



UNIVERSIDAD
DE
VALPARAISO
C H I L E

“Descripción de la onda PA de los PEALM en una población normoyente”

Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Carrera de Fonoaudiología

**Tesis para la obtención de título
profesional:**

**“Descripción de la onda Pa de los
PEALM en una población
normoyente”**

Autores:

Christian Gabriel Catalán Izarraulde
Erick Cristian Cornejo Saavedra
Alvaro Christian Orrego Gutiérrez
Carlos Rodrigo Rojas Zepeda

Profesor Guía:

Héctor Marcelo Friant Muñoz

- Valparaíso 21 de noviembre de 2005-

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación se centró en la descripción de la amplitud, latencia, aparición y reproductibilidad de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media (PEALM) en una población normoyente entre los 6 a 60 años. Específicamente, se evaluó un grupo de sujetos de la comuna de San Miguel en el servicio de Otorrinolaringología del Hospital Barros Luco Trudeau, de la ciudad de Santiago, Chile, durante el año 2005. El diseño del estudio fue de tipo descriptivo transversal, sobre un universo definido y con variables identificadas como independientes y dependientes. De acuerdo a lo expuesto, la muestra en estudio se dividió en 3 grupos etarios, para su posterior análisis. No se encontraron diferencias significativas en la latencia entre las variables edad, sexo u oído, pues estas presentaron valores “p” mayores a 0.05, ni tampoco se encontró algún tipo de correlación entre las mismas. No obstante, existieron diferencias significativas al analizar la amplitud en función de la intensidad de estimulación y la edad, pues sus valores “p” fueron inferiores a 0.05, y estas, a su vez, presentaron una correlación lineal directa. Por su parte, los mayores porcentajes de aparición y reproductibilidad se produjeron a las mayores intensidades de estimulación. Así, resulta recomendable utilizar la latencia como una medida de determinación de un comportamiento auditivo normal y a la amplitud como un factor que puede verse influenciado por diversas variables como lo son la edad o la intensidad de estimulación.

ÍNDICE

<u>RESUMEN</u>	2
<u>ÍNDICE</u>	3
<u>INTRODUCCIÓN</u>	5
<u>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</u>	7
<u>1.1 Bases Anátomo - Fisiológicas de la Vía Auditiva Central</u>	7
<u>1.2 Potenciales Evocados Auditivos</u>	11
<u>1.3 Clasificación y Nomenclatura de los PEA</u>	13
<u>1.4 Tipos de Potenciales Evocados Auditivos</u>	17
<u>1.4.1 Respuestas de Latencia Corta (PEATC)</u>	17
<u>1.4.2 Respuestas de Latencia Media (PEALM)</u>	20
<u>1.4.3 Respuestas de Latencia Larga (PEALL)</u>	21
<u>1.5.1 Generadores del PEALM</u>	25
<u>1.5.2 Cambios Madurativos de los PEALM</u>	27
<u>1.5.3 Modo de Obtención, Detectabilidad y Repetición</u>	28
<u>1.5.4 Otros factores que influyen en la Respuesta</u>	31
<u>1.5.5 Aplicaciones Clínicas</u>	32
<u>a. Esclerosis múltiple</u>	32
<u>b. Enfermedad cerebrovascular</u>	33
<u>c. Tumores</u>	33
<u>d. Epilepsia</u>	34
<u>e. Demencias</u>	35
<u>f. Otras alteraciones</u>	36
<u>CAPÍTULO II: OBJETIVOS</u>	38
<u>2.1 Objetivos Generales</u>	38
<u>2.2 Objetivos Específicos</u>	38
<u>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
<u>3.1 Diseño del estudio</u>	41
<u>3.2 Material Utilizado</u>	41
<u>3.3 Criterios de selección</u>	42
<u>3.4 Población evaluada y selección de la muestra</u>	43
<u>3.5 Procedimientos de evaluación</u>	44
<u>3.6 Obtención de los registros de PEALM</u>	45
<u>3.6.1 Variables relacionadas con el estímulo</u>	45
<u>3.6.2 Variables de obtención y análisis del registro</u>	46
<u>3.6.3 Filtros utilizados</u>	47
<u>3.7 Descripción del registro del PEALM</u>	47
<u>3.8 Métodos de análisis de la onda “Pa”</u>	48



<u>3.9 Métodos de análisis estadístico</u>	48
--	----

<u>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</u>	50
--------------------------------	----

<u>4.1 Latencia de la onda “Pa” de los PEALM para cada oído a 100, 80, 60Y 40 dBpeSPL de estimulación, en los distintos rangos etarios.</u>	51
<u>4.2 Promedio de latencia de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario a distintas intensidades de estimulación</u>	55
<u>4.3 Correlación entre el promedio latencia de la onda Pa y la variable edad, a intensidades de 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL de estimulación</u>	59
<u>4.4 Latencia general de aparición de la onda “Pa” de los PEALM para todos los sujetos, a las distintas intensidades de estimulación</u>	60
<u>4.5 Comparación entre latencia de aparición de la onda “Pa” y la variable sexo para cada rango etario</u>	61
<u>4.6 Comparación de amplitud de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario e intensidad de estimulación</u>	64
<u>4.7 Correlación entre amplitud de la onda “Pa” de los PEALM y la variable edad a distintas intensidades de estimulación</u>	67
<u>4.8 Porcentajes de aparición de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario y, para toda la muestra, en las distintas intensidades.</u>	68
<u>4.9 Porcentaje de reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario y, para toda la muestra, a distintas intensidades.</u>	70
<u>4.10 Porcentajes de Aparición versus reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los PEALM para ambos oídos</u>	72

<u>CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</u>	73
---	----

<u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u>	81
-----------------------------------	----

<u>LINKS DE INTERES</u>	87
-------------------------	----

<u>ANEXOS</u>	88
---------------	----

<u>A.1 Variables en la realización de los PEA</u>	88
<u>A.1.2 Promediación</u>	88
<u>A.1.2 Selección de la Cantidad de Estímulos</u>	89
<u>A.1.3 Clasificación de los Ruidos</u>	91
<u>A.1.4 Acondicionamiento de la Señal. Utilización de Filtros</u>	91
<u>A.1.5 Estímulos</u>	93
<u>A.1.6 Potencial Microfónico Coclear y Potenciales de Acción</u>	95
<u>B.1 Tabla resumen de las clasificaciones y nomenclaturas de los Potenciales Evocados Auditivos</u>	97

<u>GLOSARIO</u>	98
-----------------	----

INTRODUCCIÓN

La alta incidencia de los problemas auditivos en nuestro país, ha llevado a la clínica a proponer diversos métodos de estudio para detectar y establecer el sitio de la lesión, de posibles patologías auditivas. Cada uno de ellos cumple con un rol específico, pudiéndose complementar unos con otros, a modo de conseguir un diagnóstico diferencial. Así pues, dichos exámenes permiten al profesional encargado entregar un diagnóstico preciso de la pérdida auditiva existente.

De esta manera existen métodos subjetivos y objetivos de evaluación. En el primer grupo encontramos, por ejemplo, la audiometría clásica, la que entrega información acerca del tipo y grado de pérdida auditiva, y que, sin embargo, requiere la participación activa del paciente. En el segundo grupo, encontramos exámenes como la impedanciometría que arroja información exacta acerca del estado del oído medio, y los potenciales evocados auditivos, los que permiten estudiar el estado de la vía auditiva y sus alteraciones a través de las respuestas electrofisiológicas. Estas últimas se caracterizan por no requerir de la participación del paciente para generar una respuesta.

Así pues, la presente investigación pretende adentrarse en el estudio de uno de estos exámenes: los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media. Este método no ha sido mayormente estudiado, debido a la gran variabilidad en las respuestas obtenidas y a los diversos modos de estimulación empleados, en la mayoría de las investigaciones realizadas hasta la actualidad. No obstante, la literatura mundial apunta a que sus umbrales se correlacionan con un espectro tonal grave, principalmente frecuencias entre los 125 a 500 Hz, y cuyos supuestos sitios de generación se encontrarían en la vía auditiva tálamo cortical.

De esta manera, los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media presentan una gran interrogante dentro del campo de estudio auditivo, ya que a diferencia de los potenciales evocados auditivos de tronco, representarían un espectro frecuencial distinto, y sus respuestas provendrían de regiones corticales, las cuales se relacionan con aspectos

cognitivos más allá de la detección de sonidos. Es por este motivo que se desarrolla una nueva línea de investigación en el campo de la audiolgía, con el fin de ahondar los conocimientos respecto a estas nuevas herramientas de evaluación, a modo de conseguir un diagnóstico más acabado y certero.

Así pues, el presente estudio tiene como objetivo principal, describir valores absolutos, claros y estadísticamente válidos de la onda más representativa del Potencial Evocado Auditivo de Latencia Media. Ésta corresponde al peak llamado “Pa”, la cual representaría, teóricamente, al umbral auditivo del paciente para las frecuencias bajas, comportándose a su vez de manera más estable y consistente que las demás. Es por esta razón que diversos autores homologan esta onda “Pa” a la onda V de los potenciales evocados auditivos de tronco.

Para llevar a cabo este estudio se evaluaron cincuenta sujetos, de ambos sexos y dispersos en rangos etarios que van desde los 6 años, hasta los 60 años. En cada uno de ellos se utilizó el mismo método de estimulación, registro y análisis. Dicho proceso de evaluación y análisis fue llevado a cabo en sujetos de la comuna de San Miguel en el servicio de Otorrinolaringología del Hospital Barros Luco Trudeau de la ciudad de Santiago, Chile, en el transcurso del año 2005.

Para tales fines, se presenta un marco teórico que abarca las bases anatómo fisiológicas de la vía auditiva central, los Potenciales Evocados Auditivos y específicamente los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media junto a sus aplicaciones clínicas. Más adelante se exhiben los objetivos de la investigación para pasar a las particularidades del diseño del estudio y de la evaluación. Junto a esto, se presentan los resultados de la investigación para finalmente ser analizados.

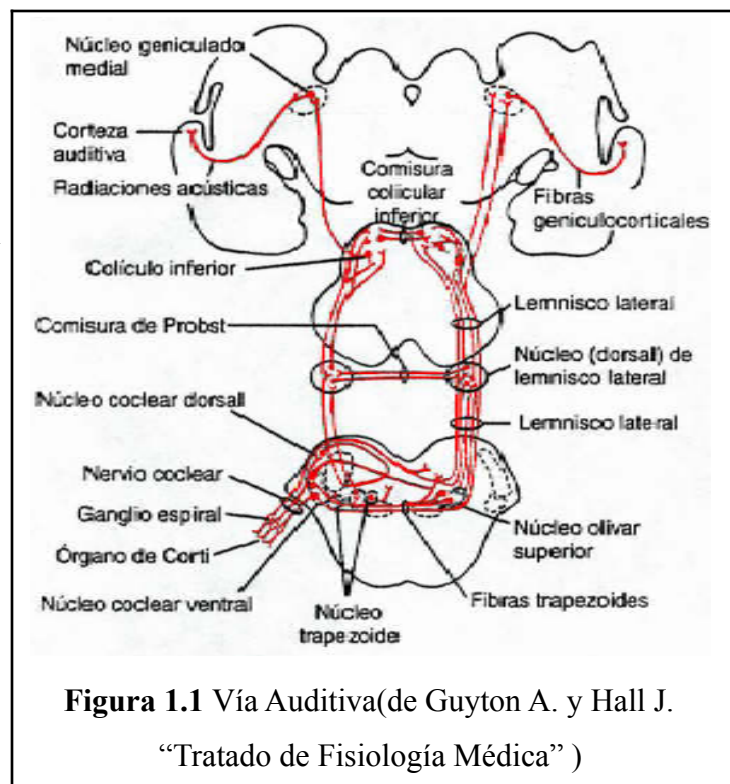
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

La audiometría convencional, explora el aparato auditivo por medio de una respuesta conciente y voluntaria del individuo. Con la finalidad de disminuir este factor subjetivo y la necesidad de obtener información cada vez más exacta, es que se han desarrollado métodos que exploran el sistema sensorial, uno de ellos corresponde a los Potenciales Evocados Auditivos. Así, frente a un estímulo acústico es posible detectar gracias a diversos electrodos, la actividad eléctrica del oído interno, la rama coclear del VIII par craneal, la vía y corteza auditiva.

Como el tema es muy actual, y extremadamente complejo, antes de entrar a los capítulos relacionados con materiales y métodos y la presentación de los resultados de este trabajo, se justifica realizar una exhaustiva descripción de la anatomía de la vía auditiva central, de los Potenciales Evocados Auditivos y particularmente de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media.

1.1 Bases Anátomo - Fisiológicas de la Vía Auditiva Central

El conocimiento acabado de la vía auditiva central, resulta fundamental para la comprensión de los potenciales evocados. Con posterioridad a la transmisión del sonido por el oído externo, medio e interno, se generan una serie de descargas eléctricas y sinapsis. Estas se inician con la estimulación por parte de las células ciliadas y culminan con el procesamiento de la información por la corteza auditiva, tanto primaria como secundaria (Figura 1.1).



La vía auditiva central, a su vez, se caracteriza por una compleja e intrincada red de conexiones, varias veces cruzadas; y por otra parte, por un trayecto vertical paralelo. Con todo, los mensajes auditivos convergen al cerebro por medio de dos tipos de vías: una primaria que transporta exclusivamente mensajes de la cóclea, y una vía no primaria (también llamada vía sensorio reticular) que transporta todo tipo de mensajes sensoriales.

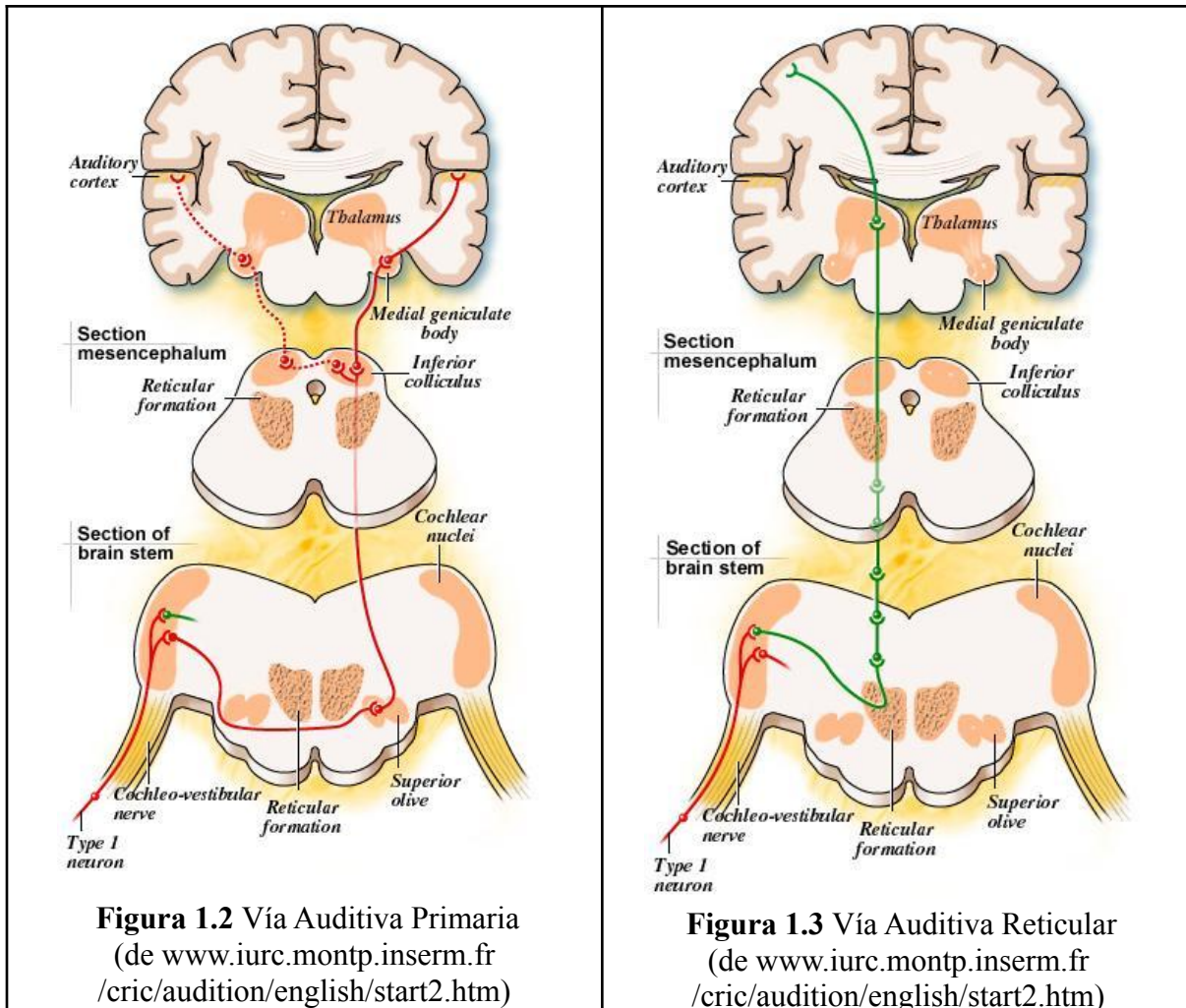
Con respecto a las células ciliadas, sus bases y lados entablan sinapsis con una red de terminaciones nerviosas cocleares. Así, las fibras nerviosas estimuladas por las células ciliadas se dirigen al **ganglio espiral de Corti**, situado en el modiolos (centro) de la cóclea. El ganglio espiral, a su vez, envía axones (unos 30.000 en total) hacia el complejo de los **núcleos cocleares ventrales y dorsales del tronco cerebral**, localizados en la parte superior del bulbo raquídeo. Aquí, todas las fibras establecen sinapsis con conexiones directas y cruzadas, donde algunas neuronas acaban principalmente en el **núcleo olivar superior** del lado opuesto del tronco encefálico y, a través del lemnisco lateral, al **núcleo estriado** correspondiente. No obstante, algunas fibras se dirigen también al núcleo olivar superior del mismo lado. La información que proviene de ambos oídos converge en cada oliva superior, así como en todos los niveles por arriba de ella (la mayor parte de las neuronas responden a estímulos procedentes de los dos lados).

Desde el núcleo olivar superior, la vía auditiva asciende por el **lemnisco lateral** y algunas de las fibras terminan en el **núcleo del lemnisco lateral**. Muchas evitan este núcleo y continúan hasta el **tubérculo cuadrigémino inferior** del mesencéfalo (Colliculus inferior), donde se entabla una sinapsis de todas o casi todas las fibras auditivas. A partir de aquí, la vía pasa al **núcleo geniculado medial del tálamo** (Corpus geniculatum mediale), donde todas las fibras sinaptan de nuevo. Finalmente, la vía continúa por medio de la radiación auditiva hasta la **corteza auditiva**, situada principalmente en la circunvolución superior del lóbulo temporal (Guyton - Hall, 2001).

Como ya se mencionó, la información alcanza la corteza temporal a través de las radiaciones acústicas por la cápsula interna, hasta la **circunvolución transversa de Heschl**, es decir, los campos auditivos corticales primarios. A ellos, están conectados campos

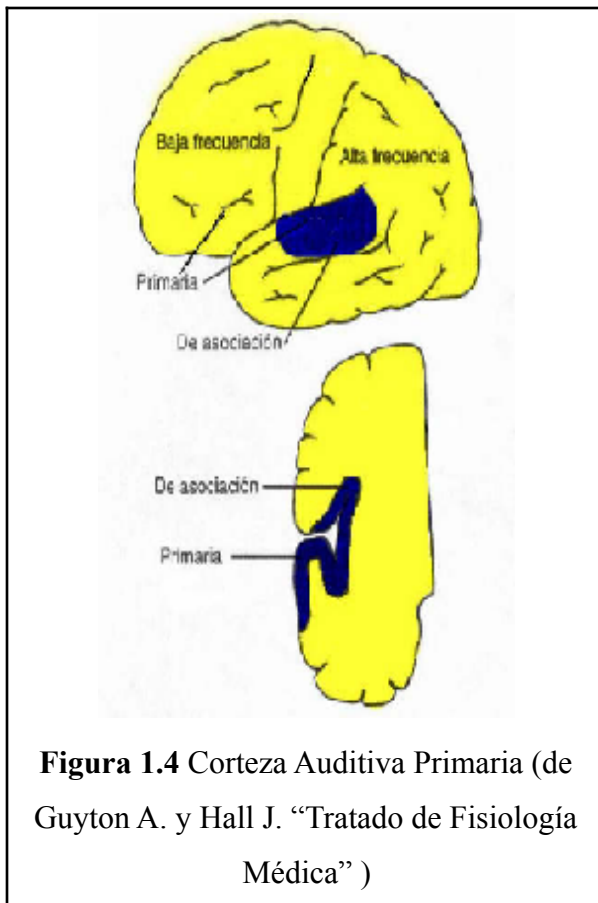
secundarios de proyección, en el lado externo del lóbulo temporal, para la mayor elaboración del estímulo acústico. Por detrás de estas vías auditivas aferentes corren las fibras eferentes, inhibitorias, desde el paleo cerebro, a través de la protuberancia y las olivas superiores, hacia el órgano de Corti (Suarez & Velluti, 2001).

Retomando la distinción entre las dos vías, cabe indicar que, particularmente, la vía auditiva primaria es corta (aproximadamente cuatro relevos), rápida (posee fibras largas mielinizadas) y termina en la corteza auditiva primaria. Esta vía transporta mensajes desde la cóclea, y cada punto de relevo desarrolla un trabajo de decodificación específico (Figura 1.2).



La vía auditiva no primaria o sensorio reticular se extiende desde el núcleo coclear. En ella, pequeñas fibras se conectan con la formación reticular donde el mensaje auditivo

se une con otros mensajes sensoriales. El siguiente relevo se encuentra en un punto no especificado del núcleo talámico, después del fin de las fibras poli sensoriales o asociativas del cortex (Figura 1.3). La principal función de esta vía, también conectada con los centros de la motivación, como con los sistemas hormonales, es seleccionar el tipo de mensaje sensorial para ser tratado inicialmente. Por ejemplo, cuando leemos un libro mientras escuchamos una grabación, este sistema permite a la persona prestar atención alternadamente a la tarea más importante.



