

# Integridad de la vía auditiva en buzos, expuestos a cambios de presión atmosférica



## Integrity of the auditory pathway in divers, subjects exposed to changes in atmospheric pressure

Crossan, María Dolores; Lam de Calvo, Oris

 **María Dolores Crossan**  
md.crossan@gmail.com  
Universidad de Panamá, Panamá

 **Oris Lam de Calvo**  
orisclavo20@gmail.com  
Universidad de Panamá, Panamá

**Guacamaya**  
Universidad de Panamá, Panamá  
ISSN-e: 2616-9711  
Periodicidad: Semestral  
vol. 7, núm. 1, 2022  
[solismu@yahoo.com](mailto:solismu@yahoo.com)

Recepción: 24 Junio 2022  
Aprobación: 17 Julio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/212/2123818003/>

**Resumen:** Los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC), 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. Técnica está ampliamente utilizada para detectar lesiones 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 en 112 sujetos, 56 controles y 56 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 esta técnica es de utilidad para la detección temprana de lesión de la vía auditiva que pudiesen ser causado por microbarotraumas en sujetos expuestos a cambios de presión atmosférica.

**Palabras clave:** Barotrauma, Buceo, Audición.

**Abstract:** PEATC was performed in order to evaluate the normal values of PEATC parameters and the integrity of the hearing pathway in subjects exposed to changes in atmospheric pressure. As results, 112 subjects, 56 controls and 56 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 cause by barotrauma in subjects exposed to changes in atmospheric pressure.

**Keywords:** Barotrauma, Diving, hearing.

## 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), oído medio y 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 con sus células ciliadas que transducen el proceso mecánico a potencial de acción nervioso que se conduce hasta la corteza auditiva. (Delgado, 2003) 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, según evidencia clínica, puede causar lesión neuronal debido a barotraumas dando como resultados hipoacusias (Zulkafay, 1996; García Llano, 2004). Para evitar lesiones sobre el sistema auditivo, los buzos deben tomar las precauciones necesarias antes y durante la práctica del buceo. (Herranz González-Botas, 2008)

Los Potenciales Evocados Auditivos del Tallo Cerebral (PEATC), se obtienen a través de la estimulación acústica y se registran sobre puntos específicos en la cabeza.

Consisten en una secuencia de ondas con latencia menor a 10 ms y son utilizados en la práctica clínica para evaluar la función del nervio auditivo y el tallo cerebral (Chiappa, 1997; Papazian, 2007).

En esta investigación se evaluará la integridad de la vía auditiva en sujetos que han estado expuestos a cambios de presión atmosférica, mediante la medición de los PEATC.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de casos y controles con 112 de sujetos con un rango de edad de 18 a 60 años divididos en dos grupos. Grupo 1: 56 sujetos expuestos a aumento de presión atmosférica (buzos). Grupo 2: grupo control. 56 sujetos que no se encuentren expuestos a cambios de presión atmosférica. Los 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), presenten convulsiones o tomen medicamentos anticonvulsivos y que presenten alteraciones en el conducto auditivo externo (CAE) (tapón de cerumen, objeto extraño, otitis de oído externo), fueron excluidos del estudio.

Se realizó distribución de un afiche vía correo electrónico y 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, se distribuyó vía redes sociales una carta de invitación al estudio y se dictó una conferencia en la facultad ciencias, Escuela de Biología de la UP a estudiantes de la carrera de Biología Marina.

Se realizó el procedimiento de consentimiento informado, aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Panamá.

Previo a la realización de los Potenciales evocados auditivos del Tronco Cerebral (PEATC) se realizó una evaluación Auditiva que incluyó historia clínica, otoscopia y pruebas con Diapasón.

Para realizar los PEATC se utilizó un sillón confortable en una habitación climatizada y con un ambiente semioscuro. Utilizando el equipo Newrowerk, 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.

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 realizaron 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.

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 del 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.

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 estas, 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.

Los datos se presentaron con el valor de la media y desviación estándar (DE), el análisis estadístico de los datos se realizó aplicando el test para diferencias de medias y proporciones del software Statistic 8 para Windows y una prueba no paramétrica para muestras independientes, test U-Mann Whitney, aceptándose como estadísticamente significativo una  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados finales de 112 sujetos, 56 controles y 56 casos con edades entre 18 a 60 años.

