica, evaluación de función auditiva y potenciales evocados auditivos del tronco cerebral.*



## **EFFECTOS EN LA VÍA AUDITIVA EN SUJETOS EXPUESTOS A VARIACIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.**

**Objetivo del estudio:** Evaluar la integridad de la vía auditiva en sujetos expuestos a cambios de presión atmosférica a través de latencia de PEATC por medio de la prueba de Chi-Cuadrado de Pearson y Odd Ratio para verificar asociación.

**Investigadores:** Crossan, M.D. Lam de Calvo, O. MD, MSc.

Con el aval del comité de ética de la Universidad de Panamá

Para mayor información comunicarse con  
Dra. María Dolores Crossan  
Tel: 5234959 cel: 66184950

## Anexo 17

Panamá, 4 de abril de 2018

Estimado lector:

Soy la Dra. María Dolores Crossan, docente e investigadora de la Universidad de Panamá (U.P.). Me dirijo a ustedes muy respetuosamente para solicitar su colaboración en una investigación que estamos realizando. La misma lleva por título **"EFECTOS EN LA VÍA AUDITIVA EN SUJETOS EXPUESTOS A VARIACIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA"** y tiene como objetivo, evaluar la integridad de la vía auditiva en sujetos expuestos a cambios de presión atmosférica a través de latencia de PEATC (Potenciales Evocados Auditivos del tronco cerebral, lo cual se realiza colocando electrodos de superficie detrás de los oídos, se genera un ruido que se escucha a través de unos auriculares y se obtienen unas graficas de las ondas cerebrales) por medio de la pruebas estadísticas pertinentes.

Si usted, algún familia o amigo practican el Buceo, como deporte o trabajo, le agradezco me contacte para coordinar una cita para participar en la investigación. Su participación será totalmente anónima y confidencial.

Su participación nos ayudara a determinar si hay o no afección de la vía auditiva y poder implementar programas de educación a las personas que practican este deporte con la intención de disminuir los casos de barotrauma (lesión causada por cambios de presión). Los buzos y la población en general (que participe del estudio), conoceran su condición otológica completa.

Muchas gracias por su atención y por contribuir dentro de la investigación científica.

De usted atentamente,

---

Dra. María Dolores Crossan R.

Información de contacto:

Teléfono: 523-4959 Celular: 66184950

Correo: md.crossan@gmail.com

## Anexo 18

*Este formulario de consentimiento informado (CI), se dirige a sujetos. Que se les invita a participar en la investigación "EFECTOS EN LA VÍA AUDITIVA EN SUJETOS EXPUESTOS A VARIACIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.*

*Dra. María Dolores Crossan R.*

*Universidad de Panamá.*

*Departamento de Fisiología Humana.*

**Investigación EFECTOS EN LA VÍA AUDITIVA EN SUJETOS EXPUESTOS A VARIACIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.**

*Este Documento de Consentimiento Informado tiene dos partes:*

- *Información (proporciona información sobre el estudio)*
- *Formulario de Consentimiento (para firmar si esta de acuerdo en participar) Se le dará una copia del Documento completo de Consentimiento Informado*

*Yo soy María Dolores Crossan, trabajo para La Universidad de Panamá. Estamos investigando sobre los efectos en la vía auditiva en sujetos expuestos a cambios de presión atmosférica. Le voy a dar información e invitarle a participar de esta investigación. No tiene que decidir hoy si participar o no en esta investigación. Antes de decidirse, puede hablar sobre la investigación con alguien con quien se sienta cómodo. Puede que haya algunas palabras que no entienda. Por favor, me para según le informo para darme tiempo a explicarle. Si tiene preguntas mas tarde, puede preguntarme a mi o a miembros del equipo.*

*Esta investigación incluirá (una Historia clínica, examen físico, otoscopia, audiometría, prueba de diapasones y Potenciales Evocados Auditivos) se explicarán los exámenes los cuales se le realizarán al participante.*

*Estamos invitando a todos los sujetos (buzos o pilotos) entre 17 y 60 años de edad que no tengan historia de barotrauma y/o enfermedades que afecten el oído.*

*Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Tanto si elige participar o no, continuarán todos los servicios que reciba en este centro médico y no se tomará ninguna represaría o acción en contra suya. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aún cuando haya aceptado antes.*

### *Procedimientos y Protocolo*

*A usted se le realizará una historia clínica que consiste en responder unas preguntas y un examen físico (el cual incluye una revisión de los oídos con un otoscopio y con un diapasón)*

#### Otoscopía

Se utilizará un otoscopio de luz, se comienza explorando el oído sano, o el clínicamente mejor, se observarán las características del pabellón auricular y la entrada al CAE. Se introducirá el otoscopio, rectificando la curvatura del CAE (traccionando el pabellón hacia atrás y arriba, se introduce el otoscopio en la dirección de la porción ósea del CAE de forma delicada, con el espéculo del mayor tamaño, que no provoque molestias al paciente.