Particularmente, la corteza auditiva se sitúa en el plano supratemporal de la circunvolución temporal superior, pero además se extiende hacia el borde lateral del lóbulo temporal, por gran parte de la corteza insular, e incluso hacia la parte lateral del opérculo parietal. Así, la corteza auditiva primaria recibe una excitación directa de proyecciones del cuerpo geniculado medial, mientras que las áreas de asociación auditivas se excitan de forma secundaria por impulsos procedentes de la corteza auditiva primaria, así como por proyecciones de las áreas de asociación talámicas adyacentes al cuerpo geniculado medial (Guyton – Hall, 2001).

Específicamente, las neuronas de la corteza auditiva responden a parámetros tales como el inicio, la duración y la frecuencia de repetición de un estímulo auditivo y, particularmente, a la dirección desde donde proviene este sonido. En mamíferos de laboratorio, la destrucción de la corteza auditiva no produce sordera, ni impide las respuestas condicionadas ya establecidas para un sonido de una frecuencia determinada. A

su vez, la corteza también se ocupa del reconocimiento de patrones tonales, análisis de las propiedades de los sonidos y de localización de los mismos (Ganong, 2000).

Por lo antes expuesto, se requiere la integración de toda la información recibida, tanto de las vías primarias como reticulares. Por ejemplo, durante el sueño, la vía auditiva primaria funciona normalmente, pero no es posible la percepción conciente, producto de que la relación entre las vías reticulares y los centros de motivación se encuentra inactiva (Figura 1.5).

Así pues, resulta interesante, rescatar que las señales de ambos oídos se transmiten por los dos lados del cerebro con un predominio de la transmisión contra lateral. Las dos vías se cruzan al menos en tres puntos del tronco encefálico: en el cuerpo trapezoide, en la comisura de Probst entre los dos núcleos de los lemniscos laterales y en la comisura que conecta los dos tubérculos cuadrigéminos inferiores.

Finalmente, muchas fibras contralaterales parten del tracto auditivo y terminan directamente en el *sistema reticular activador del tronco encefálico*. Este sistema se proyecta de forma difusa hacia arriba por el tronco encefálico y hacia abajo por la médula espinal para activar todo el sistema nervioso en respuesta a un sonido fuerte. Otras vías colaterales llegan al *vermis del cerebelo*, que también se activa de modo instantáneo en el caso de un ruido repentino (Guyton, 1990).

1.2 Potenciales Evocados Auditivos

Se entiende por potencial evocado auditivo a la respuesta neuroeléctrica del sistema auditivo ante un estímulo sonoro. La determinación de estos potenciales evocados es de gran interés clínico y diagnóstico, ya que permite establecer, por comparación con las respuestas consideradas normales, diversas patologías o disfunciones del aparato auditivo y las vías nerviosas. Para su obtención, se miden las tensiones eléctricas entre electrodos, ubicados en determinadas posiciones de la cabeza seleccionadas especialmente para cada tipo de estudio.

Estas tensiones, producidas por la actividad neurológica, son atenuadas por diversos tejidos (óseo, muscular, epitelial, etc.) que separan el punto donde se originan los potenciales (generadores), de aquel donde se miden, reduciéndose a unos pocos microvoltios (μV , millonésimas de voltio). El problema de dichas señales es que están expuestas a la interferencia de ruidos eléctricos de diversos orígenes, lo cual dificulta su identificación. En cuanto a este estudio, se superponen a la respuesta neuroeléctrica que se desea medir, los potenciales electroencefalográficos y electrocardiográficos (**EEG** y **EEC**), los generados por la actividad muscular (miopotenciales), y otros generados por campos eléctricos externos (como por ejemplo los provocados por tubos fluorescentes o líneas de alimentación) o por electricidad estática.

Lo antes expuesto plantea el problema de rescatar una señal (la respuesta del sistema auditivo) contaminada por ruido (Figura 1.6). La solución consiste, básicamente, en repetir el estímulo varias veces y obtener un promedio de los resultados recabados (técnica de presentación de señales). Esto parte de la premisa de que la respuesta auditiva para un estímulo determinado no varía cuando dicho estímulo se repite. En cambio, los valores de ruidos parásitos fluctúan aleatoriamente con valores positivos y negativos que tienden a compensarse, es decir, que su promediación resulta 0 (Curet, 1988).

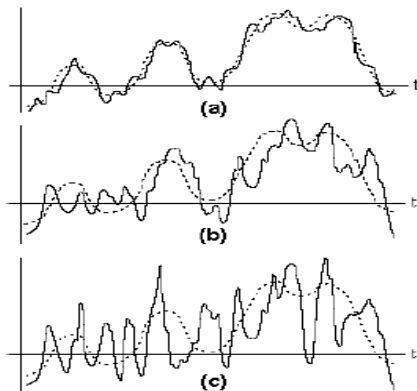


Figura 1.5 Señal contaminada por ruido. En línea de trazos, la señal a recobrar. En línea llena, el resultado de superponerle un ruido aleatorio. (a), (b) y (c), ruidos de pequeña, mediana y gran intensidad respectivamente. Obsérvese que cuanto más elevado es el nivel de ruido más distorsionada se encuentra la señal total. (de Curet C. "E.R.A. Audiometría por respuestas eléctricas").

1.3 Clasificación y Nomenclatura de los PEA

Existen diversas maneras para clasificar y denominar los PEA, pero ninguna se ha estandarizado completamente. Estas se basan en aspectos tales como el período de tiempo en que ocurre la respuesta después del estímulo o “período de latencia” (tempranos, medios y tardíos), el origen anatómico (tronco cerebral y cortical), la relación estímulo-respuesta (transitoria v/s sostenida, exógeno v/s endógeno) o la ubicación de los electrodos (campo cercano o campo lejano) (Ver Tabla B.1 en los anexos).

Según los antecedentes recopilados por Katz (1994), la clasificación actual de los PEA de acuerdo al período de latencia es clínicamente la más usada. Esta fue adaptada del trabajo de Picton (1974, 1977) y Fitzgerald (1983) (Figura 1.11). Así pues, aquellos PEA que ocurren dentro de los primeros 10 – 15 mseg siguientes al estímulo, son generalmente denominados como respuestas de latencia “temprana o corta”.

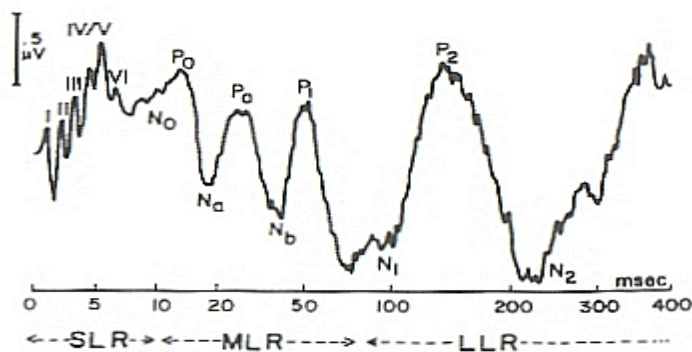
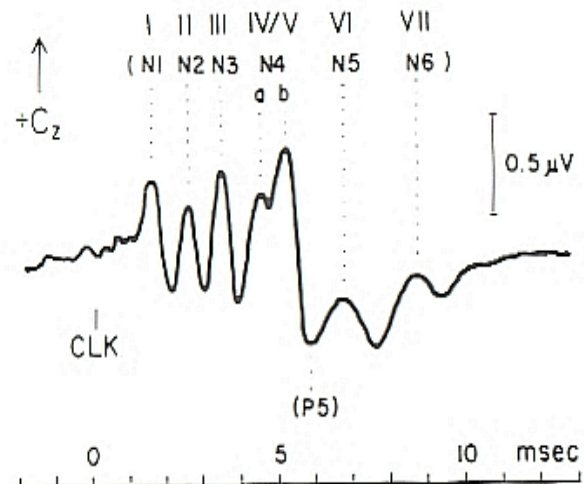


Figura 1.6 Potenciales evocados auditivos analizados en una base de tiempo logarítmica y categorizada de acuerdo al período de latencia como Respuestas de Latencia Corta (PEAT), Media (PEALM) y Larga (PEALL) (de Katz J. "Handbook of Clinical Audiology").

Los potenciales de latencia corta incluyen a la electrococleografía (ECochG), los potenciales evocados auditivos de tronco (PEATC), el Potencial Lento-Negativo₁₀ (SN₁₀) (Davis e Hirsh, 1979). El SN₁₀ aparece como una caída negativa aproximadamente 10 mseg después del estímulo (Figura 1.12).



Figura 1.7 Respuesta auditiva de tronco cerebral (PEAT) para un estímulo clic, clasificado según el método de Jewett y Williston (1971) (ondas I – VII). **CLK** indica el comienzo del estímulo clic. Configuración de electrodos: vertex (Cz) a mastoides ipsilateral, tierra en la nariz (justo sobre el puente nasal). Identificadores de Peak en paréntesis: de Sohmer y Feinmesser (1967) quien usó una configuración ipsilateral del lóbulo de la oreja a puente nasal (de Lehnhardt E. “Práctica de la Audiometría”)



Por otra parte, el término Respuesta de Latencia Media es usado para referirse a los componentes en el rango de latencias de 10 – 50 msec. Entre estas, se encuentran las repuestas evocadas conocidas como No, Po, Na, Pa, Nb y Pb. Otras respuestas evocadas que se obtienen a esta latencia es el **Potencial de Estado Estable 40 Hz** (SSP) (anteriormente llamado Event-Related-Potential ERP).

Finalmente, los componentes generados después de 50 – 80 msec post-estímulo son llamados Respuestas de Latencia Larga o Lenta, o Potenciales Tardíos. Estos incluyen el complejo N₁-P₂, el P₃₀₀ o P₃ y la MMN (Figura 1.13).

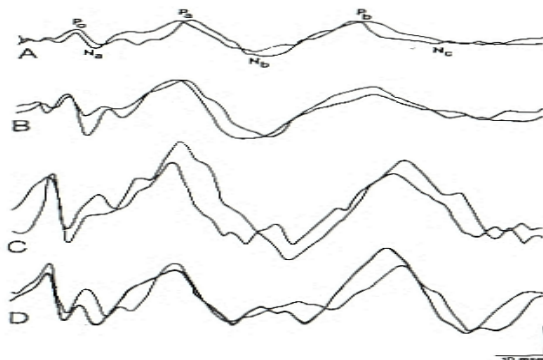
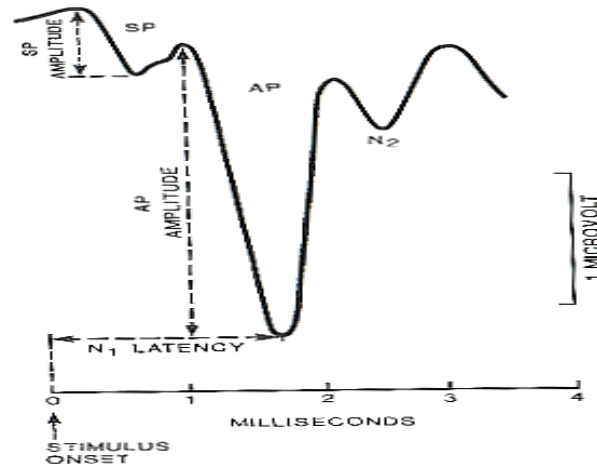


Figura 1.8 Respuestas de Latencia Media de dos niños prematuros (A), recién nacidos de término (B), niño pequeño (C) y adultos (D). Componentes rotulados en el primer trazado. (de Martini A y colaboradores, “Auditory evoked responses and brain mapping in the elderly”).

A su vez, la nomenclatura asignada a respuestas específicas y sus componentes son consistentes a lo largo de la familia de los PEA. Por ejemplo, el método convencional para identificar los peaks individuales de las ondas del PEAT es la numeración romana (Jewett y Williston, 1971). Sin embargo, también los componentes Electrocolegráficos (ECochG)

pueden ser designados de acuerdo a lo que ellos actualmente representan (SP = potencial de sumación, AP = potencial de acción del nervio auditivo). (Figura 1.14)

Figura 1.9 Respuesta Electrocoeleográfica para un estímulo clic registrado en el conducto auditivo, con componentes definidos y rotulados. **SP** = Potencial de Sumación; **AP** = Potencial de Acción; **N₁** y **N₂** indican los peaks negativos primero y segundo de el AP (de Curet C. “E.R.A. Audiometría por respuestas eléctricas”).



Katz (1994), también afirma que la denominación de los PEA de latencia media y larga es ligeramente más consistente, donde las iniciales P (para positivo) y N (para negativo) denotan un componente de polaridad. La denominación P o N de un PEALM es seguida de un término alfabético (Mendel y Goldstein, 1969), mientras los términos numéricos son usados generalmente para denominar los componentes de los PEALL (Davis y Zerlin, 1966). Además, los primeros componentes del PEALM, como muestra la figura 1.13, son denominados con el término “0” para referirse al cero, mientras los restantes componentes se identifican en orden alfabético. Finalmente el P₃₀₀, como muestra la figura 1.15, se nombra de acuerdo a su polaridad y latencia absoluta (tiempo que transcurre después del comienzo del estímulo). Debido a que este es el tercer peak positivo de las PEALL, el P₃₀₀ es también llamado P₃.

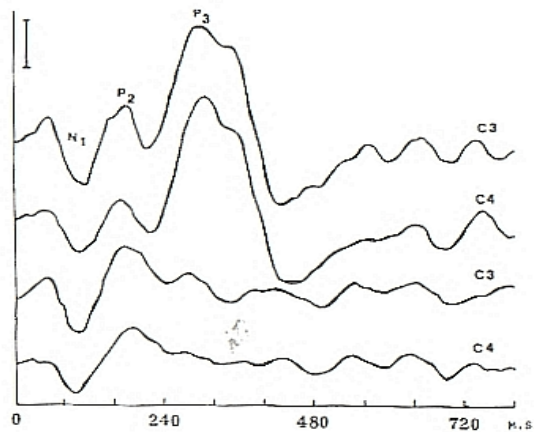


Figura 1.10 Respuestas de latencia larga de un sujeto normal. Los dos primeros trazados incluyen el complejo $N_1 - P_2$ (componentes primarios exógenos) y la P_{300} o P_3 (componentes primarios endógenos) elicitados por la presentación de tono Burst 1000 Hz y 2000 Hz. Los dos últimos trazados muestran la respuesta elicitada por un estímulo frecuente (tono Burst de 1000 Hz) subordinado al complejo $N_1 - P_2$. Marcador de calibración al costado izquierdo = 4.88 microvolts. C_3 y C_4 indican sitios de registro primarios (de Katz J. "Handbook of Clinical Audiology")

La nomenclatura de los PEA y sus componentes pueden ser también denominados de acuerdo al origen anatómico. Sin embargo, este tipo de denominación, en rigor, no representa exclusivamente el origen de las ondas del potencial. Por ejemplo, el término respuesta auditiva de tronco cerebral es usado frecuentemente para denominar un PEA en el cual sus dos primeros componentes emergen predominantes del nervio auditivo.

Ciertamente, el nombre o clasificación de los PEA, de acuerdo a su origen anatómico, se basa en la premisa de que estos orígenes han sido identificados de forma exacta. Así, las PEATC emergen de la periferia auditiva y del nivel protuberancial y mesencefálico del tronco cerebral, mientras que las PEALL se generan corticalmente. Los PEALM emergen de estructuras más allá de los colículos inferiores e incluyen la corteza auditiva primaria. Sin embargo, los orígenes precisos de todos los componentes del PEA, excepto la onda I del PEAT (o ECochG N_1), es aún un área de controversia.

Los PEA pueden ser clasificados también como exógenos o endógenos dependiendo de la relación estímulo-respuesta. Los PEAT y PEALM y el complejo N_1P_2 de las PEALL son predominantemente exógenos, porque dependen de los rasgos físicos del estímulo. Una respuesta endógena (o perceptual) es aquella que es independiente de los rasgos físicos del estímulo, pero es sensible al contexto en el cual se presenta y a la habilidad del sujeto para reconocer y atribuir un significado a este contexto. El P_{300} es un potencial endógeno y puede ser elicitado cuando dos estímulos distintos son presentados juntos en un estímulo poco frecuente. La **variación contingente negativa** (CNV) después del P_{300} es también

endógena (Walter y colaboradores, 1964), pero ha recibido comparativamente menos atención clínica en audiología y otoneurología.

Un método menos utilizado para clasificar los PEA es de acuerdo a la relación estímulo-respuesta. Bajo este sistema las respuestas pueden ser clasificadas en transitorias, generadas por tonos clic, o sostenidas, inducidas por tonos largos del tipo burst. Finalmente, las respuestas de los PEA pueden ser clasificadas como de campo cercano o lejano dependiendo de la ubicación de los electrodos de registro relativos al sitio del o los generadores de la respuesta. Se deduce, que los registros de campo cercano se obtienen cuando los electrodos están cerca o en los generadores neurales.

1.4. Tipos de Potenciales Evocados Auditivos

La clasificación actual de los PEA de acuerdo al período de latencia los separa en Potenciales Evocados de Latencia Temprana, Media y Larga. El primero de estos ocurre dentro de los primeros 10 – 15 msec siguientes al estímulo. El segundo entre los 10 y 50 msec. Finalmente, corresponden al tercer tipo los componentes generados después de 50 a 80 msec post-estímulo. Por otra parte, cada uno de estos tipos de potencial es posible subclasificarlos como se verá a continuación.

1.4.1 Respuestas de Latencia Corta (PEATC)

❖ *Electrococleografía*

Las respuestas de la cóclea y el nervio auditivo, relacionadas con el estímulo, se registran por medio de la EcochG. Como se observa en la figura 1.14, los componentes de la electrococleografía, más frecuentemente usados para fines clínicos, incluyen el **potencial de sumación (SP)** y el **potencial de acción (AP)** del nervio auditivo. El **potencial microfónico coclear (CM)** también se puede registrar, sin embargo, se le ha dado menor atención que al complejo SP – AP.

Aunque la EcochG ha estado disponible para científicos/clínicos, prácticamente, desde el descubrimiento del potencial microfónico coclear por Wever y Bray (1930), su aplicación para fines clínicos fue dejada de lado después del descubrimiento del PEAT. Esto se debió a las ventajas audiométricas que ofrece el PEAT en comparación con la invasiva EcochG. Sin embargo, recientemente, y debido a la gran popularidad del PEAT, los especialistas se han vuelto a interesar en la EcochG por sus variadas aplicaciones. Estas incluyen, la identificación objetiva y monitoreo de la enfermedad de Meniere/hidrops endolinfáticos; el aumento de la onda I y la identificación del intervalo interonda I y V del PEAT en pérdidas de audición o condiciones de registros menos que óptimos; y el monitoreo de la función coclear y del nervio auditivo durante procedimientos quirúrgicos que comprometen al sistema auditivo central y periférico.

❖ *Respuesta Auditiva del Tronco Cerebral*

Como se observó en la figura 1.12, el PEAT se caracteriza por una serie de cinco a siete ondas que ocurren en milisegundos. En general, las ondas I, III y V son consideradas los componentes más importantes. Las características de las respuestas más usadas, frecuentemente, con fines clínicos incluyen las latencias absolutas de los peaks respectivos de cada onda, los intervalos de tiempo entre los peaks (especialmente los intervalos interpeaks I-V, I-III y III-V), la amplitud de los peak de cada onda y la morfología general de la forma de las ondas (Figura 1.16). Para aplicaciones audiométricas, el nivel de detección visual o también llamado umbral de la onda V es también importante.

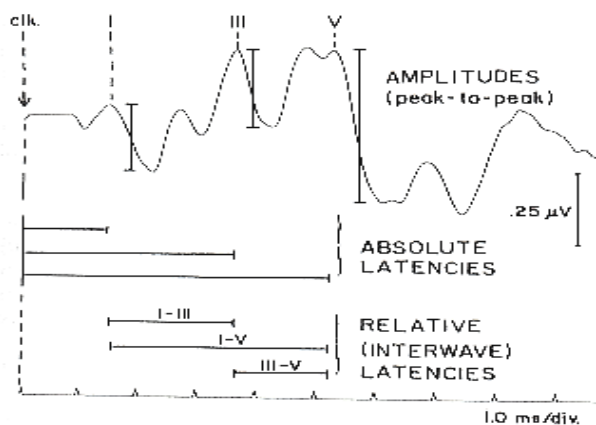
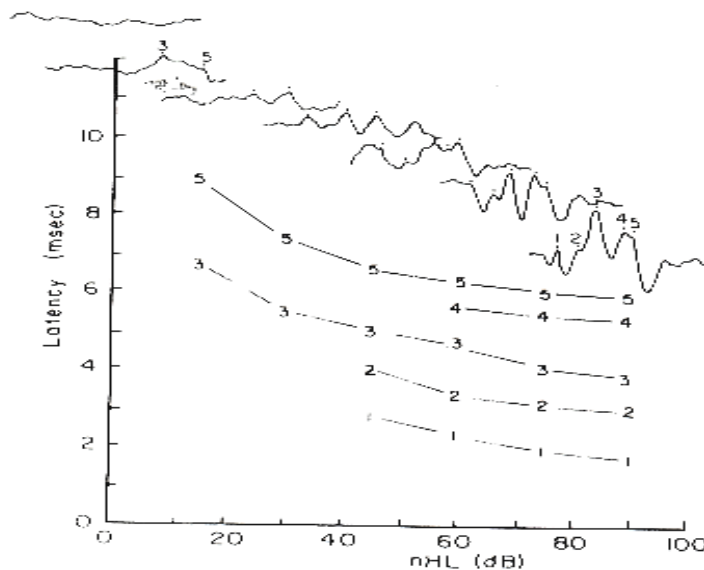


Figura 1.11 Mediciones básicas de amplitud y latencia del ABR. **Clk.** Indica el comienzo del clic (de Lehnhardt E. “Práctica de la Audiometría”).