En el grupo de buzos con más de 15 años de practicar el buceo las amplitudes de las ondas I y V fueron de 0.22 y 0.37 (Tabla N° 1) respectivamente lo cual resulto estadísticamente significativo con una  $P < 0.05$ . (figura 1)

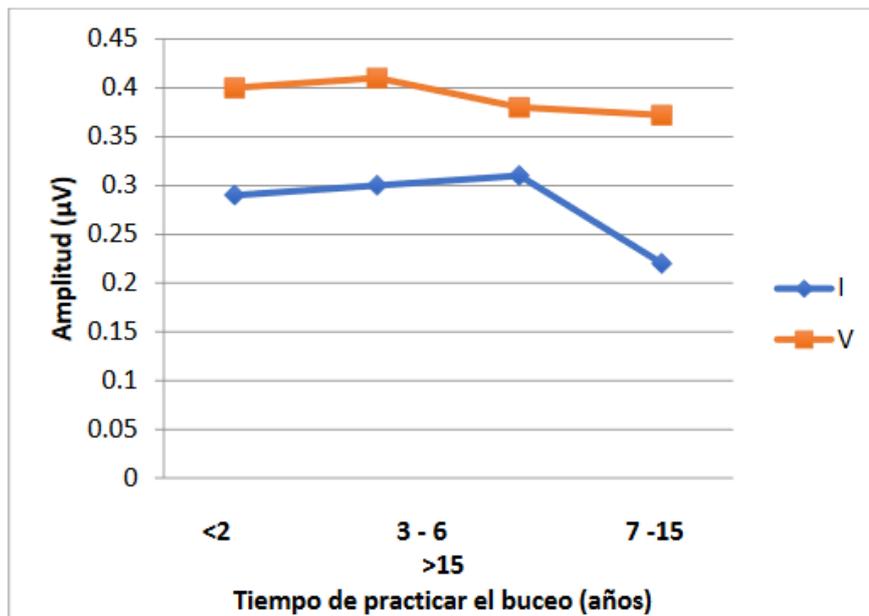
En el grupo de buzos con historia de barotrauma, las latencias de las ondas I, III y V fueron de 2.365, 3.981 y 5.843; y el grupo sin historia de barotrampa fue de 1.985, 3.718 y 5.608 (Tabla N° 2) respectivamente, lo cual resulto estadísticamente significativo con una  $P < 0.05$ . (Figura 2)

Las amplitudes de las ondas en el grupo con historia de barotrauma fueron de 0.17 y 0.22; y el grupo sin historia de barotrauma fue de 0.29 y 0.4 (Tabla N° 3) respectivamente lo cual resulto estadísticamente significativo con un a  $P < 0.05$  (Figura 3).

**TABLA N° 1.**  
*Amplitud de las ondas en buzos según tiempo de practicar el buceo*

<b>Amplitud (µV)</b>			
	<b>I</b>	<b>V</b>	<b>V/I</b>
<b>Tiempo (años)</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>
<b>&lt; 2</b>	<b>0.29±0.012</b>	<b>0.4±0.009</b>	<b>1.37±0.011</b>
<b>3 -- 6</b>	<b>0.3±0.009</b>	<b>0.41±0.01</b>	<b>1.36±0.009</b>
<b>7 -- 15</b>	<b>0.31±0.012</b>	<b>0.38±0.011</b>	<b>1.72±0.012</b>
<b>&gt; 15</b>	<b>0.22±0.011</b>	<b>0.372±0.011</b>	<b>1.68±0.011</b>
<b>P &lt; 0.05</b>			

Fuente : Datos obtenidos de la investigación



**FIGURA 1.**  
*Amplitudes de las ondas I y V en buzos según tiempo de práctica del buceo*

TABLA N° 2.  
*Latencia de las ondas I, III Y V buzos según historia de barotrauma*

<b>Latencia de las Ondas (ms)</b>				
<b>Barotrauma</b>	<b>I</b>	<b>III</b>	<b>P</b>	<b>V</b>
	<b>Media</b>	<b>Media</b>		<b>Media</b>
<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

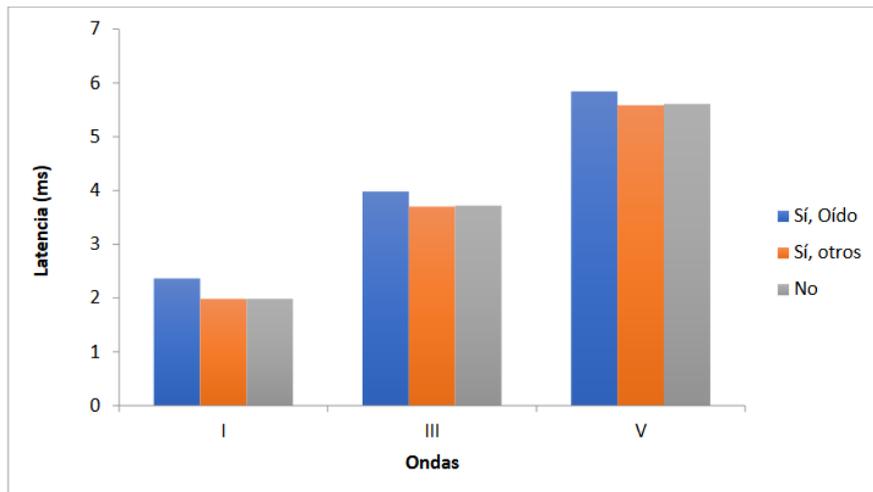


FIGURA 2.  
*Latencia de las ondas I, III y V en buzos según historia de barotrauma.*  
Fuente: Datos obtenidos en la investigación