#### Diapasón

##### Prueba de Weber

En la prueba de Weber se usa un diapasón vibrante que se coloca sobre la piel, en el medio de la frente, equidistantes de las orejas. Usted informará en que oído el sonido se escucha más fuerte.

##### Prueba de Rinne

Para la prueba de Rinne, se coloca inicialmente el diapasón vibrante sobre apófisis mastoides (detrás de la oreja) hasta que ya no se escuche; en seguida se coloca el diapasón frente al conducto auditivo externo (oreja), usted deberá informar si vuelve a escuchar el sonido.

#### Audiometría

Se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se explora la vía aérea mediante la colocación de auriculares.

#### Potenciales evocados

Utilizando el equipo Neurowerk, se colocara al sujetos con audifonos y los electrodos se sitúan en el vértex (positivo), mastoides ipsilateral (negativo) mastoides contralateral (tierra). Se utilizara clics como estímulo ya que consiguen una buena sincronización de las respuestas neurales. Y con ayuda del software del equipo analizaremos la respuesta con la gráfica de los potenciales evocados auditivos de latencia corta. *Los datos obtenidos por medio de estas pruebas se utilizarán únicamente para el desarrollo de los objetivos de este estudio.*

*Durante la investigación vendrá 2 veces, una al departamento de Fisiología Humana de*

*la Universidad de Panamá (donde se realizará una historia clínica y examen físico, y se medirán PEATC) y una vez al Hospital Santo Tomas (donde se realizará la audiometría).*

*La investigación durará 7 meses en total.*

*Si usted participa en esta investigación, no tendrá ningún beneficio.*

*Le daremos [B/. 10.00] para pagar sus gastos de viaje a la clínica/aparcamiento. No se le dará ningún otro dinero o regalos por tomar parte en esta investigación.*

*No compartiremos la identidad de aquellos que participen en la investigación. La información que recojamos por este proyecto de investigación se mantendrá confidencial. La información acerca de usted que se recogerá durante la investigación será puesta fuera de alcance y nadie sino los investigadores tendrán acceso a verla. Cualquier información acerca de usted tendrá un número en vez de su nombre. Solo los investigadores sabrán cual es su número y se mantendrá la información encerrada en cabina con llave. No será compartida ni entregada a nadie excepto [ su médico y miembros del equipo de investigadores].*

*El conocimiento que obtengamos por realizar esta investigación se compartirá con usted antes de que se haga disponible al público. Posteriormente los hallazgos de la investigación serán compartidos más ampliamente mediante publicaciones y conferencias.*

*Usted no tiene porque participar en esta investigación si no desea hacerlo y el negarse a participar no le afectara en ninguna forma.*

*Si tiene cualquier pregunta puede contactando a cualquiera de las siguientes personas: [Dra. Maria Dolores Crossan Rojas, Ave. Balboa/(507) 66184950 /e-mail: md.crossan@gmail.com]*

*Esta propuesta ha sido revisada y aprobada por [comité de evaluación ética institucional local], que es un comité cuya tarea es asegurarse de que se protege de daños a los participantes en la investigación. Si usted desea averiguar más sobre este comité, contacte [nombre, dirección, número de teléfono.]*

*PARTE II: Formulario de Consentimiento*

**He sido invitado a participar en la investigación de EFECTOS EN LA VÍA  
AUDITIVA EN SUJETOS EXPUESTOS A VARIACIONES DE PRESIÓN  
ATMOSFÉRICA.**

*. He sido informado de los riesgos conocidos.*

*beneficios para mi persona y que no se me recompensará más allá de los gastos de viaje. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el nombre y la dirección que se me ha dado de esa persona.*

*He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi cuidado médico.*

Nombre del Participante \_\_\_\_\_ Firma del Participante \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_ Día/mes/año \_\_\_\_\_

*Si es analfabeto (testigo)*

*He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente. Nombre del testigo \_\_\_\_\_ Y Huella dactilar del participante \_\_\_\_\_*

Firma del testigo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Día/mes/año \_\_\_\_\_

*He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.*

Nombre del Investigador Maria Dolores Crossan Firma del Investigador \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_ Día/mes/año \_\_\_\_\_

*Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de Consentimiento Informado \_\_\_\_\_ (iniciales del investigador/asistente)*

## Anexo 19

**HISTORIA CLÍNICA**

Fecha: \_\_\_\_\_

**DATOS PERSONALES**

Nombre: \_\_\_\_\_ Cédula: \_\_\_\_\_  
 Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_ Teléfonos: \_\_\_\_\_  
 Profesión: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES FAMILIARES**