La figura 1.17 muestra las funciones de los componentes latencia-intensidad y las ondas correspondientes de un paciente normal (registrados mediante electrodos de superficie). Como la intensidad del estímulo es baja, las latencias absolutas aumentan, las amplitudes disminuyen y todas las ondas eventualmente desaparecen con el ruido de fondo. A su vez, los intervalos interpeaks son afectados levemente por cambios en la intensidad del estímulo en pacientes normales. Generalmente, la onda I desaparece primero al bajar la intensidad del estímulo, mientras que la onda V permanece más tiempo. Por esto, el umbral del PEAT se define habitualmente en relación al nivel más bajo en el cual la onda V es detectable visualmente.

Figura 1.12 Funciones de intensidad-latencia en el BERA y sus correspondientes ondas (de Martini A y colaboradores, "Auditory evoked responses and brain mapping in the elderly")



Existen numerosas aplicaciones audiológicas, otológicas y neurológicas del PEAT. Las aplicaciones audiológicas y otológicas involucran el examen de los componentes de latencias absolutas y umbrales en función del nivel de estímulo. La medición de los intervalos interpeaks son de particular interés en la identificación, evaluación y monitoreo de desórdenes neurológicos. La morfología de la forma de las ondas y la presencia/ausencia de sus componentes son variables importantes en la aplicación del PEAT. Los componentes de amplitud absoluta tienden a ser mediciones débiles en el PEAT debido a su gran variabilidad. El uso de mediciones de amplitudes relativas han sido sugeridas, pero su utilización clínica parece útil sólo cuando la onda V (o complejo IV – V) es muy pequeña en comparación con la onda I.

1.4.2 Respuestas de Latencia Media (PEALM)

❖ PEALM

Las PEALM han recibido la mayor atención dentro de los PEA que ocurren en el período de latencia de 10 – 100 milisegundos después de comenzado el estímulo. Como se observó en la figura 1.13, el conjunto de la respuesta se caracteriza por dos ondas primarias que tienden a ser más grandes, más anchas y de frecuencia fundamental más baja que las del PEAT. Dentro de estas, la P_a corresponde al componente más fuerte de las PEALM y, en este sentido, resulta análoga a la onda V del PEAT.

Las mediciones básicas de las PEALM son similares a los otros PEA e incluyen componentes de amplitudes absolutas, latencias y umbrales. Mucho del trabajo preliminar acerca de las PEALM se focalizó en el uso de umbrales para estimar la sensibilidad auditiva a bajas frecuencias. Sin embargo, informes recientes indican que las PEALM pueden ser útiles en la evaluación de la integridad del sistema nervioso auditivo central. No obstante, los PEALM son afectados por el estado de conciencia del paciente y esto ha limitado su validación clínica (Katz, 1994).

❖ Potencial de Estado Estable 40 Hz

Galambos y colaboradores (1981) describieron un procedimiento para la obtención del PEALM (o algunos componentes de este) que involucraban la presentación del estímulo a una tasa que debería permitir respuestas neurales sucesivas sobrepuestas. Las respuestas más fuertes se observaron cuando esta tasa fue de 40 Hz, por esto el nombre de potencial 40 Hz. Puesto que la onda resultante es representativa de la actividad continua a través del período de estimulación, el término “potencial de estado estable” (SSP) se ha aplicado más recientemente a este particular PEA.

Como se observa en la figura 1.18, el 40 Hz está compuesto por cuatro ciclos sobre un período de 100 milisegundos y es parecido a una senoide de 40 Hz. Este patrón, no es un componente particular de la onda, sino la característica relevante de la repuesta. Un retraso en la fase de esta onda corresponde a un cambio de latencia/prolongación del PEALM.

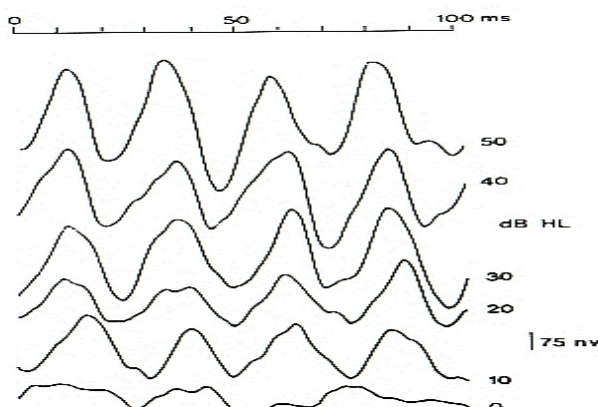


Figura 1.13 Series de intensidad de Potenciales de estado continuo 40 Hz elicitados por un tono Burst de 500 Hz en un sujeto normal. 0 dB HL = umbral promedio para tono Burst basado en normas clínicas (de Curet C. "E.R.A. Audiometría por respuestas eléctricas").

Inicialmente, el 40Hz SSP prometía ofrecer más información específica de frecuencia que el PEAT en la estimación de los umbrales de baja frecuencia. La respuesta fue también mayor que la PEALM convencional. Desafortunadamente, el 40 Hz SSP como el PEALM, es sensible al estado del paciente, por esto, su uso en infantes y niños o en pacientes en sueño natural o inducido por drogas puede ser limitada.

1.4.3 Respuestas de Latencia Larga (PEALL)

❖ Complejo $N_1 - P_2$

El complejo $N_1 - P_2$, igual que los PEALM, se caracteriza por dos ondas primarias de frecuencia fundamental relativamente baja. La amplitud comparativamente mayor del complejo, en general, le permite ser registrado usando amplificadores con ganancias más bajas y tamaños de muestra más pequeños que los PEA de latencia temprana. Cuando se disminuye la intensidad del estímulo, las características de las ondas cambian en una forma similar a los otros PEA. Es decir, los componentes de amplitud disminuyen y las latencias

absolutas aumentan. El cambio de magnitud de latencia que acompaña a la reducción del nivel del estímulo, sin embargo, no es tan dramática como la observada en los PEAT.

Aunque el complejo $N_1 - P_2$ fue el primer PEA en recibir atención clínica, su uso, así como el de los PEALM, ha sido dejado de lado por los PEAT. Una vez más, esto se debe a la susceptibilidad de las PEALL a los cambios en el estado del sujeto. A pesar de esto, el complejo $N_1 - P_2$ tiene una gran historia en el campo de la audiometría y fue el punto de referencia para la “audiometría por respuestas evocadas (ERA)” durante varios años. Este tipo de potenciales es generado por tonos Burst, con tiempos y duración relativamente largos de ascenso y descenso, la especificidad de la frecuencia se puede obtener con el complejo $N_1 - P_2$. En pacientes despiertos y cooperadores las diferencias entre el $N_1 - P_2$ y la audiometría de tonos puros son sistemáticas y a menudo inferiores a 10 Vd. El complejo $N_1 - P_2$ ha sido usado exitosamente como un indicador de la sensibilidad auditiva en poblaciones difíciles de evaluar (deficientes mentales y discapacitados múltiples) y en la evaluación de Pseudohipoacúsicos.

Junto con sus aplicaciones audiométricas, el complejo $N_1 - P_2$ puede ser útil en la detección de lesiones de la vía auditiva central. En esas instancias, la primera manifestación de anormalidad es una reducción en la amplitud o ausencia de componentes. La prolongación de latencias y otros cambios morfológicos en el complejo han sido también reportados en pacientes con lesiones centrales.

❖ P300

A diferencia de los otros PEA descritos anteriormente, el P_{300} (o P_3) es considerado un potencial endógeno que se genera en respuesta a un “evento internamente generado” producido por el procesamiento cognitivo de los estímulos sensoriales. Como se muestra en la figura 1.15, el P_{300} se caracteriza normalmente por una sola onda grande después del complejo $N_1 - P_2$, con una latencia peak de aproximadamente 300 milisegundos.

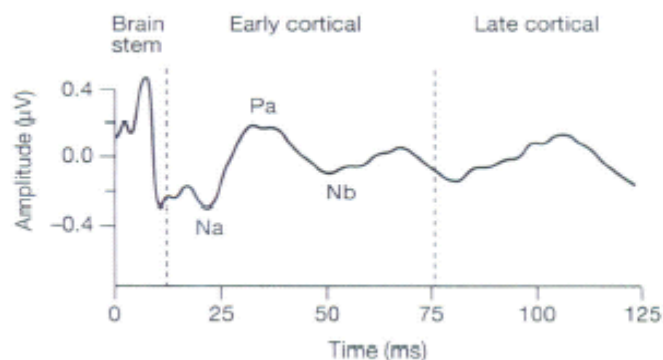
Esta respuesta es usualmente registrada utilizando un “*paradigma oddball*”, también llamado “paradigma del estímulo raro” en la entrega del estímulo. Es decir, al oyente se le presenta una cadena conformada por dos estímulos diferentes (tonos puros de 1000 y 2000 Hz) que se repiten reiteradas veces, uno con mayor frecuencia que el otro. Dentro de la secuencia, un estímulo (el estímulo frecuente) es entregado el 75 – 80% del tiempo y el otro (el estímulo extraño) es entremezclado al azar entre el estímulo frecuente el 25-20% del tiempo. Se le pide al paciente poner atención al estímulo raro y que cuente la cantidad de veces que este ocurre, ignorando el estímulo frecuente. El computador promedia y almacena las señales del estímulo raro v/s estímulo frecuente, de forma separada. Si el P_{300} aparece (en el período de respuesta al estímulo extraño) es un indicador que el sujeto reconoce la diferencia entre el estímulo frecuente y el estímulo raro. Una variedad de estímulos acústicos se han usado para evocar el P_{300} , incluyendo el habla.

El P_{300} se ha utilizado más frecuentemente en estudios de edad, demencia y desórdenes de atención. Un hallazgo general es que estas condiciones prolongan la latencia peak de la respuesta, aunque el monto de la prolongación es muy variable. El P_{300} se ha usado en menor grado para identificar lesiones subcorticales, monitorear pacientes con daño en la corteza cerebral, definir los desórdenes de atención en los niños, representar los déficit en el procesamiento del lenguaje después de un accidente y evaluar la habilidad de procesamiento de los pacientes que tienen implantes cocleares. Las alteraciones del P_{300} que van desde una latencia prolongada a una reducción o ausencia de respuesta han sido observadas en estas aplicaciones.

1.5 Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media

El potencial evocado auditivo de media latencia (PEALM) es una de las exploraciones que se realizan para comprobar la integridad funcional del sistema auditivo, específicamente, para el estudio de las porciones más superiores de la vía auditiva. Esta respuesta evocada se conforma por una secuencia de ondas positivas y negativas de origen neural, consecutivas al potencial evocado auditivo de tronco cerebral (PEATC), y cuya latencia de aparición oscila entre los 10 y los 70 msec posteriores a la aplicación del estímulo sonoro. Estas ondas se denominan No, Po, Na, Pa, Nb y Pb, esta última también conocida como P1 o P50 (Figura 1.19). Como se observa en esta figura el conjunto de la respuesta se caracteriza por dos ondas primarias que tienden a ser más grandes, más anchas y de frecuencia fundamental más baja que las del PEAT. La onda Pa es usualmente el componente más fuerte de las PEALM, el cual representaría al umbral auditivo del paciente para las frecuencias bajas, comportándose a su vez de manera más estable y consistente que las demás (Mendel y Wolf, 1983).

Figura 1.14 Ondas del PEALM obtenidas en un sujeto normal mediante estimulación binaural (de Katz J. "Handbook of Clinical Audiology").



Así mismo, las ondas Pa, Nb y Pb resultan ser las de mayor interés desde el punto de vista clínico, pues contribuyen a la determinación de restos auditivos y umbrales de audición en frecuencias bajas. Informes recientes indican que los PEALM pueden ser útiles en la evaluación de la integridad del sistema nervioso auditivo central (Katz, 1994). A su vez, estas permiten el diagnóstico de determinadas afecciones neurológicas, tales como tumores del tallo encefálico, enfermedades cerebrovasculares, esclerosis múltiples, traumatismos craneoencefálicos y demencias. Otro de los usos demostrados ha sido la

monitarización de profundidad de anestesia en el intraoperatorio. Finalmente, es utilizado como índice objetivo de la función de los implantes cocleares.

En función de lo anteriormente expuesto, Katz menciona que investigadores como Geiser y colaboradores (1958) fueron los primeros investigadores en describir los PEALM utilizando estímulos click, en una población de sujetos en vigilia. Identificaron una primera respuesta con una latencia de aparición de aprox. 20 mseg, la cual se caracterizaba por tener un peak positivo, que aparecía a los 30 mseg aproximadamente. Descubrieron que el umbral auditivo en este fenómeno electrofisiológico coincidía con los umbrales audiométricos de bajas frecuencias. Ellos postularon que esta respuesta era generada por la descarga neural de la vía auditiva aferente y la corteza auditiva. A su vez, dichos autores sostienen que los PEALM son afectados por los estados de conciencia del paciente, ya que en su estudio obtuvieron trazados con menores amplitudes, en personas sedadas y dormidas.

Así también, Picton y colaboradores (1974) describieron los variados componentes de los PEA en humanos, incluyendo los PEALM. Estos se caracterizan por tener peaks negativos y crestas positivas, las que describieron según su polaridad en N (negativo) y P (positivo), acompañados de dígitos que indicaban su latencia. Así pues, encontraron N18 (Na), P30 (Pa), y P50 (Pb o P1). A su vez, reconocieron que estas podían ser evocadas con una configuración de electrodos igual que los PEAT. Finalmente el PEAML ha resultado ser, a diferencia del PEAT, una exploración polémica, dado que sus componentes no son siempre detectables, ni replicables, o presentan una gran variabilidad inter e intrasujetos.

1.5.1 Generadores del PEALM

Los criterios acerca de la génesis del PEALM resultan diversos y se considera la existencia de múltiples generadores para las distintas ondas, tanto corticales como subcorticales, los cuales van evolucionando a lo largo de la vida. Además, se debe considerar que varios investigadores proponen la existencia de distintos generadores para

una misma onda, lo cual radica específicamente en el modo de estimulación empleado para evocar la respuesta.

Así pues, los componentes del PEALM han podido diferenciarse de diversas maneras: mediante análisis topográfico, con la utilización de modelos de lesión y variando las condiciones de estimulación. Así, por ejemplo, se habla de la existencia de dos sistemas generadores involucrados en el origen de la onda Pa: uno de ellos se desarrolla tempranamente y es parte de la vía auditiva no primaria. El otro tiene un curso de desarrollo más lento y pertenece a la vía auditiva primaria, probablemente a la corteza auditiva primaria o a las proyecciones talamocorticales.

Específicamente, Katz y sus colaboradores propusieron los posibles sitios generadores y moduladores de los PEALM, siendo ésta, la nomenclatura más aceptada actualmente dentro del campo clínico. De esta forma concluyeron que la onda Po era generada en los colículos inferiores del tálamo, y aparecía a una latencia aproximada de 13,2 ms después del estímulo. El peak Na fue igualmente localizado en los colículos inferiores y con modulación de la corteza frontal, con una latencia aproximada de 22,7ms después del estímulo. Por su parte la onda Pa fue ubicada en la corteza auditiva primaria y con modulación de la corteza frontal, a una latencia aproximada de 30 a 36ms después del estímulo. A su vez, la onda Nb fue localizada en la corteza auditiva primaria con radiaciones tálamo corticales, este peak fue encontrado a una latencia cercana a los 41,1ms. Finalmente la onda Pb aún no ha sido localizada con certeza, se cree que puede ser generada a nivel de corteza auditiva primaria o corteza auditiva secundaria con modulación de la vía reticular (Ver tabla II).

	Probable generador	Áreas moduladoras	Latencia aprox. (ms)
Po	Colículos inferiores	-	13,2
Na	Colículos inferiores	Corteza frontal	22,7
Pa	Radiaciones talamocorticales Corteza auditiva primaria	Corteza frontal	30-35
Nb	Radiaciones talamocorticales Corteza auditiva primaria	-	41,1
Pb	Corteza auditiva primaria ¿Corteza auditiva secundaria?	Formación reticular	50-54

Tabla I. Generadores y Valor de latencia aproximada de las diferentes ondas del PEALM (de Katz J. "Handbook of Clinical Audiology").

No obstante, algunos autores evidencian otros generadores para las mismas ondas, esto debido al modo de estimulación empleado. Así por ejemplo Seki y colaboradores (1993) postularon que los componentes Na y Pa se generaban entre la corteza frontal y la ténpero occipital en, aproximadamente, la tercera parte de los registros realizados en sujetos normales. Así también asumen que Na y Pa derivan de generadores mucho más complejos, y que no dependen sólo de estructuras relacionadas con la audición. Igualmente, se ha demostrado que la amplitud de los componentes Na y Pa disminuye cuando los sujetos desarrollan diversas tareas que requieren concentración.

Por otra parte, Yoshiura y colaboradores (1994) no encontraron diferencias significativas en las fuentes generadoras de los potenciales Pa y Nb, no así para la fuente generadora de Pb que se localizó por delante de las fuentes generadoras de los componentes antes mencionados. De esta manera, proponen que existen más de dos áreas independientes en la corteza auditiva que se activan durante el PEAML. Incluso, se ha sugerido que el componente Pb, en los humanos, se conforma por potenciales que se superponen y que una parte del mismo podría relacionarse con una respuesta motora. Si se considera que este componente puede deteriorarse en pacientes con autismo y enfermedad de Alzheimer, podría asumirse también la participación de la formación reticular en su génesis; más aún, se ha propuesto la participación del núcleo pedunculopontino, en dicho fenómeno.

Con todo, se ha sugerido también, a partir de estudios de resonancia nuclear magnética, que las fuentes del PEALM radican, fundamentalmente, en estructuras de la corteza auditiva primaria a lo largo del **giro de Heschl**. Resultados similares se han descrito en estudios estereo electroencefalográficos realizados a pacientes con epilepsia intratable, mediante electrodos profundos implantados sobre áreas de corteza auditiva, y correlacionados con estudios de resonancia nuclear magnética.

En resumen, la mayor parte de las evidencias publicadas hasta el momento coinciden, de una forma u otra, en asignar un generador en las radiaciones talamocorticales o en la corteza auditiva primaria para el componente Pa, mientras que resulta menos exacto el sitio probable para el origen de Pb. Esto ha hecho suponer que existe más de una estructura involucrada en su generación, o que determinadas estructuras subcorticales pueden, en cierta medida, modular la actividad de áreas corticales relacionadas con este componente.

1.5.2 Cambios Madurativos de los PEALM

Se ha planteado, en la literatura revisada, que existe una relación lineal entre la amplitud de Na- Pa y PaNb respecto a la edad; así pues, a mayor edad habría mayor amplitud de dichos componentes. Sin embargo, no existe tal relación entre las variables latencia absoluta de estos componentes y la edad, ya que estas son independientes entre sí. El incremento en la amplitud que sufren algunos de los componentes del PEAML al aumentar la edad refleja una disminución de la capacidad de las vías cortical y subcortical para inhibir la respuesta a estímulos auditivos repetitivos que no requieren de atención.

Por otra parte, el envejecimiento provocaría un enlentecimiento de los principales componentes que conforman el PEATC; sin embargo, no resulta totalmente claro que algo similar suceda con las respuestas de latencia media y larga. Los resultados de Martini y colaboradores (1990) no demuestran un deterioro significativo del tiempo de conducción

central, dentro de la vía auditiva, atribuible al incremento de la edad, lo cual recibió apoyo mediante el cartografiado cerebral de las respuestas evocadas auditivas de media y larga latencia.

Por otro lado, Pasman y colaboradores (1992) estudiaron un grupo de niños de pretérmino, en los que demostraron una latencia más prolongada del componente precoz Po en comparación con niños nacidos de término. Después de un seguimiento hasta los 5 años de edad, encontraron nuevamente diferencias, ahora en lo referente a la amplitud del componente NaPo, que fue menor en los niños pretérmino.

Finalmente, se ha corroborado que a diferencia de los PEAT que alcanzan su madurez a los 18 meses de edad (madurez de la vía auditiva primaria), los PEALM alcanzan su madurez a los 6 años edad (madurez de la corteza auditiva) específicamente de los componentes Pa y Pb. Esto, mediante modelos con fuentes de dos polos en los potenciales evocados auditivos y con registros de múltiples electrodos.

1.5.3 Modo de Obtención, Detectabilidad y Repetición

La detectabilidad de los componentes del PEALM está íntimamente relacionada con los diferentes cursos temporales en el desarrollo de sus múltiples generadores, así como, con las condiciones de registro empleadas para evocar la respuesta. Se ha encontrado un porcentaje diferente de detectabilidad, según el modo de estimulación empleado: es mayor mediante la estimulación binaural, y menor en la monoaural. Seki y colaboradores (1993) estudiaron un grupo de sujetos normales y encontraron que los componentes Na y Pa presentan amplitudes superiores con estimulación binaural que con estimulación monoaural. A su vez, Littman y colaboradores (1992) han planteado además, la posibilidad de que la estimulación binaural provoque una fuerte activación del sistema activador reticular ascendente (vía auditiva no primaria), involucrado en la génesis de estas respuestas evocadas.

Así también, una serie de trabajos desarrollados por Tucker y colaboradores (1996), en sujetos normales entre 2 días a 35 años, comprobaron que la edad, la intensidad del estímulo y el sitio de registro afectaron significativamente a la amplitud y la latencia del componente Pa, en cambio la frecuencia del estímulo no influyó sobre ellas. De esta forma lograron verificar que la intensidad del estímulo modifica el porcentaje de obtención de los componentes Pa y Pb: Así pues, obtuvieron 100% de respuestas con estímulos de 90 dB HL, 8695% con estímulos de 70 dB HL, y 7768% para estímulos de 50 dB HL. Así también concluyeron que la distribución de la latencia y la amplitud de estos componentes se modificaron también por la intensidad del estímulo empleado.

Respecto a la repetición del PEALM, no se encontraron diferencias significativas entre los registros repetidos al primer y octavo mes, a 22 sujetos sanos, empleando las mismas condiciones de registro, lo que sugiere una buena capacidad de repetición de la técnica. En lo referente a los tipos de estímulos utilizados para evocar las respuestas de latencia media, se ha encontrado que los clics provocaron respuestas de mayor amplitud y menor latencia que los tonos. Al ser sometidos a la misma intensidad de estimulación. Luego, al aumentar la intensidad, ambos tipos de estímulo provocaron respuestas de mayor amplitud y menor latencia. Este hecho fue evidenciado mediante la aplicación de técnicas como el electroencefalograma (EEG) y el magneto encefalograma (MEG) a clics y tonos.