TABLA N° 3  
*Amplitud de las ondas en buzos según historia de barotrauma*

<b>Amplitud</b>				
<b>Barotrauma</b>	<b>I</b>	<b>V</b>	<b>P</b>	<b>V/I</b>
	<b>Media</b>	<b>Media</b>		<b>Media</b>
<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

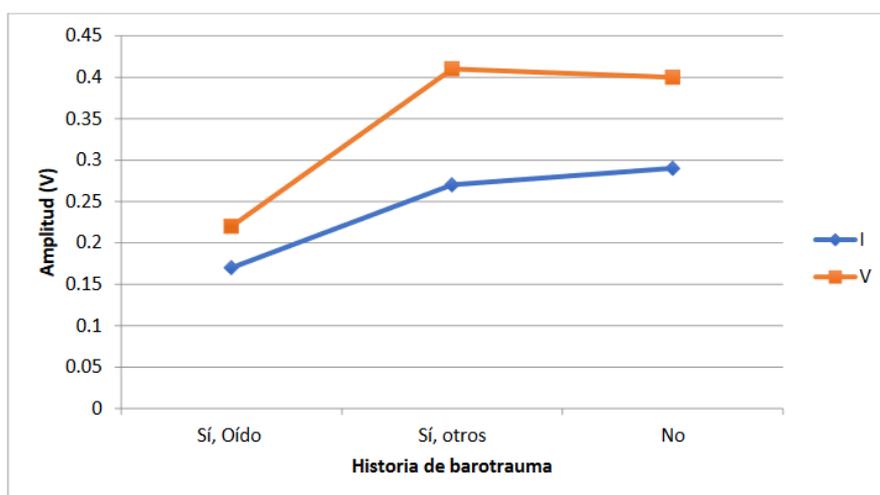


FIGURA 3.  
*Amplitud de las ondas I y V en buzos según historia de barotrauma.*

Fuente: Datos obtenidos en la investigación

Latencia en (ms) de las ondas I, III y V, los intervalos en (ms) I - III y I - V y amplitudes de la onda I y V según edad para el grupo control, fueron resultados compatibles con la literatura (Borrego, 1985; Bidhan, 2016). Permitiendo comparar los resultados obtenidos en el estudio con los valores encontrados en la literatura.

Latencia en (ms) de las ondas I, III y V, los intervalos en (ms) I - III y I - V y amplitudes de la onda I y V según sexo para el grupo control, fueron resultados compatibles con la literatura (Aguilar-Fabré, 2015). Permitiendo comparar los resultados obtenidos en el estudio con los valores encontrados en la literatura.

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 (Bargués-Altamira, 2007) está 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 está localizado 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 (García Llano, 2004). 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 (Todnem, 1991)

## REFERENCIAS

- Aguilar-Fabré, L, 2015. Potenciales Evocados Auditivos del Tallo Cerebral en la Enfermedad de Parkinson. *Revista Mexicana de Neurociencia*. Vol. 16, no. 4, pp. 14-19.
- Bargués-Altimira, R, 2007. Enfermedades del oído medio en buceo y aviación. Barotraumas. *Acta Otorrinolaringológica Española* Vol. 58, no. 2, pp. 34-39.
- 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. *International Journal of Research in Medical Science*. Vol. 4, no 9, pp. 4042-4049.
- Borrego, C.J. et al. 1985. Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral. *Acta Médica Colombiana*. Vol. 10, no. 1. pp. 1-14.
- Chiappa, K.H. 1997. Brain stem auditory evoked potenciales: Interpretations. *Evoked potencial in clinical medicin*. Vol. 14, no. 1, pp. 199-283.
- 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*. Vol. 2, no. 1, pp. 13-18.
- García Llano, M, 2004. Barotraumatismo de oído y otros trastornos otológicos relacionados con el buceo. *Revista virtual de medicina hiperbárica*. MS 118, pp 1-14.
- Herranz González-Botas, J., 2008. Umbral auditivo en buzos profesionales no expuestos a ruido. *Acta Otorrinolaringológica Española*., Vol. 59, no. 2, pp. 70-5.
- Papazian, O., 2007. Indicaciones médicas y quirúrgicas de los potenciales evocados. *Actualizaciones en neurología infantil*. Vol. 67, no. 11. pp. 647-660.
- Todnem, K., 1991. Neurological long term consequences of deep diving. *British Journal of Industrial Medicine*. Vol. 48, no. 10, pp. 258-266.
- Zulkaflay, A. R., 1996. Hearing loss in diving – a study amongst navy divers. *Medical Journal Malaysia*. Vol. 51, no 1, pp. 103-108.