Cáncer: \_\_\_\_\_ Diabetes: \_\_\_\_\_  
 Cardiovascular: \_\_\_\_\_ Tiroides: \_\_\_\_\_  
 Obesidad: \_\_\_\_\_ Enfermedades psiquiátricas: \_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES PERSONALES****ANTECEDENTES PATOLÓGICOS**

- Diabetes Mellitus \_\_\_\_\_
- Hipertensión Arterial \_\_\_\_\_
- Esclerosis Múltiple \_\_\_\_\_
- Neuropatías \_\_\_\_\_
- Vasculitis \_\_\_\_\_
- Convulsiones \_\_\_\_\_
- Enfermedades del oído \_\_\_\_\_

Antecedentes quirúrgicos del oído \_\_\_\_\_

Antecedentes traumáticos cerebrales o/y del oído \_\_\_\_\_

Exposición a ruidos \_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES FARMACOLÓGICOS**- Uso prolongado de antibióticos. Cual?  
 \_\_\_\_\_**EXPLORACIÓN FÍSICA:**Peso: \_\_\_\_\_ Kg Talla: \_\_\_\_\_ metros IMC: \_\_\_\_\_ Kg/m<sup>2</sup>

Frecuencia cardíaca: \_\_\_\_\_ cpm Frecuencia respiratoria: \_\_\_\_\_ cpm

Auscultación cardíaca: \_\_\_\_\_

Ruidos respiratorios: \_\_\_\_\_

Presión arterial: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ mmHg

**EXAMEN FISICO**

**Examen de la Cara:**

---

**Otoscopia**

Oído Izq

---

Oído Der

---

**Resultado de diapasones:**

P. Weber

---

P. Rinne

Oído Izq

---

Oído Der

---

**Audiometria**

Comentarios:

---

**Nombre del paciente:**

---

**Firma del paciente**

(declaro que toda la información proporcionada por mi persona es verídica)

**Nombre del colaborador:** \_\_\_\_\_

---

**Firma del colaborador**

**Nombre del Médico:** \_\_\_\_\_

---

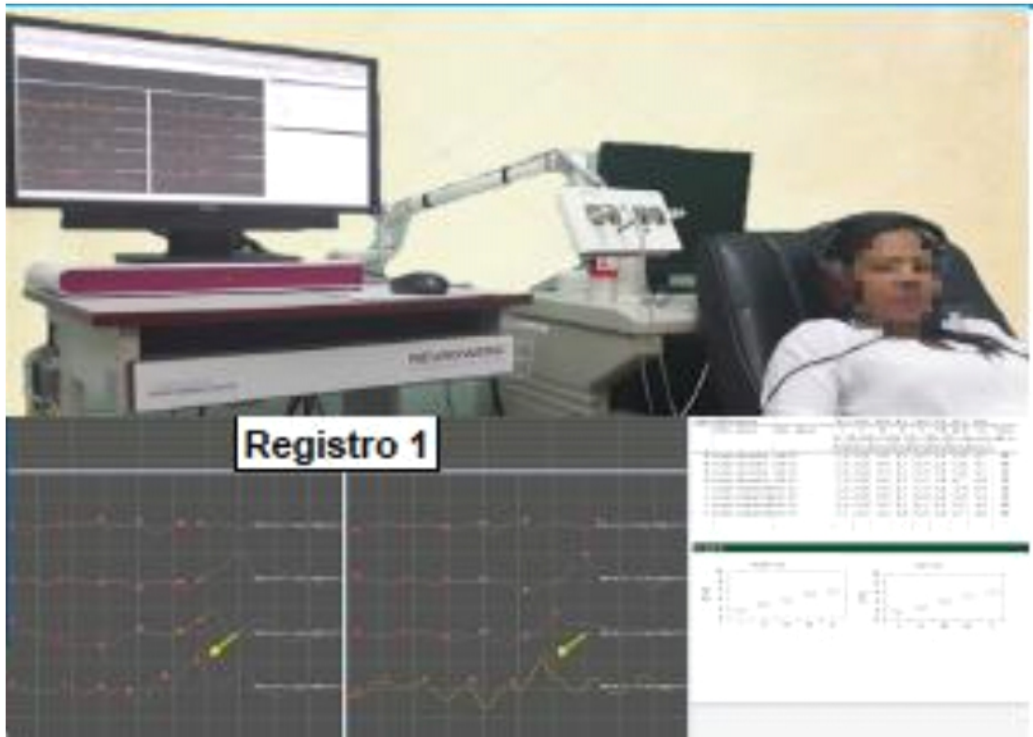
**Firma y sello**

Anexo 20



Anexo N° 20. Prueba de diapasones y audiometrías del estudio.

**Anexo 21**



**Anexo N° 21. Registro de PEATC**