Por su parte, no todos los componentes del PEALM resultan igualmente sensibles: mientras los componentes más precoces, Na y Pa, son relativamente resistentes a los efectos de la sedación; Pb resulta susceptible a la influencia de los anestésicos, y más sensible que los componentes precedentes a la frecuencia de estimulación utilizada. En estudios que usan diferentes condiciones de estimulación, se ha descrito que los tonos de mayor duración (60 ms) y baja frecuencia (500 Hz), e intervalos inter estímulos más prolongados (1,1/s), son las condiciones más adecuadas para evocar el componente Pb en adultos y niños. Esto contradice un tanto los resultados de Woods y colaboradores (1995), quienes no encuentran variaciones del PEALM relacionadas con la frecuencia del tono

empleado. Igualmente, se ha demostrado que Pb es mayor cuando se utilizan referencias no cefálicas (Tucker y colaboradores, 1996).

Aunque la mayoría de los investigadores abogan por el empleo de estímulos de baja intensidad, para evitar la contaminación con respuestas de origen muscular, los resultados de Tucker y colaboradores (1996) demuestran que, efectivamente, existe una relación de dependencia entre la intensidad del estímulo empleado y la detectabilidad de los componentes fundamentales. El efecto del lado estimulado sobre el PEALM lo estudiaron con métodos neuromagnéticos Yoshiura y colaboradores (1994), encontraron que la amplitud de Pa contralateral fue mayor que la de la respuesta ipsilateral. No hubo diferencias en la latencia de Pa y Pb de acuerdo con el lado estimulado, mientras que otros autores sí han comunicado variación en la distribución de los componentes en función de ello.

De todo lo expuesto, se infiere que, las condiciones de estimulación y registro utilizadas pueden modificar sensiblemente las características del PEALM y su detección. Un intento de aproximación a las condiciones óptimas para su obtención se recoge en la tabla III. Lo anterior no excluye la posibilidad de que se utilicen otras metodologías, de acuerdo a los objetivos del investigador, como el uso de electrodos activos en regiones temporales, si el estudio se realiza en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal.

Electrodos de registro	Activo	Cz
	Referencia	Lóbulo de la oreja ipsilateral
	Tierra	Fpz
Modo de estimulación	Monocaural	Clics o tonos
	Biaural	Clics
Filtros pasabanda	20-1.000 Hz	
Tiempo de análisis	100 ms	
Intensidad del estímulo	60 dB SPL	
Frecuencia de estimulación	5-11 Hz	

Tabla II. Condiciones de Estimulación y Registro del PEALM (de Katz J. "Handbook of Clinical Audiology").

1.5.4 Otros factores que influyen en la Respuesta

Los hallazgos comunicados respecto al sexo resultan escasos y contradictorios. En la mayoría de las investigaciones que han explorado este factor, y que han sido revisadas, no han encontrado diferencias significativas en las características del PEALM. Phillips y colaboradores (1997) tampoco han observado diferencias atribuibles al sexo en un grupo de sujetos sanos para los parámetros latencia y amplitud de los componentes Pa y Pb; aunque sí constatan que el valor del área de Pb en las mujeres fue el doble del comunicado para los hombres.

Otro de los factores explorados ha sido la lateralidad manual; se ha encontrado un incremento progresivo y estadísticamente significativo de latencia en los componentes desde No hasta Pb en los sujetos zurdos respecto a los diestros. Los efectos de las variaciones en las presiones parciales de O₂ y CO₂ sobre el PEAML también se han estudiado, y se ha comunicado una correlación entre la disminución relativa de presión arterial de CO₂ relacionado con la respuesta ventilatoria y el acortamiento de la latencia de Nb en las grandes alturas; esto, al comparar el estado a nivel del mar y 24 horas después de ascender 4.350 metros.

1.5.5 Aplicaciones Clínicas

Las aplicaciones clínicas del PEALM incluyen, en primer lugar, la determinación electrofisiológica del umbral de audición para los sonidos de media y baja frecuencia. Esta técnica resulta especialmente útil para establecer el umbral de audición, cuando existe una afectación de la sincronización neural dentro de la vía auditiva del tronco encefálico, lo que imposibilita el adecuado registro del PEATC. De esta manera, el PEAML proporciona la única evidencia electrofisiológica de que un individuo con daño neurológico difuso conserva alguna audición residual en el intervalo de las bajas frecuencias. Tal es el caso de pacientes con asfixia perinatal, hiperbilirrubinemia o traumatismo cráneo-encefálico. En

segundo lugar, se ha utilizado para la evaluación funcional de los implantes cocleares y en la observación continuada de la profundidad de la anestesia. Por último, se ha comunicado su uso en diversos tipos de afecciones neurológicas.

a. Esclerosis múltiple

El uso combinado de los potenciales evocados auditivos de corta, media y larga latencia ha contribuido a la detección y confirmación de lesiones en pacientes con esclerosis múltiple. Informes exponen que el 72,6% de 26 pacientes estudiados por Bisaga y colaboradores (1996), tuvieron algún tipo de alteración en el PEALM, y se ha demostrado la presencia de anomalías en los que tuvieron resultados normales en el PEATC, lo que, evidentemente, aumenta la sensibilidad de los potenciales auditivos para explorar las porciones más rostrales de la vía. Mediante exploraciones de imagen de resonancia magnética a pacientes con esclerosis múltiple, se ha detectado una correlación entre el PEALM y signos de lesión en regiones del mesencéfalo y el cerebro basal anterior.

b. Enfermedad cerebrovascular

Según Katz (1994), el PEALM puede verse afectado en pacientes con infarto de tronco, especialmente, del territorio vertebrobasilar, cuando se estimula el lado ipsilateral a la lesión. Estudios combinados de magneto encefalografía y tomografía por emisión de positrones han permitido correlacionar los cambios que se producen en pacientes con enfermedad cerebro-vascular que incluye grandes vasos como la carótida y el tronco de la arteria cerebral media. En nueve de 24 pacientes no se identificó el componente P50m, y en ocho de los nueve se demostraron lesiones estenóticas. Todos los pacientes con anomalías del P50m tuvieron una reducción en el flujo sanguíneo cerebral hemisférico y supratemporal. Estos hallazgos sugirieron que la enfermedad vascular con alteraciones

hemodinámicas cerebrales, demostradas en y cerca de la corteza auditiva, tiende a afectar a los componentes magnéticos auditivos de media latencia. Sin embargo, también se ha comprobado que los infartos del lóbulo temporal bilateral, indicados por resonancia magnética en un paciente, provocaron la pérdida de todos los componentes del PEALM.

c. Tumores

Así mismo, el PEALM ha demostrado ser útil en la evaluación de pacientes con tumores intracraneales antes y después de la operación. Por ejemplo, se refiere el caso de un paciente con un meningioma tentorial que comprimía el cuerpo geniculado medial bilateralmente y que provocó ausencia de dicho potencial, lo que hizo suponer una supresión de la aferencia auditiva hacia el lóbulo temporal, a pesar de que el tumor no afectaba a estructuras de las radiaciones auditivas ni del propio lóbulo temporal. De igual forma, aparece en la literatura el informe de un paciente con un glioma en el colículo inferior unilateral, en el que todas las ondas del PEALM reaparecieron después de la operación, con un ligero desplazamiento de la onda Pa (Katz, 1994).

d. Epilepsia

En el caso de pacientes epilépticos, el PEAML parece ser una técnica que permite la diferenciación de epilepsias temporales y extratemporales, dado que este potencial puede generarse en estructuras subcorticales y ser modulado por el lóbulo temporal. Lo anterior se infiere del hecho conocido de que la latencia de los componentes Na y Pa no difieren significativamente de un paciente a otro, ni tampoco en un mismo paciente de un control a otro; sin embargo si varía su amplitud (menor en pacientes con crisis parciales complejas). Sin embargo, en este punto, los resultados no coinciden, ya que Azumi y colaboradores (1995) describen como principales variaciones la prolongación de la latencia para los componentes Pa y Nb, y el aumento de amplitud en PaNb, especialmente, en pacientes con

epilepsias intratables. Sólo aquellos pacientes con politerapia mostraron baja amplitud del componente PaNb.

Esta técnica también ha permitido evaluar el efecto de fármacos antiepilépticos. La monoterapia con carbamacepina en pacientes epilépticos provoca un significativo incremento de la latencia en los componentes Na, Pa y Nb, un aumento en la duración del intervalo interpics NaNb y una reducción en la amplitud de NaPa, así como de otros componentes de larga latencia. Al parecer, también ejercen influencias supresivas en las estructuras auditivas, tanto lemniscales como extralemniscales.

Los pacientes con epilepsia parcial sin tratamiento anticonvulsionante no mostraron variaciones en el PEATC ni en el PEALM, pero sí en las respuestas de latencia larga, lo que ha puesto en duda la participación de estructuras de la vía auditiva central hasta la corteza primaria, en la génesis de la epilepsia. Los hallazgos descritos han sido interpretados, por otros autores, como una consecuencia de la terapéutica empleada.

Soliman y colaboradores (1993) han encontrado que un número estadísticamente significativo de los pacientes epilépticos estudiados mostró umbrales elevados en el PEATC y el PEALM, incluso, cuando sus audiogramas tonales resultaron ser normales. La elevación del umbral fue más frecuente en los pacientes con crisis tónico clónicas generalizadas que en aquellos que presentaron epilepsia del lóbulo temporal. La cronicidad de la enfermedad también se relacionó con umbrales elevados en el primer grupo de pacientes; no así, el efecto de los fármacos antiepilépticos. Esta elevación del umbral, se atribuyó a un desequilibrio en los neurotransmisores del tronco encefálico y otras estructuras subcorticales, o al efecto inhibitorio de la vía eferente sobre la aferencia auditiva.

e. Demencias

Hay evidencias clínicas y experimentales que sugieren que las anomalías de Pb en la demencia pueden deberse a una disfunción colinérgica. De hecho, se ha encontrado que, en un alto porcentaje de pacientes con enfermedad de Alzheimer, el componente Pb puede estar ausente. Esta técnica se ha utilizado para el seguimiento de pacientes sometidos a ensayos clínicos para probar el efecto de determinados fármacos, por ejemplo, linopirdina.

O'Mahony y colaboradores (1994) han encontrado un retardo significativo en el tiempo de conducción central en la vía auditiva del tronco encefálico. También lo han hecho en la generación de la respuesta evocada en la corteza auditiva primaria en los pacientes con enfermedad de Alzheimer, comparados con sujetos controles.

Se han constatado, además, anomalías de Pb en pacientes con demencia moderada en comparación con sujetos controles, pero no en pacientes con demencia ligera. Aunque la mayor parte de los trabajos se refieren a anomalías de Pb, también se comunican variaciones en la amplitud de Pa mayor en pacientes con la enfermedad de Alzheimer que en sujetos controles pareados en edad y sexo; pero no en la latencia de este componente más precoz.

f. Otras alteraciones

Por un lado, el PEALM ha permitido evaluar la integridad funcional de la vía auditiva tálamo cortical en pacientes con traumatismo craneoencefálico bitemporal, así como los síntomas neuropsiquiátricos que aparecen en el síndrome post contusivo.

Por otro lado, se han demostrado diferencias marcadas en la latencia de los componentes del PEALM en niños con dificultades en el aprendizaje. Así, por ejemplo, Purdy y colaboradores (2002) han encontrado un componente Na más prolongado y un componente Nb de menor amplitud en niños con este tipo de trastorno, respecto a controles pareados en sexo y edad. Se han observado anomalías en la recuperación del componente

P50, asociado a problemas de atención en pacientes esquizofrénicos, así como alteraciones en el procesamiento sensorial en estos.

El PEALM se ha utilizado también para el estudio del alcoholismo, y se ha encontrado que estos pacientes tienen mucha mayor amplitud de Pa que los sujetos considerados como bebedores sociales. Incluso, se ha demostrado que en el estudio de la recuperación de la excitabilidad cortical durante la fase de abstinencia existe una correlación negativa con la amplitud de Pa. Los niños con una historia familiar multigeneracional de alcoholismo han mostrado una latencia más corta de Pb y una amplitud menor de Pa. Estos resultados demostraron que existían diferencias significativas entre los hijos de alcohólicos y los niños controles, lo que apunta hacia un patrón de transmisión anómalo desde el tálamo hasta la corteza cerebral.

Al parecer, la hipoglicemia en pacientes con diabetes mellitus insulino dependiente provoca cambios transitorios y reversibles en la conformación del PEALM, lo que se ha demostrado mediante la rápida recuperación de la latencia de Pa cuando se normalizan los niveles de glicemia. Otros autores han comunicado variaciones en el PEATC, pero no en el PEALM, de pacientes diabéticos. Por otra parte, se ha explorado este potencial durante la evaluación de pacientes en estado comatoso, en el seguimiento de pacientes con apnea obstructiva crónica bajo tratamiento, y en pacientes parkinsonianos sometidos a tratamiento quirúrgico con palidotomía.

En lo que se refiere a los PEAT y la existencia de un trastorno del lenguaje, la sensibilidad al sonido se desarrolla de manera compleja y continúa aún pasados los cinco años. La mayor parte de dicha sensibilidad no tiene relación con la maduración de las estructuras auditivas periféricas y del tronco encefálico, sino con la capacidad de seleccionar y discriminar frecuencias. Cabe destacar que investigaciones recientes indican que el procesamiento auditivo central, estaría maduro a la edad de cuatro años lo que podría influir de una u otra forma en la latencia de las respuestas de la Pa e incluso en su amplitud (Grose JH y colaboradores, 1998).

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

2.1.1 Analizar, diferenciar y correlacionar, el comportamiento de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, en un grupo de sujetos con audición normal de distintos rangos etarios de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Establecer la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para cada oído a intensidades de estimulación de

100, 80, 60 y 40 dBpeSPL, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.2 Comparar la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para cada oído a intensidades de estimulación de 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.3 Establecer los promedios de la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para cada rango etario a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.4 Comparar los promedios de la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para cada rango etario a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.5 Correlacionar los promedios de la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, en función de la variable edad a intensidades de estimulación de 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.6 Establecer la latencia general de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para las distintas intensidades de estimulación en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años para el total de la muestra, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.7 Comparar la latencia general de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para las distintas intensidades de estimulación en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años para el total de la muestra, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.8 Establecer la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, de acuerdo al sexo a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.9 Comparar la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, de acuerdo al sexo a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.10. Establecer la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para el oído derecho respecto a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.11. Comparar la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, para el oído derecho respecto a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.12 Correlacionar la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de la Latencia Media, para el oído derecho en función de la variable edad a intensidades de estimulación de 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.13 Establecer el porcentaje de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media para cada rango etario a las distintas intensidades de estimulación, en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios y para el total de la muestra, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.14 Establecer el porcentaje de reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media para cada rango etario a las distintas intensidades en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años divididos en tres rangos etarios y para el total de la muestra, de la comuna de San Miguel, Chile.

2.2.15 Establecer el porcentaje de aparición versus reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media para cada rango etario a las distintas intensidades en sujetos de audición normal, con edades comprendidas entre 6 y 60 años y para el total de la muestra, de la comuna de San Miguel, Chile.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo, se expondrán los materiales y métodos empleados en este estudio. Para ello se describirá el tipo de estudio realizado, los instrumentos utilizados en la toma de exámenes, criterios de selección de la muestra y los procedimientos a seguir durante la evaluación y su posterior análisis.

3.1 Diseño del estudio

Corresponde a un estudio descriptivo, de tipo transversal, sobre un universo definido y con variables identificadas como independientes y dependientes. Así, se ha especificado como variables independientes al rango etario, al sexo y la intensidad, y como dependientes la latencia, amplitud, aparición y reproductibilidad.

Dicho estudio fue desarrollado gracias a la colaboración técnica del servicio de ORL del Hospital Barros Luco Trudeau, de la ciudad de Santiago, durante el año 2005. De acuerdo a lo expuesto, se conformaron 3 grupos de trabajo, estratificados por rango etario para su posterior análisis.

3.2 Material Utilizado

Para llevar a cabo este estudio fue necesario utilizar equipos especializados y calibrados, que nos permitieran obtener resultados confiables, estos son:

- Otoscopio
- Audiómetro Madsen, modelo Orbiter 922
- Impedanciómetro Madsen Modelo Zodiac
- Equipo de Potenciales Evocados multisensoriales Marca Amplaid Modelo MK 12

3.3 Criterios de selección

Para normalizar este examen fue necesario que los candidatos ideales cumplieran con algunos requisitos fundamentales, que no alteraran el resultado del PEALM. Por este motivo se optó por los siguientes criterios, que excluyeran todos aquellos factores adversos:

- Población entre 6 y 60 años.
- Indemnidad anatómica y funcional, tanto de oído externo como medio
- Normoyente

- Diestro
- Sin antecedentes de trastorno de lenguaje
- Sin indicios de alteración neurológica ni psiquiátrica evidentes

El período de edad considerado para esta investigación, se fundamenta en el hecho de que a partir de los seis años de vida, la población presenta una vía auditiva tálamo cortical ya madura. A su vez, después de los sesenta años, esta comienza a deteriorarse.

Por su parte la indemnidad anatómica del oído externo, fue constatada a través de una otoscopia, verificando el estado del CAE y del tímpano. Luego se examinó la funcionalidad del oído medio a través de una impedanciometría. De esta forma fueron seleccionados todos aquellos sujetos que arrojaran timpanogramas con curvas tipo A según la descripción de Jerger y presencia de reflejo ipsilateral en la frecuencia 500 y 1000 a 100 dB HL de estimulación.

La normalidad auditiva se evaluó a través de un barrido audiométrico de la vía aérea, entre las frecuencias 250 a 8000 Hz, determinando así los umbrales acústicos de los pacientes. Se entenderá por parámetros de normalidad, todos aquellos umbrales mejores o iguales que 20 dB HL (Bureau International d' Audiophonologie “BIAP”).

Por otra parte, se escogieron sujetos sin antecedentes de trastornos de lenguaje o aprendizaje. Lo anterior constatado por el rendimiento escolar de los participantes, que si bien no es un método diagnóstico de alteración de lenguaje, orienta su descarte. Este criterio se basa en la premisa de que sujetos con alteración de lenguaje no superada como es el caso de Trastorno específico del lenguaje, puede llegar a presentar un desempeño escolar deficiente. Por este motivo fueron seleccionados sujetos que presentaran un buen rendimiento escolar.

Finalmente, a través de una breve entrevista, se obtuvieron diversas referencias personales y mórbidas de los sujetos, para descartar cualquier antecedente de patología neurológica o psiquiátrica evidente. Esto último fue constatando por medio de la

observación conductual y por una puntuación de 15 en la escala de Glasgow, lo cual entrega valores referentes al estado de conciencia que presenta el sujeto al momento de la evaluación.

3.4 Población evaluada y selección de la muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de un pilotaje realizado a 15 personas, con el objetivo de determinar el tamaño de la muestra, obtuvimos por medio de análisis estadísticos que para validar el estudio era necesaria una muestra inferior a 15 individuos, por cada rango etáreo. Con esto se determinó que el grupo I comprendiera entre los 6 y 20 años 11 meses, a continuación, el grupo II entre 21 a 40 años con 11 meses, y finalmente el grupo III comprendido entre los 41 y 60 años con 11 meses.

Finalmente la prueba fue realizada a una totalidad de 50 personas, y así se obtuvo un total de 100 oídos estudiados. De esta forma, se proyectó un determinado porcentaje según los rangos antes mencionados, los cuales se muestra a continuación:

GRUPO	RANGO ETARIO	PORCENTAJES DE LA POBLACION EN ESTUDIO	NÚMERO DE INDIVIDUOS
1	6 – 20.11	34%	17
2	21 – 40.11	34%	17
3	41 – 60.11	32%	16
	TOTAL	100 %	50

Para lograr entonces reunir la muestra, se requirió la participación de una institución educacional, que contara con los sujetos de las edades requeridas. Por tal motivo, se optó por el colegio fiscal Gabriela Mistral, perteneciente a la comuna de San Miguel, Santiago, del cual participaron tanto alumnos como apoderados.

Previa autorización de la institución antes mencionada, los alumnos fueron seleccionados por medio de sus profesores jefes, quienes elaboraron una lista con los mejores rendimientos por cada curso. Por otra parte, para seleccionar a los apoderados se

solicitó al colegio un listado con las respectivas edades de los mismos. Luego estos fueron divididos según su edad, en los distintos rangos etarios a estudiar.

A continuación, estos fueron divididos según su edad, en los distintos rangos etarios a estudiar. Luego, los sujetos de cada rango etáreo fueron escogidos de forma aleatoria por una plantilla de Microsoft Excel, de acuerdo al número requerido para cada rango.

3.5 Procedimientos de evaluación

Todos los sujetos incluidos en este estudio fueron sometidos a una serie de pruebas que nos permitieron, por una parte, descartar aquellos factores que fueran adversos a la investigación y, por otra la obtención de los registros necesarios en el PEALM que permitieran normalizar este examen. De acuerdo a lo anterior, los individuos fueron sometidos al siguiente esquema de trabajo:

- Anamnesis Audiológica
- Aplicación escala de Glasgow
- Otoscopía
- Audiometría de barrido por vía aérea
- Impedanciometría
- Reflejo acústico
- Potencial evocado de Latencia Media

Según este esquema, los candidatos a la toma del potencial fueron sometidos, en una primera instancia, a una pequeña anamnesis donde fueron consignados los antecedentes más relevantes para la investigación. Entre estos se consideró: edad, antecedentes del desarrollo de lenguaje, antecedentes mórbidos de importancia, antecedentes de escolaridad y rendimiento, y por consiguiente la posible existencia de un trastorno de lenguaje.

Luego se continuó con los exámenes audiológicos de rigor, comenzando por una otoscopía para verificar la integridad del conducto auditivo externo, siguiendo con la

audiometría de barrido para establecer umbrales de normalidad. Posteriormente, una impedanciometría que permitió confirmar el correcto funcionamiento del oído medio, con curvas anteriormente mencionadas de tipo A según Jerger, con rangos de complacencia dentro de lo normal y con presencia de reflejo acústico en las frecuencias 500 y 1000. Finalizado lo anterior, se comenzó la obtención de los registros del potencial auditivo de latencia media.

3.6 Obtención de los registros de PEALM

Para efectos de la investigación, resultó necesario y fundamental conocer a cabalidad el equipo Amplaid MK-12, con el que se efectuaron los potenciales evocados auditivos de latencia media. De esta manera, cada uno de los integrantes del presente estudio, realizó como mínimo 3 potenciales evocados de latencia media, a modo de pilotaje, bajo directa supervisión del profesor guía. Así mismo, se utilizaron los siguientes variables de forma continua a lo largo del estudio.

3.6.1 Variables relacionadas con el estímulo

- Tipo de estímulo: Se utilizaron estímulos click de 80 microsegundos de duración. Al ser de tipo transitorios y presentar una pequeña latencia, permiten una adecuada sincronización de la vía auditiva tálamo cortical. Además, se caracterizan por evaluar un amplio espectro frecuencial.
- Modo de estimulación: Monoaural. Se evaluaron los 2 oídos por separados.
- Polaridad: Alternada, debido a que permite visualizar un mejor registro del trazado al eliminar la presencia de artefactos que tienden a anularse por ser de distintas polaridades.
- Rate: 11 ciclos /segundo. Se determina porque a menor rate mejor morfología del registro y permite una adecuada sincronización de respuesta de la vía tálamo cortical.

3.6.2 Variables de obtención y análisis del registro

- Sensibilidad de inicio: 2,5 Nvolt por división, por tener un margen de selección más estrecha en el registro de la respuestas evocadas auditivas y no de potenciales puramente miógenos.
- Número de estímulos promediados: Se promediaron de 1000 estímulos, a modo de optimizar el tiempo de evaluación, y en consideración de que con esta cantidad se obtienen respuestas válidas.
- Ventana de registro: Se analizó la respuesta entre los 10 m/s a 80 m/s después de la estimulación.
- Intensidades evaluadas: se evaluó intensidades desde 100 dBpeSPL hasta 40 dBpeSpl.
- Número de trazados por intensidad: Se registraron 2 trazados para cada intensidad evaluada (registro a doble estimulación).
- Ubicación de los electrodos: Referencia: Lóbulo Ipsilateral (-)
Tierra: Lóbulo contralateral
Activo: Frente (+)
- Impedancia de los electrodos: La resistencia que oponen los tejidos orgánicos al paso del registro eléctrico, debe ser inferior a 5000 Ohm.
- Sensibilidad de registro: Dependiendo de la morfología del trazado estas fueron establecidas a 250nV y 500nV.

3.6.3 Filtros utilizados

- Filtro pasa alto: 30 Hz, permite el paso de registros superiores a esta frecuencia.
- Filtro pasa bajo: 200 Hz, permite el paso de registros inferiores a esta frecuencia.
- Filtro Reject: Rechaza potenciales miógenos y artefactos.
- Filtro Notch: Elimina el registro de la frecuencia 60 Hz, proveniente de la toma de corriente eléctrica del equipo.

3.7 Descripción del registro del PEALM

Los pacientes que superaron con éxito todos los requerimientos previamente descritos, pudieron continuar con la obtención de los registros. Para ello fueron ingresando de forma aislada a la sala de toma de examen, donde fueron cómodamente instalados, se procedió con la implementación de los electrodos, previa limpieza en la zona de ubicación y chequeando, luego, la impedancia de la piel.

Así pues, se utilizó un método descendente de estimulación, partiendo a una intensidad de 100 dB SPL, pasando por 80 dB, 60 dB y, finalmente, 40 dB. Cada una de estas intensidades de estimulación fueron registradas en dos oportunidades para cada oído estudiado, comenzando por el oído derecho por razones de protocolo. El análisis de los resultados de la obtención de la onda Pa, en su latencia y amplitud, fueron revisados una vez culminada la evaluación. Finalmente, cada paciente llevó una copia de sus exámenes auditivos.

3.8 Métodos de análisis de la onda “Pa”

Resulta necesario establecer cuales fueron los criterios usados para identificar y analizar la onda “Pa”. Para determinar la aparición y latencia de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados auditivos de Latencia Media se tomó en consideración la presencia

de un peak positivo, claro y estable dentro de un rango de “ms” establecido por la literatura, llegando a un consenso entre los evaluadores y el profesor guía.

Asimismo, para determinar los valores de la amplitud de la onda “Pa” de los PEALM a los 100 dBpeSpl, fue necesario considerar la diferencia existente entre el peak positivo de la onda “Pa”, y el peak negativo correspondiente a la onda “No”. Este valor absoluto corresponde objetivamente a la amplitud, definida como el máximo nivel de una señal periódica, es decir el valor que alcanza entre los peak.

Finalmente, la reproductibilidad de la onda “Pa” se estableció identificando 2 trazados simétricos a la misma intensidad de estimulación en el mismo oído. De esta forma, si la onda en estudio no cumplía con este requisito, era eliminada del análisis, ya que no se consideró como repetible.

3.9 Métodos de análisis estadístico

Uno de los objetivos de esta investigación, es valorar las correlaciones, o dicho de otra forma, de las relaciones entre las diversas variables. Así, nos encontramos con una variable “Y” o dependiente y una variable “X” o independiente. En teoría, ambas deberían variar de forma conjunta lo cual se conoce como una distribución normal bivariada, de la cual es posible hacer inferencias sobre una población. A su vez, podemos rescatar dentro de los elementos que conforman la distribución normal bivariada el *coeficiente de correlación* de la población o “r”, el cual mide la intensidad de la relación lineal entre X e Y, es decir permite buscar relaciones entre una variable dependiente y una independiente. (Daniel, 2002)

Por otra parte, dicho coeficiente de correlación de la población puede alcanzar valores que varían entre -1 y +1. Cuando $r = +1$, existe una correlación lineal directa perfecta entre las dos variables, mientras que cuando $r = -1$ existe una correlación lineal inversa perfecta. Si $r = 0$, las dos variables no están correlacionadas en forma lineal.

A su vez, también es posible identificar la probabilidad de error de una asociación entre una o más variables o “p”. Si p es menor o igual a 0,05 se concluye que hay diferencias significativas entre las dos variables. Podemos concluir que el valor “p” permite identificar diferencias significativas entre variables similares.

La totalidad de los análisis estadísticos realizados en el presente estudio, fueron desarrollados por medio del *“Procesador de textos, base de datos y estadísticas para la Salud Pública: EPI Info 6”*, en su versión 6.04 de enero de 2001, desarrollado por el World Health Organization of Switzerland y el Center for Disease Control y Prevention of U.S.A.

Con todo, la presentación de los resultados obtenidos de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, a lo largo de este estudio establece un procedimiento de investigación, en el cual se efectúan análisis, diferencias y correlaciones. El primero de ellos, se realiza por medio de la obtención de promedios y desviaciones estándar de la latencia y amplitud de la onda “Pa”. El segundo, gracias a la búsqueda y obtención de diferencias significativas entre los resultados (valor “p”). El tercero, por medio de la identificación de valores de correlaciones directas, indirectas, o en su defecto, la no existencia de las mismas (valor “r”).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos en la investigación del comportamiento de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de Latencia Media. Se establecen promedios específicos y generales de aparición, en los distintos rangos etarios evaluados, con sus respectivas desviaciones estándar. Además, se proporcionan coeficientes de correlación (r) y la probabilidad de error de asociación (p), a modo de validar estadísticamente el estudio.

Antes de efectuar el análisis es necesario señalar que se desarrollaron dos estimulaciones por oído en cada una de las intensidades. Así, posteriormente a su exploración estadística, fue posible determinar que no existen diferencias significativas en la utilización de uno u otro oído o de sus promedios. Esto es producto de que sus respuestas presentaron diferencias mayores a 0,05 en el valor “p”, y por tanto, resulta completamente operacional analizarlos en forma individual o conjunta (promediada).

4.1 Latencia de la onda “Pa” de los PEALM para cada oído a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL de estimulación, en los distintos rangos etarios.

En primer lugar, se observa la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media a 100 dBpeSPL para el oído derecho e izquierdo en cada rango etario. En general, se aprecia un comportamiento similar para todos los rangos. Así mismo, las diferencias “p” para las respuestas a 100 dBpeSPL del oído derecho fue de 0.18 e izquierdo de 0.99, por lo cual, para ambos no existen diferencias significativas entre los rangos etarios (Gráfico 1 y 2, Tabla 1).

Gráfico 1: Latencia O.D. a 100 dBpeSPL

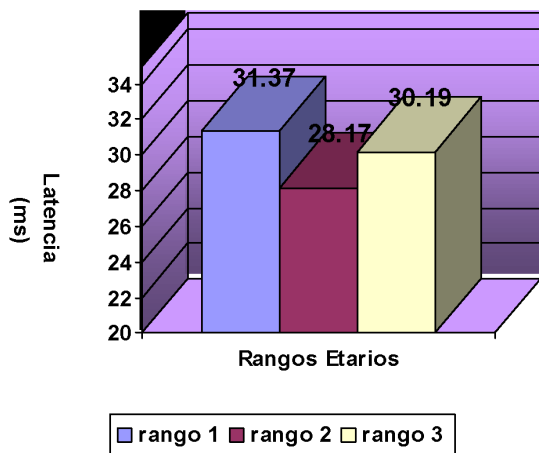


Gráfico 2: Latencia O.I. a 100 dBpeSPL

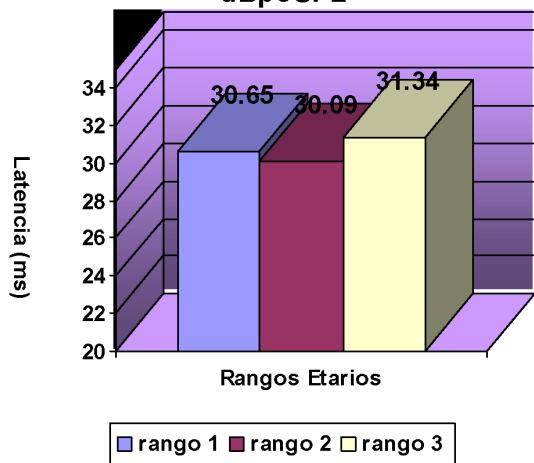


Tabla 1: Comportamiento onda “Pa” en oído derecho e izquierdo a 100 dBpeSPL

Rango Etario (años)	Latencia Aparición O.D. (mseg)	D. Estándar O.D. (mseg)	Latencia Aparición O.I. (mseg)	D. Estándar O.I. (mseg)
6 – 20.11	31.37	2.15	30.65	2.46
21 – 40.11	29.17	3.55	30.09	3.15
41 – 60.11	30.19	1.84	31.34	3.33

En segundo lugar, se observa la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media a 80 dBpeSPL. El oído derecho presenta un comportamiento aleatorio sin diferencias significativas demostrado por el valor “p” de 0.17. Por su parte, el oído izquierdo presenta un comportamiento de la onda “Pa” con una tendencia descendente a medida que aumenta la edad, sin embargo, sus diferencias son mínimas pues su valor “p” es de 0.41 (Gráficos 3 y 4, Tabla 2)

Gráfico 3: Latencia O.D. a 80 dBpeSPL

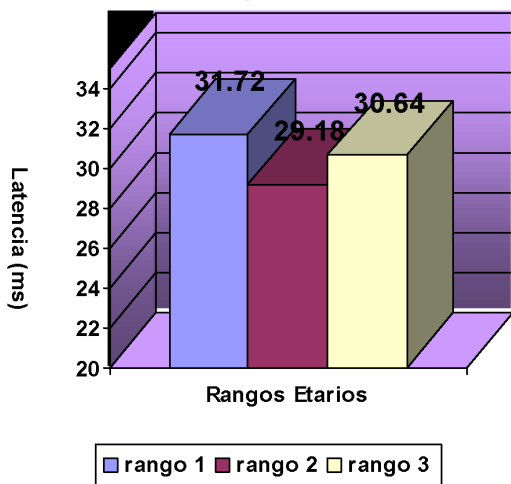


Gráfico 4: Latencia O.I. a 80 dBpeSPL

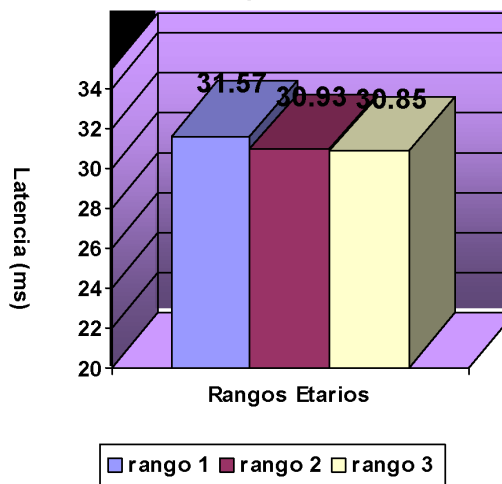


Tabla 2: Comportamiento onda “Pa” en oído derecho e izquierdo a 80 dBpeSPL

Rango Etario (años)	Latencia Aparición O.D. (mseg)	D. Estándar O.D. (mseg)	Latencia Aparición O.I. (mseg)	D. Estándar O.I. (mseg)
6 – 20.11	31.72	2.10	31.57	2.89
21 – 40.11	29.18	2.78	30.93	3.57
41 – 60.11	30.64	1.91	30.05	3.31

En tercer lugar, la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media a 60 dBpeSPL para el oído derecho fue disímil entre los tres rangos etarios, pero no existen diferencias significativas, ya que el valor “p” es igual a 0.53. Por su parte, en el oído izquierdo, se aprecia un comportamiento similar entre los rangos etarios 2 y 3 y disímil para el rango 1 el cual tiende a presentar una latencia de aparición de la onda “Pa” mayor pero sin diferencia significativas por su valor “p” de 0.79 (Gráfico 5 y 6, Tabla 3).

Gráfico 5: Latencia O.D. a 60 dBpeSPL

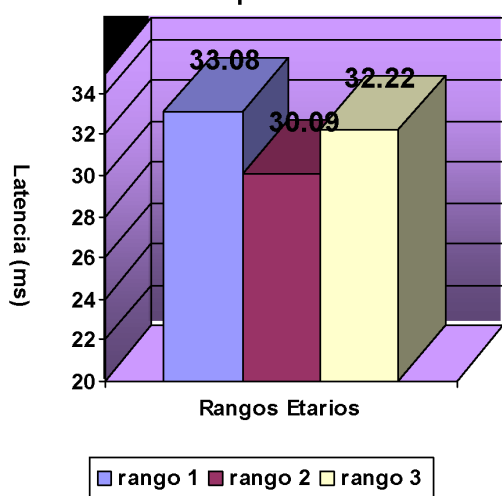


Gráfico 6: Latencia O.I. a 60 dBpeSPL

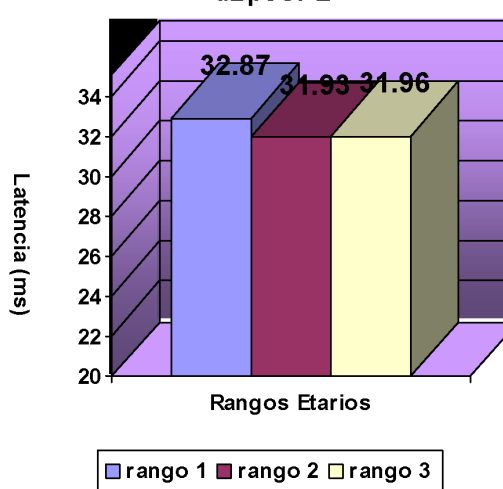


Tabla 3: Comportamiento onda “Pa” en oído derecho e izquierdo a 60 dBpeSPL

Rango Etario (años)	Promedio Aparición O.D. (mseg)	Desv. Estándar O.D. (mseg)	Promedio Aparición O.I. (mseg)	Desv. Estándar O.I. (mseg)
6 – 20.11	33.08	2.53	32.87	3.11
21 – 40.11	30.09	2.96	31.93	4.01
41 – 60.11	32.22	2.76	30.64	3.09

En cuarto lugar, la latencia de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media a 40 dBpeSPL para el oído derecho presenta un comportamiento disímil para los tres rangos, pero como su diferencia “p” fue de 0.73, no existen diferencias significativas. Por su parte, el oído izquierdo presenta una latencia de aparición de la onda “Pa” semejante para los rangos 2 y 3 y no así para el rango 1, el cual se encuentra aumentado, aunque las diferencias entre las distintas edades no son significativas, ya que su valor “p” es 0.79. (Gráfico 7 y 8, Tabla 4).

Gráfico 7: Latencia O.D. a 40 dBpeSPL

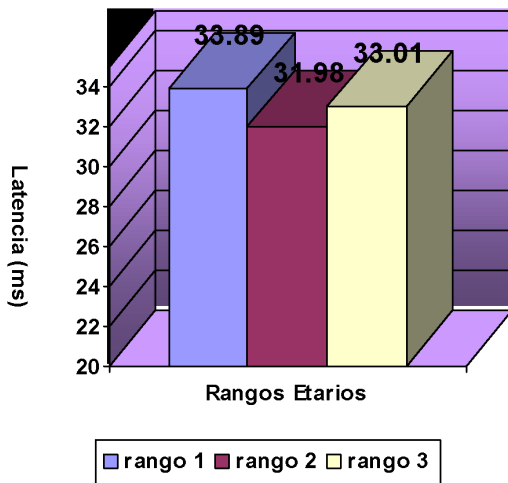


Gráfico 8: Latencia O.I. a 40 dBpeSPL

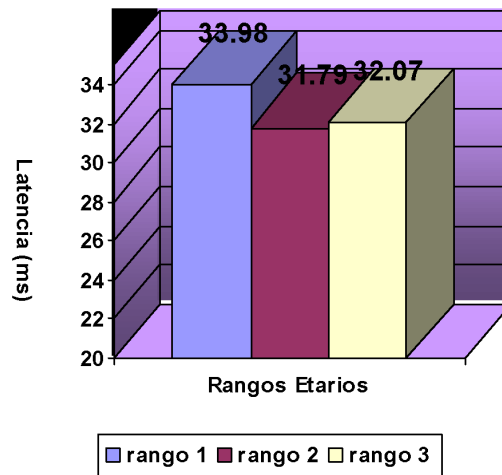


Tabla 4: Comportamiento onda “Pa” en oído derecho e izquierdo a 40 dBpeSPL

Rango Etario (años)	Promedio Aparición O.D. (mseg)	Desv. Estándar O.D. (mseg)	Promedio Aparición O.I. (mseg)	Desv. Estándar O.I. (mseg)
6 – 20.11	33.89	3.27	33.98	3.20
21 – 40.11	31.98	3.55	31.79	4.01
41 – 60.11	33.01	3.48	32.07	2.87

4.2 Promedio de latencia de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario a distintas intensidades de estimulación

Antes de continuar el análisis, es necesario aclarar que para obtener los promedios de latencia de aparición de la onda “Pa” para ambos oídos a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL de intensidad de estimulación, se establecieron las posibles discrepancias en el comportamiento entre un oído y otro. Los resultados obtenidos arrojaron que no existen diferencias significativas. Por lo tanto, es estadísticamente válido utilizarlos tanto de forma individual como promediados.

En primer lugar, para el rango de edad de 6 a 20 años 11 meses, el comportamiento de la latencia de la onda “Pa” para ambos oídos es similar, asimismo las diferencias no resultan significativas pues sus valores “p” a 100 dBpeSPL fueron de 0.39; a 80, de 0.78; a 60, de 0.81 y a 40, de 0.34.

Cualitativamente se puede observar que existe una tendencia a aumentar el promedio de latencia de la onda “Pa” para ambos oídos a medida que disminuye la intensidad de estimulación. Así, el comportamiento del promedio de la latencia de aparición de la onda “Pa” para ambos oídos es inversamente proporcional a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL, para este rango etario (Gráfico 9, Tabla 5).

Gráfico 9: Promedio de Latencia onda "Pa" a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL. Rango 1

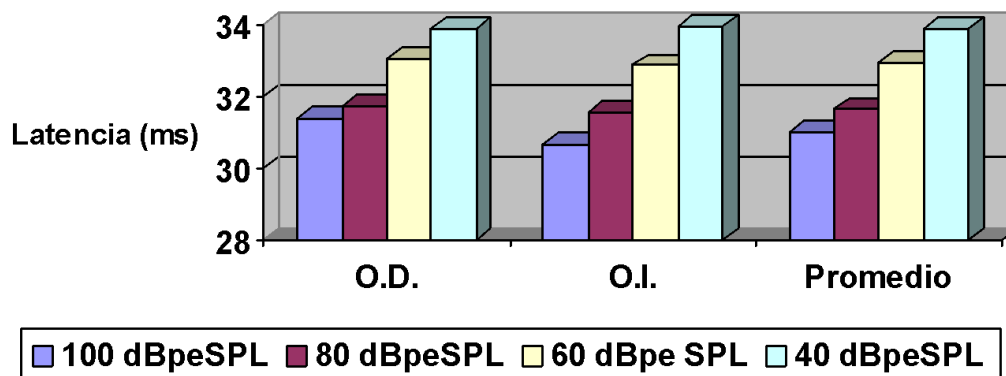




Tabla 5: Comportamiento promedio onda “Pa” a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL para el rango 1

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia O.D. (ms)	Latencia O.I. (ms)	Promedio Latencia (ms)	Desv. Estándar Promedio
100	31.37	30.65	31.01	1.59
80	31.72	31.57	31.64	1.80
60	33.08	32.87	32.97	2.29
40	33.89	33.98	33.93	2.87

En segundo lugar, para el rango de 21 años a 40 años 11 meses, existe un comportamiento similar de los promedios de aparición de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de Latencia Media para ambos oídos. Esto se confirma ya que no existen diferencias significativas, pues sus valores “p” a 100 dBpeSPL fueron de 0.07; a 80, de 0.07; a 60, de 0.20 y a 40, fue de 0.43.

A su vez, es posible analizar de forma cualitativa lo que corresponde al comportamiento de los promedios de la latencia de aparición de la onda “Pa” para ambos oídos. Estos presentan una tendencia a aumentar a medida que disminuye la intensidad de estimulación a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL (Gráfico 10, Tabla 6).

Gráfico 10: Latencia onda "Pa" a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL. Rango 2

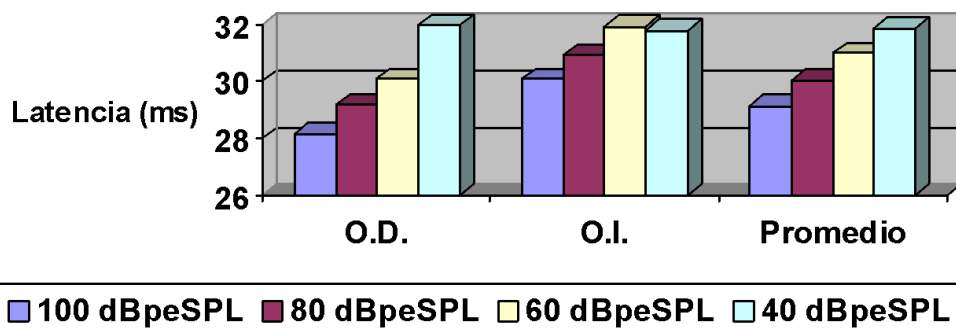


Tabla 6: Comportamiento onda “Pa” a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL para el rango 2

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia O.D. (ms)	Latencia O.I. (ms)	Promedio Latencia (ms)	Desv. Estándar Promedio
100	28.17	30.09	29.13	2.76
80	29.18	30.93	30.05	2.50
60	30.09	31.93	31.01	2.70
40	31.98	31.79	31.87	3.44

En tercer lugar, para el rango de 41 años a 60 años 11 meses, presenta un comportamiento de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de Latencia Media similar entre ambos oídos sin diferencias significativas, pues sus valores “p” a 100 dBpeSPL fueron de 0.41; a 80, de 0.87; a 60, de 0.81 y a 40 fue de 0.30

Mediante el análisis cualitativo se puede observar que existe una tendencia a aumentar los promedios de la latencia de la onda “Pa” para ambos oídos a medida que disminuye la intensidad de estimulación. Así, el promedio del comportamiento de la latencia de aparición de la onda “Pa” para ambos oídos es inversamente proporcional a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL (Gráfico 11, Tabla 7).

Gráfico11: Latencia onda "Pa" a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL. Rango 3

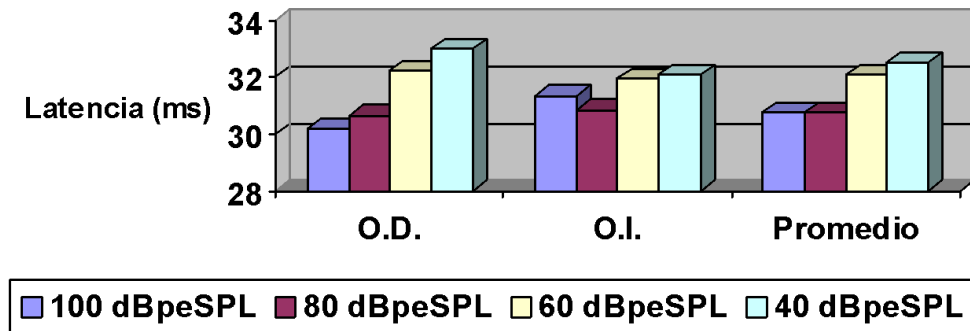


Tabla 7: Comportamiento onda “Pa” a 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL para el rango 3

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia O.D. (ms)	Latencia O.I. (ms)	Promedio Latencia (ms)	Desv. Estándar Promedio
100	30.19	31.34	30.76	1.80
80	30.64	30.85	30.75	1.64
60	32.22	31.96	32.09	2.08
40	33.01	32.07	32.51	2.37

4.3 Correlación entre el promedio de latencia de la onda Pa y la variable edad, a intensidades de 100, 80, 60 y 40 dBpeSPL de estimulación

En función de los análisis estadísticos, podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre las latencias de un oído y otro. Del mismo modo, los valores de correlación “r” entre la variable edad y los promedios de las latencias no indican una determinada tendencia y sus diagramas de dispersión demuestran la inexistencia de una relación lineal entre estas variables (Gráficos 12, 13, 14 y 15).

Por un lado, el comportamiento de la onda Pa de los Potenciales Evocados de Latencia Media a los 100 dBpeSPL presenta un valor de la correlación “r” que es igual a 0. Por otro lado, a los 80 dBpeSPL su correlación es igual a 0.16, a 60 de -0.11 y a 40 de -0.24.

<p>EMBED PBrush Gráfico 12: Diagrama de Dispersión de latencia y edad a 100dBpeSPL</p>	<p>EMBED PBrush Gráfico 13: Diagrama de Dispersión de latencia y edad a 80 dBpeSPL</p>
<p>EMBED PBrush Gráfico 14: Diagrama de Dispersión de latencia y edad a 60 dBpeSPL</p>	<p>EMBED PBrush Gráfico 15: Diagrama de Dispersión de latencia y edad a 40 dBpeSPL</p>

4.4 Latencia general de aparición de la onda “Pa” de los PEALM para todos los sujetos, a las distintas intensidades de estimulación

Siguiendo con este razonamiento, es posible promediar la latencia de aparición de la onda “Pa” para toda la muestra, ya que no existe una correlación entre la edad y dicha variable. Así pues, estas latencias generales también tienden a aumentar a medida que se estimula a una menor intensidad. Sin embargo, no es posible afirmar cuantitativamente que esto sea así, pues las diferencias entre las intensidades 100 y 40 dBpeSPL no son estadísticamente significativas, ya que el valor “p” fue igual a 0.15 (Gráfico 16, Tabla 8).

Gráfico 16: Latencia General de Aparición onda "Pa" para todos los Sujetos

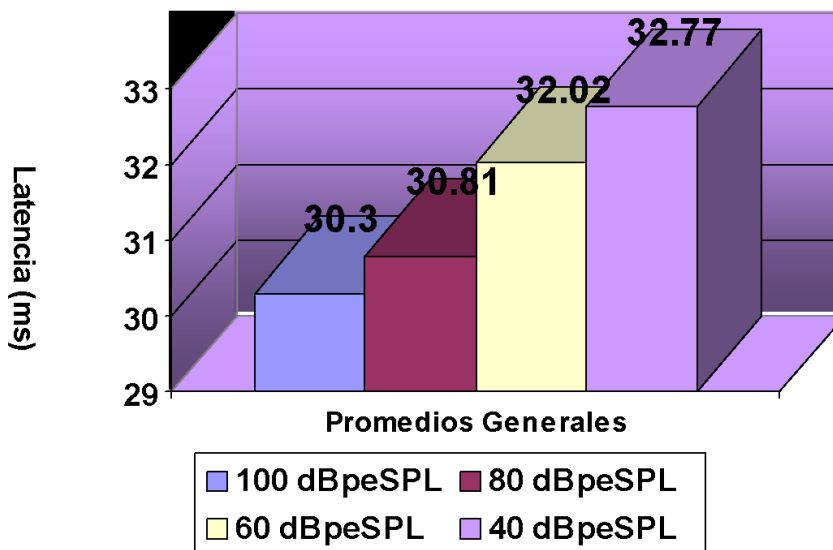


Tabla 8: Comportamiento general de la onda “Pa” a distintas intensidades. Para todos los sujetos

Intensidad (dBpeSPL)	Promedio Latencia de Aparición (mseg)	Desviación Estándar
100	30.3	2.24
80	30.81	2.09
60	32.02	2.47
40	32.77	3.04

4.5 Comparación entre latencia de aparición de la onda “Pa” y la variable sexo para cada rango etario

En lo que respecta a la posible relación entre la variable sexo y latencia, es posible afirmar que no existen diferencias significativas entre uno y otro sexo. Estadísticamente sus valores “p” confirman esto, pues al analizarlo según rango no es posible identificar valores menores a 0,05 (Gráficos 17, 18 y 19, Tablas 9, 10 y 11)

**Gráfico 17: Latencia onda "Pa" según Sexo.
Rango 1**

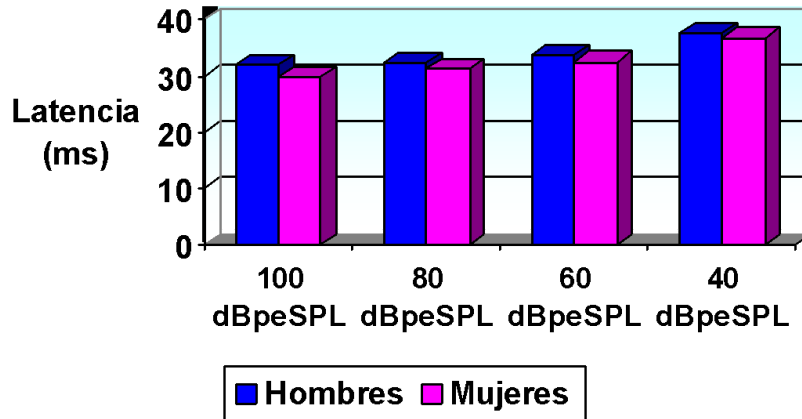


Tabla 9: Comportamiento de la onda “Pa” para hombres y mujeres del rango 1.

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia Hombres (ms)	Latencia Mujeres (ms)	Diferencia “p”
100	31.84	29.82	0.10
80	32.22	31.11	0.88
60	33.65	32.40	0.83
40	37.68	36.63	0.32

**Gráfico 18: Latencia onda "Pa" según Sexo.
Rango 2**

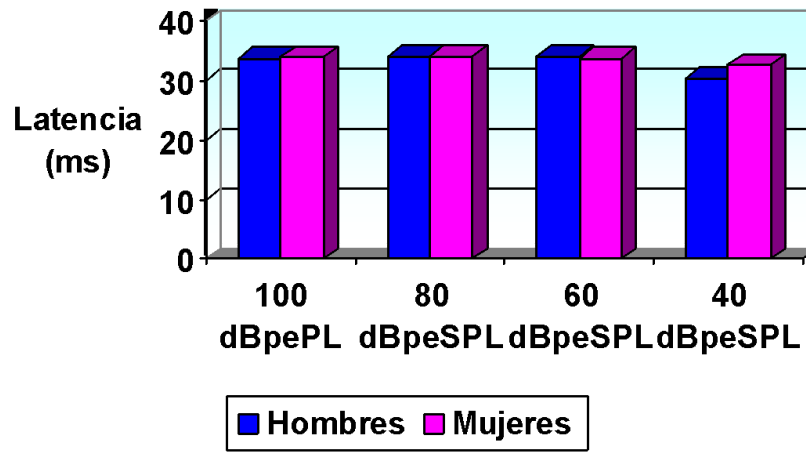


Tabla 10: Comportamiento de la onda “Pa” para hombres y mujeres del rango 2.

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia Hombres (ms)	Latencia Mujeres (ms)	Diferencia “p”
100	33.80	33.32	0.52
80	34.10	34.10	1.00
60	34.13	33.65	1.00
40	30.44	32.54	0.50

**Gráfico 19: Latencia onda "Pa" según Sexo.
Rango 3**

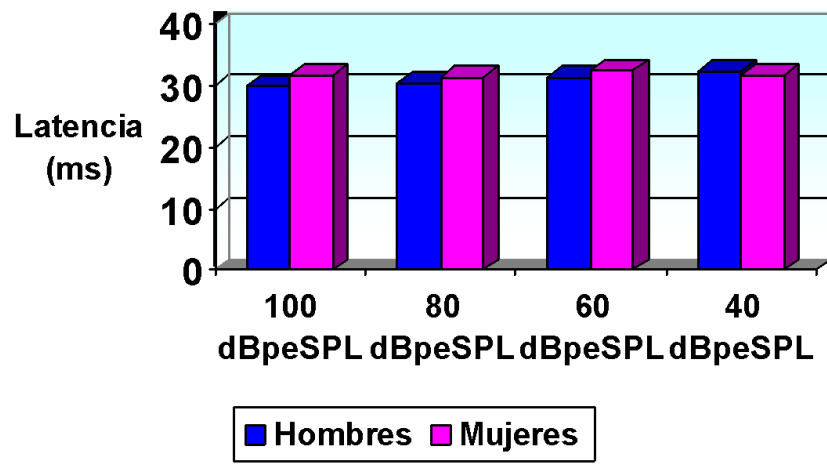


Tabla 11: Comportamiento de la onda “Pa” para hombres y mujeres del rango 3.

Intensidad (dBpeSPL)	Latencia Hombres (ms)	Latencia Mujeres (ms)	Diferencia “p”
100	29.95	31.61	0.67
80	30.43	31.27	0.83
60	31.43	32.50	0.83
40	32.37	31.73	0.49

4.6 Comparación de amplitud de la onda “Pa” de los PEALM a distintas intensidades de estimulación para cada rango etario

El análisis de la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media se efectuó sólo en el oído derecho para cada rango etario, en las distintas intensidades de estimulación. Con estos datos es posible apreciar de forma cualitativa una tendencia de disminuir la amplitud a medida que disminuye la intensidad de estimulación.

En primer lugar, para el rango 1 se confirma estadísticamente la apreciación cualitativa, ya que se establece una diferencia significativa entre la máxima intensidad de estimulación (100 dBpeSPL) con la mínima (40 dBpeSPL). Siendo esta menor a 0.05 (valor “p” 0.0002), (Gráfico 20, Tabla 12).

**Gráfico 20: Promedio de Amplitud de la onda "Pa".
Rango 1**

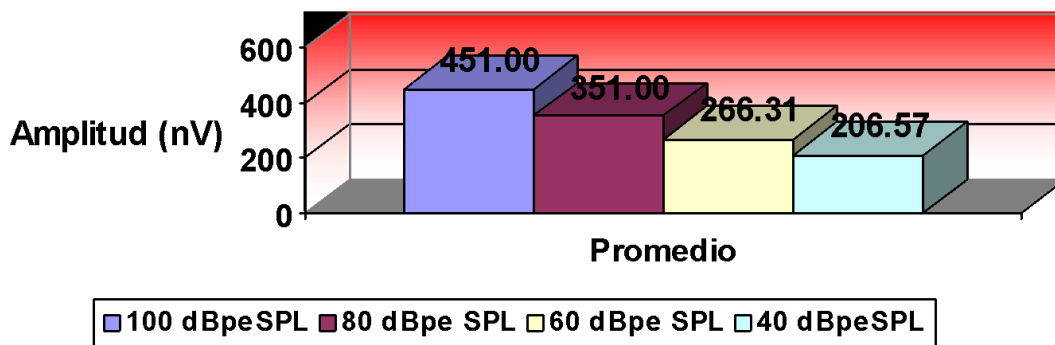


Tabla 12: Promedios de amplitud y desviación estándar, para las distintas intensidades. Rango 1

Intensidad (dBpeSPL)	Promedio de Amplitud (nV)	Desviación Estándar (nV)
100	451.00	56.50
80	351.00	36.70
60	266.31	26.20

40	206.27	19.66
-----------	--------	-------

En segundo lugar, para el rango 2 también se confirma estadísticamente la apreciación cualitativa, ya que se establece una diferencia significativa entre la máxima intensidad de estimulación (100 dBpeSPL) con la mínima (40 dBpeSPL). Siendo esta menor a 0.05 (valor “p” 0.0000), (Gráfico 21, Tabla 13).

**Gráfico 21: Promedio de Amplitud de la onda "Pa".
Rango 2**

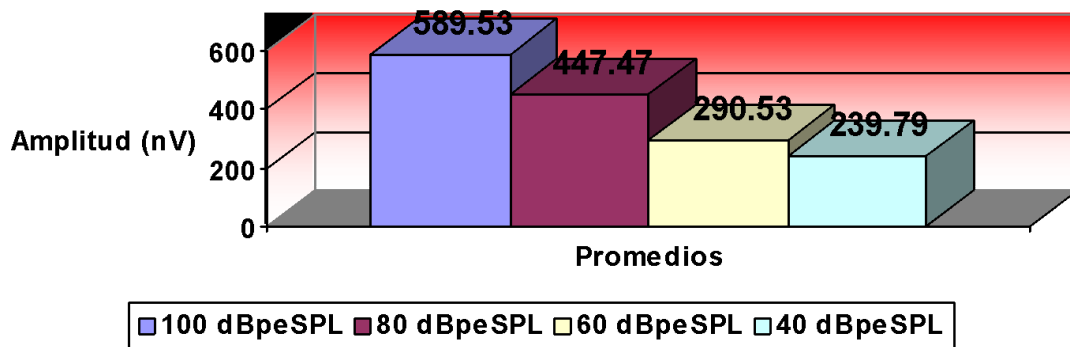


Tabla 13: Promedios de amplitud y desviación estándar, para las distintas intensidades. Rango 2

Intensidad (dBpeSPL)	Promedio de Amplitud (nV)	Desviación Estándar (nV)
100	589.53	78.19
80	447.47	55.66
60	290.53	28.93
40	239.79	28.64

En tercer lugar, para el rango 3 también es posible confirmar estadísticamente la apreciación cualitativa, ya que se establece una diferencia significativa entre la máxima intensidad de estimulación (100 dBpeSPL) con la mínima (40 dBpeSPL). Siendo esta menor a 0.05 (valor “p” 0.0000), (Gráfico 22, Tabla 14).

**Gráfico 22: Promedio de Amplitud de la onda "Pa".
Rango 3**

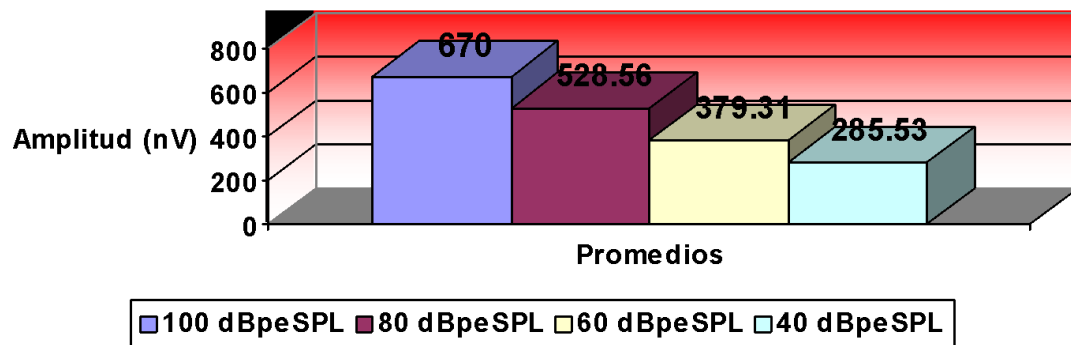


Tabla 14: Promedios de amplitud y desviación estándar, para las distintas intensidades. Rango 3

Intensidad (dBpeSPL)	Promedio de Amplitud (nV)	Desviación Estándar (nV)
100	670.00	45.66
80	528.56	38.98
60	379.31	29.75
40	285.53	12.82

4.7 Correlación entre amplitud de la onda “Pa” de los PEALM y edad a distintas intensidades de estimulación

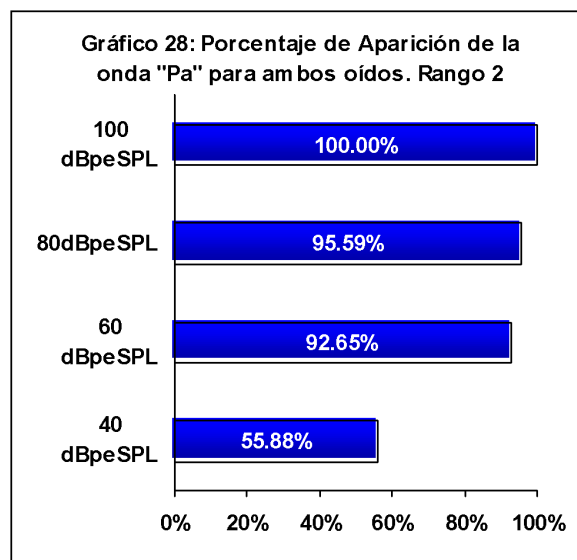
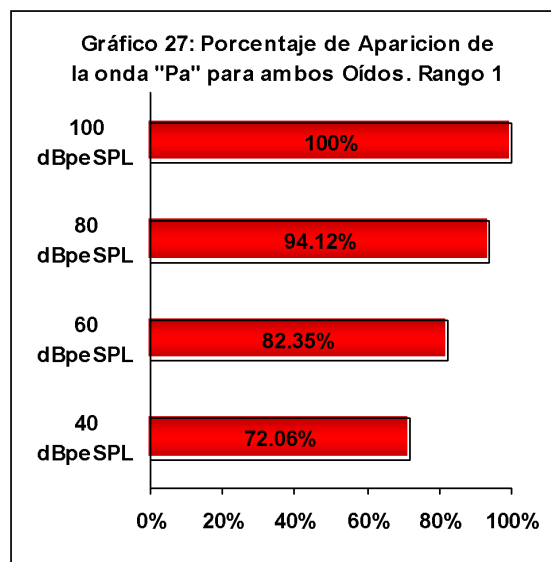
En lo que concierne al comportamiento de la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, se puede observar cualitativamente que existe una tendencia a aumentar la amplitud, a medida que aumenta la edad de los sujetos. Esto para cada una de las intensidades de evaluación estudiadas.

Lo anterior queda estadísticamente demostrado al obtenerse valores “r” cercanos a 1 entre la variable amplitud y edad, en cada una de las intensidades. Así pues, se establece una correlación lineal directa entre las mismas, que pueden apreciarse gráficamente en los siguientes esquemas de dispersión de puntos (Gráficos 23, 24, 25 y 26).

<p>EMBED PBrush Grafico 23: Diagrama de Dispersión de amplitud y edad a 100dBpeSPL. Valor “r” = 0.87</p>	<p>EMBED PBrush Grafico 24: Diagrama de Dispersión de amplitud y edad a 80dBpeSPL. Valor “r” = 0.90</p>
<p>EMBED PBrush Grafico 25: Diagrama de Dispersión de amplitud y edad a 60dBpeSPL. Valor “r” = 0.85</p>	<p>EMBED PBrush Grafico 26: Diagrama de Dispersión de amplitud y edad a 40dBpeSPL. Valor “r” = 0.84</p>

4.8 Porcentajes de aparición de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario y, para toda la muestra, en las distintas intensidades.

Al medir y evaluar la onda “Pa” de los PEALM, es posible identificar el porcentaje en que dicha onda se presenta con un peak positivo, claro y estable. Específicamente, cada rango muestra una tendencia a disminuir su porcentaje de aparición, mientras desciende la intensidad de estimulación. Esta tendencia se repite en todos los rangos etarios (Gráficos 27, 28, 29 y 30, Tabla 15).



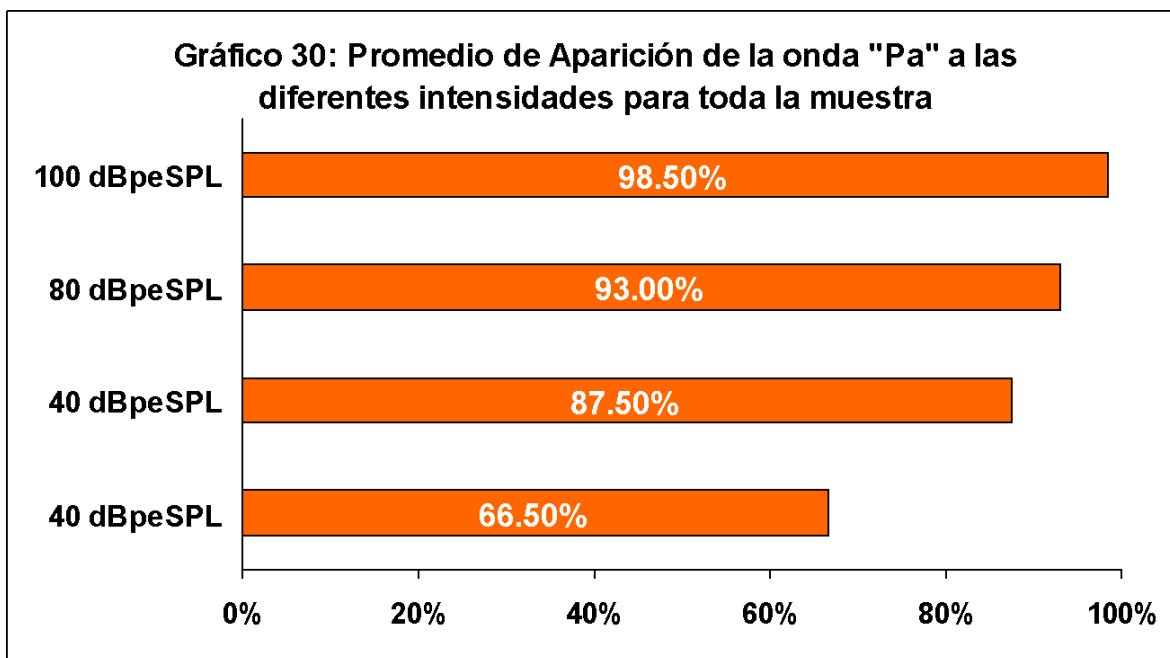
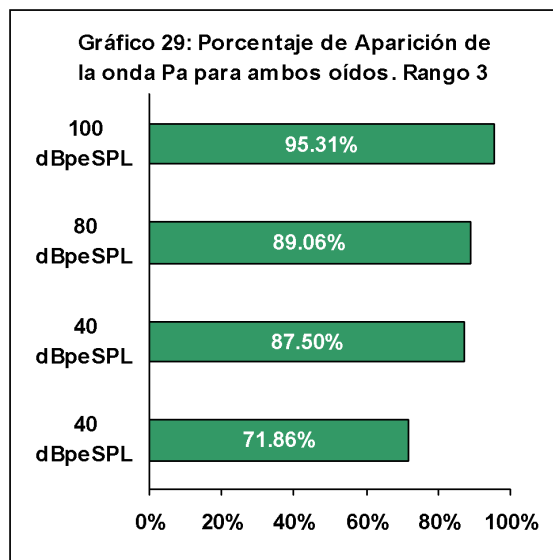
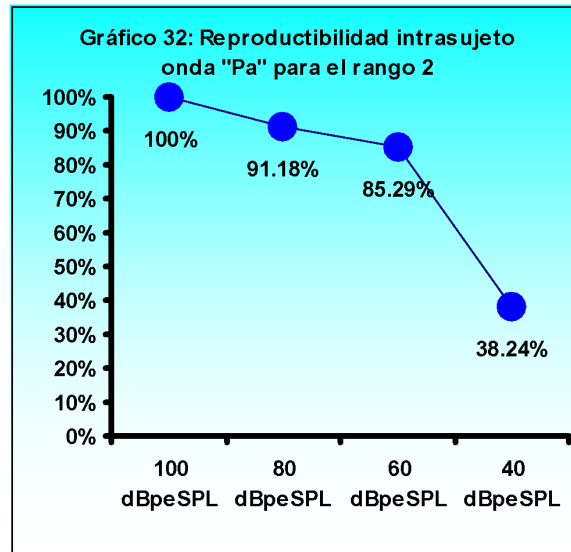
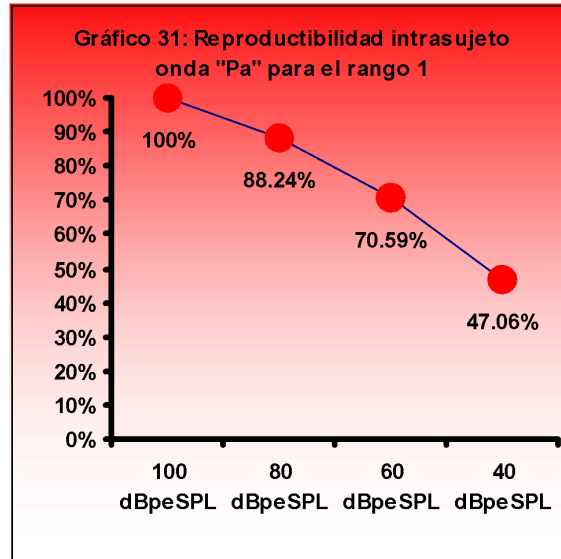


Tabla 15: Promedios de aparición de la onda Pa para el Rango 1, 2, 3 y por intensidad

INTENSIDAD	RANGO 1	RANGO 2	RANGO 3	PROMEDIO
100 dBpeSPL	100 %	100 %	95.31%	98.50%
80 dBpeSPL	94.12%	95.59%	89.06%	93.00%
60 dBpeSPL	82.35%	92.65%	87.50%	87.50%
40 dBpeSPL	72.06%	55.68%	71.86%	66.50%

4.9 Porcentaje de reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los PEALM para cada rango etario y, para toda la muestra, a distintas intensidades.

Al analizar cualitativamente el porcentaje de reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, se observó que este presenta un marcado descenso a medida que disminuye la intensidad. Estos datos se ven corroborados al analizar dichos porcentajes en función de las intensidades. (Gráficos 31, 32, 33 y 34, Tabla 16)



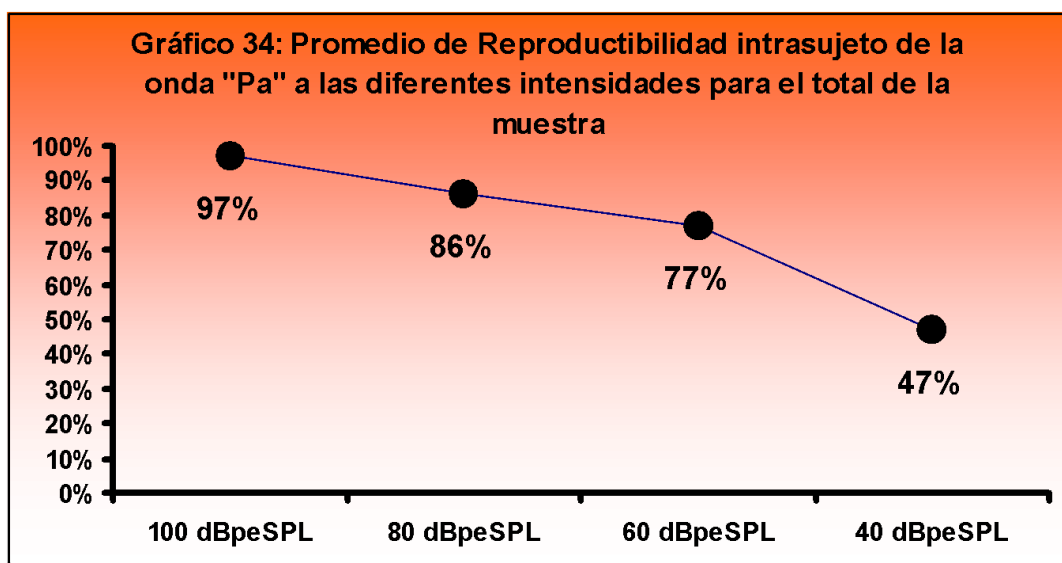
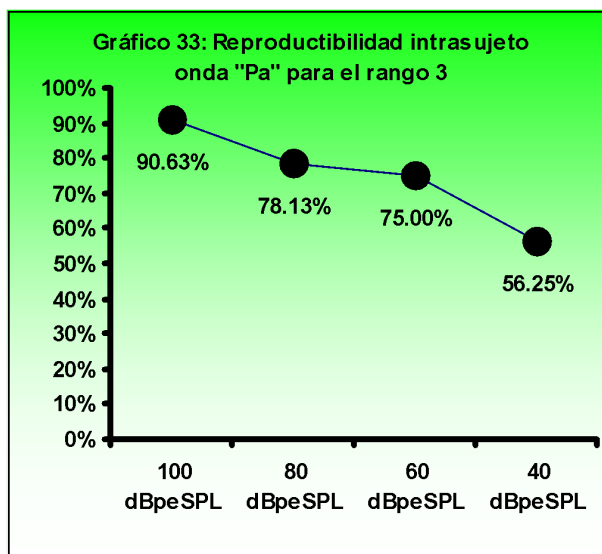


Tabla 16: Promedios de reproducibilidad intrasujeto de la onda Pa para el Rango 1, 2 y 3 según intensidad

INTENSIDAD	RANGO 1	RANGO 2	RANGO 3	PROMEDIO
100 dBpeSPL	100%	100%	90.63%	97.00%
80 dBpeSPL	88.24%	91.18%	78.13%	86.00%
60 dBpeSPL	79.59%	85.29%	75.00%	77.00%

40 dBpeSPL	47.06%	38.24%	56.25%	47.00%
-------------------	--------	--------	--------	--------

4.10 Porcentajes de Aparición versus reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los PEALM para ambos oídos

Finalmente, al interrelacionar los resultados de la aparición y reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de latencia media, se puede observar que las mejores condiciones para la obtención de ambos resultados ocurre a las mayores intensidades de estimulación para todos los rangos etéreos (Tabla 17).

Tabla 17: Porcentajes de aparición versus reproductibilidad de la onda Pa para los Rangos 1, 2, 3 en función de la intensidad

RANGO	100 dBpeSPL	80 dBpeSPL	60 dBpeSPL	40 dBpeSPL
1	100 / 100	94.12 / 88.24	82.35 / 79.59	72.06 / 47.06
2	100 / 100	95.59 / 91.18	92.65 / 85.29	55.68 / 38.24
3	95.31 / 90.63	89.06 / 78.13	87.50 / 75.00	71.86 / 56.25
total	98.50 / 97.00	93.00 / 86.00	87.50 / 77.00	66.50 / 47.00

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se ha buscado identificar las latencias de aparición junto con las amplitudes la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de Latencia Media, sus promedios para diversos rangos etarios y sus respectivas desviaciones estándar. Estos resultados son aplicables sólo para un número determinado de sujetos normales de la comuna de San Miguel y específicamente del colegio fiscal Gabriela Mistral. Particularmente, iniciamos este estudio en base a un marco teórico, el cual nos entrega información de que la onda “Pa” posee una utilidad clínica como complemento del estudio de la vía auditiva, del comportamiento de restos auditivos de frecuencias graves, permite una evaluación funcional de daños neurológicos, implante cocleares e incluso podría utilizarse en la pesquisa de trastornos del lenguaje y aprendizaje.

A su vez, es posible afirmar que existe una extensa gama de discrepancias entre los diversos autores estudiados, entre sus resultados y los obtenidos en la presente investigación. Las posibles explicaciones de dichas diferencias pueden radicar en que cada autor utilizó una metodología distinta para evocar los PEALM y, por lo tanto, esta falta de consenso respecto a su obtención, podría generar la gamma de divergencias antes mencionadas. Cabe destacar que esta investigación presenta un apoyo estadístico que valida sus resultados, hecho que para otros estudios no ha sido especificado de manera rigurosa.

Por otra parte, es fundamental rescatar que los presentes resultados son dependientes de la metodología utilizada para la obtención y parámetros de estimulación de los registros de la onda “Pa”. Por consiguiente, es preciso replicar de manera exacta el modo de estimulación empleado para la obtención fidedigna de las conclusiones que a continuación se presentarán. Esto porque los PEALM, pueden variar de acuerdo al tipo de estímulo que se utilice, la tasa de estimulación, los filtros pasa alta, pasa baja y la configuración de los electrodos, entre otros factores. Aclarado este punto, las conclusiones obtenidas del presente estudio pasarán a ser analizadas y discutidas.

Conclusión 1: No existen diferencias ni correlaciones entre la latencia y las distintas edades.

En una primera instancia, es posible asegurar que en los sujetos evaluados la latencia de la onda “Pa” de los PEALM tiende a mantenerse estable y es estadísticamente independiente de las variables edad y sexo. Particularmente, en lo referente al comportamiento de la latencia con respecto a la edad, podemos concluir para esta muestra, la existencia de un comportamiento similar para todos los pacientes. Por tanto, es posible identificar y analizar de forma válida los promedios de latencia de aparición de la onda “Pa” tanto a 100, 80, 60 o 40 dBpeSPL, sin importar la edad del paciente; siempre y cuando este se ubique entre los 6 a 60 años de edad.

De este modo, no se registró ninguna diferencia significativa ni valor de correlación entre la variable edad y la latencia de aparición. Dicho hallazgo concuerda con el estudio establecido por Martini y colaboradores (1990), el cual no demuestra un deterioro significativo del tiempo de conducción central, dentro de la vía auditiva que sea atribuible al incremento de la edad después de los 6 años. De este modo, los registros obtenidos en la presente investigación de los PEALM se comportan de manera similar a lo planteado anteriormente por el autor.

Conclusión 2: No existen diferencias significativas de latencia entre los diversos sexos

Así también, es importante resaltar que la variable sexo no jugó ningún papel preponderante en el estudio, para ninguno de los rangos etarios. Es así como, la latencia de aparición de la onda “Pa” para el grupo estudiado se comportó estadísticamente de manera aleatoria y sin ninguna dominancia específica. Así pues, este resultado concuerda con el estudio descrito por Phillips y colaboradores (1997) que tampoco observaron diferencias significativas atribuibles al sexo. Sin embargo, es posible encontrar en la literatura resultados como los de de Tucker y colaboradores (1996) que encontraron una menor latencia y mayor amplitud en las mujeres.

Conclusión 3: No existen diferencias de latencia entre un oído u otro

También se puede concluir que no existen diferencias de la latencia en función de las respuestas medidas al estimular el oído derecho, izquierdo o sus promedios para el grupo evaluado. Así, los resultados arrojados por la investigación no establecieron diferencias significativas entre un oído y otro, tanto para un mismo sujeto, como para toda la muestra. Esto se concluye porque todos los peaks de la onda “Pa” del PEALM aparecieron a latencias estadísticamente similares y, por lo tanto, es posible utilizar los promedios de latencia de aparición de la onda “Pa” para cualquier oído que se pretenda investigar.

Conclusión 4: La latencia no varía estadísticamente al disminuir la intensidad

En lo que concierne a la relación entre la latencia y la intensidad de estimulación, es posible concluir para esta muestra, que la onda “Pa” de los PEALM no presentó diferencias estadísticas significativas a las distintas intensidades de estimulación. Sin embargo, cualitativamente existe una leve tendencia a aumentar su latencia a medida que la intensidad disminuye. Así pues, se evidencia que al estimular a 100 dBpeSPL se puede obtener una latencia menor que al estimular a 40 dBpeSPL, en cualquiera de los rangos

etarios. Este tipo de comportamiento es similar al de los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco, en el cual la latencia de aparición de las ondas es inversamente proporcional a la intensidad de estimulación, pero donde dichas diferencias, son mucho mayores a lo observado en el presente análisis (Katz, 1994).

De este modo, también se concluye que todos los sujetos evaluados presentaron respuestas similares, cuyas latencias de aparición estimulando a 100 dBpeSPL variaron aleatoriamente entre los 29 a 32 mseg, como promedio después del estímulo. Esta latencia es concordante con el patrón de respuesta establecido por Katz y colaboradores (1994), los cuales establecieron que la latencia de aparición de la onda “Pa” ocurre entre los 30 a 36 ms después de la estimulación.

Conclusión 5: Existe una disminución de la amplitud a medida que disminuye la intensidad

En lo referente a la amplitud del componente “Pa” de los trazados obtenidos, es posible concluir para toda la muestra, que mientras disminuyó la intensidad de estimulación, disminuyó la amplitud de la onda “Pa”. Por consiguiente si estimulamos a una mayor intensidad, se obtienen trazados más claros y con una mayor amplitud. Así pues, se obtuvieron diferencias significativas entre la amplitud de la mínima intensidad y la máxima. Tales hallazgos son avalados por lo expuesto en la investigación de Tucker y colaboradores (1996) los cuales encontraron una relación directa entre estas variables.

Por consiguiente, es importante rescatar que cada sujeto del grupo analizado, presentó un patrón de respuesta similar a 100 y 80 dBpeSPL, es decir, la morfología de su trazado mantuvo un comportamiento estable a altas intensidades de evaluación. Dicha morfología fue variando a medida que descendió la intensidad de estimulación hasta desaparecer completamente a 40 dBpeSPL, en cerca de un 40 % de la población evaluada.

Conclusión 6: Existe una correlación directa entre la variable amplitud y la edad

Los resultados encontrados permiten establecer que en esta muestra la edad del sujeto influye directamente en la amplitud de la onda “Pa”. Por lo tanto, a medida que aumenta la edad, también aumenta la amplitud de su trazado. Esto quedó estadísticamente demostrado a través de la presencia de una correlación lineal directa entre ambas variables. Lo anterior se complementa con lo expresado por Martín y colaboradores (1990), quienes describen una correlación directa entre los componentes amplitud y edad.

De esta manera, dicha correlación puede tener una explicación en el estudio realizado por el autor antes mencionado (Martín y colaboradores, 1990). El incremento en la amplitud que sufren algunos de los componentes del PEALM al aumentar la edad podría deberse a una disminución de la capacidad de las vías cortical y subcortical para inhibir la respuesta a estímulos auditivos repetitivos que no requieren de atención. Conforme a estos datos, se infiere que la menor capacidad de inhibir estímulos acústicos que no requieren de atención (en este caso estímulos click) generan trazados con amplitudes más claras y viceversa.

Conclusión 7: Existen diferencias significativas de la amplitud a las diversas intensidades de estimulación

Por su parte, en lo que respecta al análisis de la amplitud de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media para la muestra estudiada, es posible afirmar que existen diferencias significativas al estimular a diferentes intensidades. Asimismo, se obtuvieron resultados mucho mayores al estimular a 100 dBpeSPL de los obtenidos a menores intensidades. Podemos concluir, que la morfología de la onda “Pa” para todo el grupo es mucho más clara al estimular a altas intensidades. Estos resultados coinciden con lo expresado por Tucker y colaboradores en 1996.

Conclusión 8: Cualitativamente al disminuir la intensidad disminuye el porcentaje de aparición y reproductibilidad intrasujetos

Otro punto importante de rescatar, concierne a los porcentajes de aparición y reproductibilidad intrasujetos de la onda “Pa” para la muestra obtenida. Particularmente, en lo que respecta a su aparición, es posible concluir que a 100 dBpeSPL se obtuvo un porcentaje del 99% de los sujetos estudiados y sólo en un 67% a los 40 dBpeSPL. Así pues, estos resultados se confirman con el estudio realizado por Tucker y colaboradores (1996) que demuestran efectivamente, una relación de dependencia entre la intensidad del estímulo empleado y la detectabilidad de los componentes fundamentales.

Además, podemos afirmar que para este grupo el mayor porcentaje de reproductibilidad intrasujeto de la onda “Pa” se obtuvo a 100 dBpeSPL de estimulación llegando al 97%, por otro lado a intensidades inferiores los porcentajes de reproductibilidad de la respuesta disminuyen dramáticamente. De esta forma, podemos concluir que cualitativamente, las mejores condiciones de aparición y reproductibilidad de la onda “Pa” de los Potenciales Evocados de Latencia Media, ocurre a los 100 dBpeSPL, lo cual es válido sólo para la muestra en estudio.

Alcances Audiológicos

Con respecto a los diversos alcances audiológicos obtenidos por medio de los análisis tanto cualitativos como estadísticos del presente estudio, es posible concluir, principalmente, que a diferencia de los PEAT, los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media requieren de un análisis centrado primordialmente en la morfología. Aparentemente, la latencia de aparición es poco sensible a parámetros acústicos como la intensidad de estimulación o con variables como el sexo, el oído por el cual se estimula, e incluso la edad.

A su vez, la morfología presenta una mayor sensibilidad a los parámetros de estimulación acústica y a la variable edad. Por consiguiente, al momento de estimar si la onda “Pa” de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media presentan patrones normales, es preciso hacer hincapié en la edad del paciente o la intensidad de estimulación al momento de analizar su morfología, mas no su latencia.

Aparentemente, el comportamiento que presentan los sujetos normales se debe a que las mejores condiciones de obtención del registro y análisis se relacionan con las mayores intensidades de estimulación. Si bien, los porcentajes de aparición y reproductibilidad son mayores cuando se estimula a los 100 dBpeSPL, estos comienzan a descender dramáticamente en sujetos con audición normal al disminuir la intensidad. En consecuencia, se puede suponer que no habría ninguna relación entre el umbral psicoacústico medido audiometricamente y el umbral electrofisiológico de aparición de la onda “Pa”.

Recapitulando, es importante rescatar que para el presente estudio, no es posible establecer los PEALM como un método de detección de umbrales auditivos para ninguna frecuencia evaluada en el audiograma. Esto se explica por el hecho de que no aparecieron porcentajes acordes a la normalidad auditiva al estimular a 40 dBpeSPL (mínima intensidad de estimulación y umbral electrofisiológico) para todos los sujetos evaluados, sino que apareció sólo en el 60% de ellos.

De esta forma, no se encontró una explicación teórica para la ausencia de respuestas, en algunos sujetos, a la mínima intensidad de estimulación. Este resultado se opone al estudio establecido por Méndez y Wolf (1983) para el cual si existe una relación entre la mínima intensidad de estimulación de la onda “Pa” y el umbral auditivo del paciente. Considerando lo anteriormente expuesto, podemos concluir que no es posible, para el grupo evaluado, identificar el umbral de aparición de la onda “Pa” en frecuencias graves.

Por lo mismo, al no ser posible identificar de forma estable la onda “Pa” a los 40 dBpeSPL o umbral electrofisiológico, solamente se podría utilizar intensidades de 60 u 80 dBpeSPL sobre este, para que la onda apareciera en el 100% de la población. Este hecho generaría que la evaluación del mismo potencial en pacientes portadores de patologías auditivas periféricas fuera de gran complejidad pues sus intensidades de estimulación estarían muy por sobre los límites del equipo de Potenciales Evocados.

Proyecciones

En lo que se refiere a las proyecciones de este estudio, es posible establecer que su utilidad clínica inmediata es aplicable sólo bajo las mismas condiciones de estimulación y registro de las respuestas. De esta manera si se utiliza el PEALM, bajo otras condiciones, queda por preguntarse si los resultados en relación a la onda “Pa”, se acercarían más a los umbrales psicoacústicos, o quizás presentarían una mayor variación de latencia en relación a la intensidad, la edad o al sexo.

Ahora bien, posteriormente a la totalidad de análisis y resultados, se abre una serie de interrogantes que podrían orientar futuras investigaciones. Por ejemplo, podría estudiarse el comportamiento de los PEALM en pacientes que presenten alteraciones en habilidades como el desempeño auditivo con señales acústicas rivales, lateralización y localización del sonido, discriminación auditiva, reconocimiento de patrones auditivos, aspectos temporales de audición y desempeño auditivo con señales degradadas, es decir, habilidades del procesamiento auditivo central.

Finalmente, vale cuestionarse la utilidad de los Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media, como un indicador de pronóstico y de reevaluación de posibles mejorías de la vía auditiva tálamo cortical en diversos trastornos auditivos a nivel periférico. Particularmente, referido a lo anterior, pudiera utilizarse este examen con metodologías reeducativas que involucran el uso de implantes cocleares o audífonos.

Sería interesante proyectar este estudio en patologías de lenguaje específicas como es el caso del TEL, sobre el cual existen investigaciones que hablan de una posible desincronización neural que estaría explicando su existencia (Gallardo, 2003). Por lo tanto, resultaría de gran interés analizar tales alcances a través de un PEALM que pueda comprobar o refutar dicha hipótesis. Asimismo, dentro de esta línea de investigación, resultaría clarificante indagar en la posible relación de un trastorno específico del lenguaje

y factores perceptivos como la atención y concentración medidos por el Potencial Evocado de Latencia Media.

En definitiva y, a modo de síntesis, podemos afirmar que la onda “Pa” de los PEALM tanto para la muestra analizada como para las condiciones de estimulación y registro utilizadas, no presentan mayores alteraciones de latencia en función de las variables intensidad, edad, sexo o entre un oído y otro. No obstante, el parámetro amplitud, se relaciona directamente con los parámetros intensidad y edad. Por consiguiente, es recomendable utilizar la latencia como medida de determinación de un comportamiento normal de la onda “Pa” y a las variables intensidad y edad como factores influyentes sobre la valorización de la morfología de dicha onda.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Ahveninen J, Jaaskelainen IP, Pekkonen E, Hallberg A, Hietanen M, Naatanen R, et al. “Postwithdrawal changes in middlelatency auditory evoked potentials in abstinent human alcoholics”. *Neurosci Lett* 1999.
- ❖ Arehole S, Augustine LE, Simhadri R. “Middle latency response in children with learning disabilities: preliminary findings”. *J Commun Disord* 1995.
- ❖ Arnfred SM, Eder DN, Hemmingsen RP, Glenthoj BY, Chen AC. “Gat-ing of the vertex somatosensory and auditory evoked potential P50 and the correlation to skin conductance orienting response in healthy men”. *Psychiatry Res* 2001.
- ❖ Azumi T, Nakashima K, Takahashi K. “Aging effects on auditory middle latency responses”. *Electromyography Clin Neurophysiology* 1995
- ❖ Azumi T, Nakashima K, Takahashi K. “Auditory middle latency responses in patients with epilepsy”. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994.

- ❖ Bisaga G, Golovkin V, Lytaev S, Mikhailenko A. “Modern diagnostic methods in multiple sclerosis”. Zh Nevropatol Psikhiatr Im S S Korsakova, 1996
- ❖ Bognar L, Fischer C, Turjman F, Michel F, Villanyi E, Mottolese C, et al. Tectal plate gliomas. “Part III: Apparent lack of auditory consequences of unilateral inferior collicular lesion due to localized glioma surgery”. Acta Neurochir (Wien) 1994.
- ❖ Borgmann C, Ross B, Draganova R, Pantev C.” Human auditory middle latency responses: influence of stimulus type and intensity”. Hear Res 2001.
- ❖ Celebisoy N, Aydogdu I, Ekmekci O, Akurekli O. “Middle latency auditory evoked potentials (MLAEPs) in (MS)”. Acta Neurol Scand 1996.
- ❖ Coligado EJ, Wiet RJ, O’Connor CA, Ito V, Sahgal V. “Multichannel cochlear implantation in the rehabilitation of posttraumatic sensorineural hearing loss. Arch Phys Med Rehabil”. 1993.
- ❖ Curet C. “E.R.A. Audiometría por respuestas eléctricas”, Buenos Aires, Argentina 1988.
- ❖ Daniel W. “Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud”, Editorial Limusa S. A., México D.F. 2002
- ❖ De Canales F, Luz E, Pineda E. “Metodología de la Investigación: manual para el desarrollo de personal de salud”, Editorial Limusa S.A., México D.F., 1998.
- ❖ De Sebastian G. “Audiología Práctica”, Editorial Panamericana, Madrid, España, 1999.
- ❖ Delalande I, Thomas D, Forzy G, Hautecoeur P, Gallois P. “Diagnostic importance of middle latency auditory evoked potentials (MLAEP) in multiple sclerosis. Neurophysiol”. Clin 1997.

- ❖ Drake ME Jr, Weate SJ, Newell SA. “Auditory evoked potentials in postconcussive syndrome. Electromyogr”. Clin Neurophysiol 1996.
- ❖ Erwin RJ, Turetsky BI, Moberg P, Gur RC, Gur RE. “P50 abnormalities in schizophrenia: relationship to clinical and neuropsychological indices of attention”. Schizophr Res 1998.
- ❖ Galambos R, Mekeig S. and Talmachoff P. “A 40 Hz auditory potential recorded from the human scalp”, Proc Natl Acad Sci, 1981; Número 78: 2643-2647
- ❖ Gallardo M., Vera C. “Estudio de la vía auditiva central por medio de las respuestas evocadas auditivas del tronco encefálico (ABR), en niños con retraso en el lenguaje”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú 2003
- ❖ Ganong W. “Fisiología Médica”, Editorial El Manual Moderno, México 2000.
- ❖ Green JB, Burba A, Freed DM, Elder WW, Xu W. “The P1 component of the middle latency auditory potential may differentiate a brainstem subgroup of Alzheimer disease”. Alzheimer Dis Assoc Disord 1997.
- ❖ Green JB, Elder WW, Freed DM. “The P1 component of the middle latency auditory evoked potential predicts a practice effect during clinical trials in Alzheimer’s disease”. Neurology 1995.
- ❖ Green JB, Flagg L, Freed DM, Schwankhaus JD. “The middle latency auditory evoked potential may be abnormal in dementia”. Neurology 1992.
- ❖ Grose JH, Hall III JW. “Auditory development”. En: Lalwani, AK, Grundfast KM. Pediatric, Otology and Neurotology. Philadelphia: Lippincott-Raven. 1998.
- ❖ Guyton A. “Anatomía y Fisiología del sistema nervioso”, Editorial Panamericana, Buenos Aires, Argentina 1990.
- ❖ Guyton A.-Hall J. “Tratado de Fisiología Médica”, Editorial Mc Graw – Hill interamericana, México 2001.

- ❖ Hendlar T, Squires NK, Moore JK, Coyle PK. “Auditory evoked potentials in multiple sclerosis: correlation with magnetic resonance imaging”. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 1996.
- ❖ HenryLe Bras F, Fischer C, Nighoghossian N, Salord F, Trouillas P, Manguiere F. “Early and middle latency auditory evoked potentials in vertebrobasilar strokes”. *Neurophysiol Clin* 1994.
- ❖ Huang Chi-Ming, Buchwald J. “Interpretation of the vertex short-latency acoustic response: a study of single neurons in the Brain Stem. *Brain Research*. Vol 137.291-303, 1977
- ❖ Ishii K, Ueda Y, Ohkoshi N, Mizusawa H, Shoji S. “Cortical auditory disorder caused by bilateral temporal infarctions”. *Intern Med* 1995.
- ❖ Japaridze G, Kvernadze D, Geladze T, Kevanishvili Z. “Auditory brain stem response, middle latency response, and slow cortical potential in patients with partial epilepsy”. *Seizure* 1997.
- ❖ Japaridze G, Kvernadze D, Geladze T, Kevanishvili Z. “Effects of car-bamazepine on auditory brainstem response, middlelatency response, and slow cortical potential in epileptic patients”. *Epilepsia* 1993.
- ❖ Japaridze G, Shakarishvili R, Kevanishvili Z. “Auditory brainstem, middle latency, and slow cortical responses in multiple sclerosis”. *Acta Neurol Scand* 2002.
- ❖ Karibe H, Yonemori T, Matsuno F, Honmou O, Minamida Y, Uede T, et al. “A case of tentorial meningioma presented with pure word deaf-ness”. *No To Shinkei* 2000.
- ❖ Katz J. “Handbook of Clinical Audiology” Editorial Lippincott Williams & Wilkins, Estados Unidos 1994
- ❖ Lehnhardt E. “Práctica de la Audiometría”, Editorial Panamericana, Buenos Aires, Argentina 1992.

- ❖ Liégeois Chauvel C, Musolino A, Badier JM, Marquis P, Chauvel P. “Evoked potentials recorded from the auditory cortex in man: Evaluation and topography of the middle latency components”. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1994.
- ❖ Littman T, Kraus N, McGee T, Nicol T. “Binaural stimulation reveals functional differences between midline and temporal components of the middle latency response in guinea pigs”. *Electroenceph Clin Neuro-physiol* 1992.
- ❖ Martini A, Comacchio F, Magnavita V. “Auditory evoked responses (ABR, MLR, SVR) and brain mapping in the elderly”. *Acta Otolaryngol Suppl* 1990.
- ❖ Mendell M, Wolff K, Atkinson C, Haker L. “Middle component of the Auditory evoked potentials in infant”. *Aun Oton Rhinol Laringol*, 1993.
- ❖ O’Mahony D, Rowan M, Feely J, Walsh JB, Coakley D. “Primary auditory pathway and reticular activating system dysfunction in Alzheimer’s disease”. *Neurology* 1994;
- ❖ O’Mahony D, Rowan M, Feely J, Walsh JB, Coakley D. “Primary auditory pathway and reticular activating system dysfunction in Alzheimer’s disease”. *Neurology* 1994
- ❖ Pasma J, Rotteveel J, de Graaf R, Stegeman D, Visco Y. “The effect of preterm birth on brainstem, middle latency and cortical auditory evoked responses (BMC AERs). *Early Hum Dev* 1992.
- ❖ Phillips N, Connolly J, MateKole C, Gray J. “Individual differences in auditory middle latency responses in elderly adults and patients with Alzheimer’s disease”. *Int J Psychophysiol* 1997
- ❖ Purdy S, Kelly A, Davies M. “Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities”. *J Am Acad Audiol* 2002

- ❖ Purdy SC, Kelly AS, Davies MG. “Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities”. *J Am Acad Audiol* 2002.
- ❖ Rodríguez HS, Corral M, Cadaveira F. “Middlelatency auditory evoked potentials in children at high risk for alcoholism”. *Neurophysiol Clin* 2001.
- ❖ Schwartzman, J. “Audiometría por Respuestas Eléctricas”, Buenos Aires, Argentina, 1984.
- ❖ Schwender D, Daunderer M, Klasing S, Mulzer S, Finsterer U, Peter K.” Monitoring intraoperative awareness”. Vegetative signs, isolated fore-arm technique, electroencephalogram, and acute evoked potentials. *Anaesthesist* 1996.
- ❖ Schwender D, Kaiser A, Klasing S, FaberZullig E, Golling W, Poppel E, et al. “Anesthesia with flunitrazepam/fentanyl and isoflurane/fenta-nyl”. Unconscious perception and midlatency auditory evoked poten-tials. *Anaesthesist* 1994.
- ❖ Schwender D, Keller I, Klasing S, Madler C. “Midlatency auditory evoked potentials during induction of intravenous anesthesia using mi-dazolam, diazepam and flunitrazepam”. *Anesthesiol Intensivmed Not-fallmed Schmerzther* 1990
- ❖ Schwender D, Klasing S, Madler C, Poppel E, Peter K. “Midlatency auditory evoked potentials during ketamine anaesthesia in humans”. *Br J Anaesth* 1993.
- ❖ Schwender D, Weninger E, Schnatmann N, Mulzer S, Klasing S, Peter K. “Acoustic evoked potentials midlatency following anesthesia with sufentanil”. *Anaesthesist* 1995.
- ❖ Seki H, Kimura I, Ohnuma A, Saso S, Kogure K. “The auditory evoked middle latency responses (MLRs): their normative variation and generators”. *Tohoku J Exp Med* 1993.

- ❖ Soliman S, Mostafa M, Kamal N, Raafat M, Hazzaa N. “Auditory evoked potentials in epileptic patients”. Ear Hear 1993
- ❖ Soliman S, Mostafa M, Kamal N, Raafat M, Hazzaa N. “Auditory evoked potentials in epileptic patients”. Ear Hear 1993.
- ❖ Spehlmann, R. “Evoked Potential Primer”. Butterworth Publishers. Stoneham, MA, USA, 1985.
- ❖ Statch, B. “Clinical audiology and introduction”. Singular Publ, U.S.A, 1998.
- ❖ Suarez H, Velluti R. “La cóclea. Fisiología y Patología”. Capitulo: “El Sistema eferente y sus acciones sobre el ingreso de información auditiva”. Editorial Trilce, Montevideo Uruguay, 2001.
- ❖ Toyoda K, Ibayashi S, Yamamoto T, Kuwabara Y, Fujishima M. “Auditory evoked neuromagnetic response in cerebrovascular diseases: a preliminary study”. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1998.
- ❖ Tucker D, Ruth R. “Effects of age, signal level, and signal rate on the auditory middle latency response”. J Am Acad Audiol, 1996.
- ❖ Versino M, Bergamaschi R, Romani A, Banfi P, Callieco R, Citterio A, et al. “Middle latency auditory evoked potentials improve the detection of abnormalities along auditory pathways in multiple sclerosis patients”. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1992.
- ❖ Vizioli L, Bucciero A, Quaglietta P, Mosca F. “Auditory middle latency responses in patients with intracranial space occupying lesions”. J Neu-rosurg Sci 1993.
- ❖ Weate SJ, Drake ME Jr, Newell SA. “Middle latency auditory evoked potentials in epilepsy”. Clin Electroencephalogr 1996.
- ❖ Woods DL, Alain C, Covarrubias D, Zaidel O. “Middle latency auditory evoked potentials to tones of different frequency”. Hear Res 1995.

- ❖ Yoshiura T, Ueno S, Iramina K, Masuda K. “Effects of stimulation side on human middle latency auditory evoked magnetic fields.” Neurosci Lett, 1994.
- ❖ Zhang XS, Roy RJ, Schwender D, Dauderer M. “Discrimination of an-esthetic states using midlatency auditory evoked potential and artificial neural networks”. Ann Biomed Eng 2001.

LINKS DE INTERES

- ❖ <http://www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition/english/start2.htm>
- ❖ <http://www.rau.edu.uy/universidad/medicina/actas5/coclea/coclea.pdf>
- ❖ http://www.med.uchile.cl/departamentos/norte/otorrino/apuntes/cap_17.htm
- ❖ http://www.med.uchile.cl/departamentos/norte/otorrino/apuntes/cap_10.htm
- ❖ http://www.med.uchile.cl/departamentos/norte/otorrino/apuntes/cap_12.htm
- ❖ <http://www.rau.edu.uy/universidad/medicina/actas5/coclea/coclea.htm>
- ❖ <http://es.wikipedia.org/wiki/Magnetoencefalograf%C3%ADa>
- ❖ http://www.ttmed.com/neuropediatria/Diagnostico_Text.cfm?ID_Cou=20&ID_dis=180&Diag_Tech_ID=25

ANEXOS

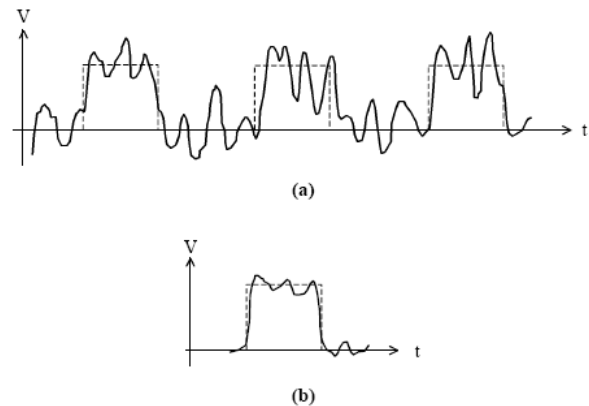
A.1 Variables en la realización de los PEA

A.1.2 Promediación

Para comprender mejor la forma en que se realiza la promediación, veamos un ejemplo: Supongamos que nos interesa obtener la respuesta durante los 10 ms siguientes al comienzo del estímulo, y que nos interesa una precisión en el tiempo de 0,1 ms. Entonces, para cada repetición del estímulo medimos y anotamos el valor del potencial evocado cada 0,1 ms hasta los 10 ms desde el comienzo del estímulo. Esto significa que para cada repetición del estímulo tomamos 101 muestras de dicho potencial. Así, si decidimos efectuar 100 repeticiones (100 estímulos), tendremos un total de 10.100 muestras. Entonces se calcula el promedio de los 100 valores correspondientes al instante 0, luego se calcula el

promedio de los 100 valores correspondientes al instante 0,1 ms, luego el promedio de los 100 que corresponden a 0,2 ms, etc. El resultado de esos promedios es una buena estimación del verdadero potencial evocado en los respectivos instantes de tiempo. En la Figura A.1 se muestra un ejemplo simplificado de este proceso, en el cual la respuesta pura es un pulso de forma rectangular.

Figura A.1 (a) Tres repeticiones sucesivas de un mismo estímulo, con la misma respuesta (un pulso rectangular, en línea de trazos) contaminada por ruidos diferentes. (b) El resultado de promediar las tres respuestas contaminadas: una onda más fiel a la respuesta pura.



Dicho proceso comenzó a hacerse técnicamente practicable con la llegada de las modernas computadoras de gran velocidad y memoria, desde entonces la técnica de los potenciales evocados auditivos ha ido ganando terreno en las clínicas audiológicas y neurológicas. Por otra parte, la computadora no cumple únicamente la función de realizar el promedio, sino que además es quien da la señal de sincronismo al generador de sonido para cada estímulo. Otras tareas auxiliares pero no por ello menos importantes, consisten en permitir la graficación e impresión de las curvas de potenciales evocados, llevar archivos con historias clínicas, etc.

A.1.2 Selección de la Cantidad de Estímulos

La cantidad de veces que se repite el estímulo depende del nivel de ruido existente. A medida que aumenta la proporción de ruido (cualquiera sea su origen) con respecto a la

señal (el potencial evocado que se desea medir), será necesario incrementar la cantidad de estímulos, ya que de esa forma el error originado en el ruido se va “diluyendo”.

A partir de razonamientos estadísticos se concluye que la cantidad de estímulos requeridos para mejorar la calidad de la señal en una determinada proporción *aumenta con el cuadrado del nivel de ruido*. Para expresarlo de una manera más precisa, definamos primero la relación señal a ruido (S/R) como el cociente entre el nivel de la señal y el nivel del ruido, ambos en microvoltios. Así, si el nivel de la señal es de 10 μV y el del ruido de 5 μV , entonces la relación señal a ruido es:

$$S/R = \frac{10 \mu\text{V}}{5 \mu\text{V}} = 2 .$$

Ahora supongamos que la relación señal a ruido antes de la promediación es S/R_1 , y la relación señal a ruido que se desea obtener es S/R_2 . Entonces el número n de estímulos requerido es:

$$n = \left(\frac{S/R_2}{S/R_1} \right)^2 .$$

Así pues, el valor de S/R_2 normalmente está dictado por la mínima variación de la señal que tiene importancia para una interpretación confiable de los resultados. Así, por ejemplo, si el nivel de la señal es de 10 μV , y existe una onda de 2 μV que tiene importancia para el estudio que se está realizando, el ruido deberá reducirse a menos de 1 μV para que la aparición o no de esa onda sea atribuible a la respuesta neuroeléctrica y no al ruido.

Tomando entonces una cota de 0,5 μV , por ejemplo, resultará:

$$S/R_2 = \frac{10 \mu\text{V}}{0,5 \mu\text{V}} = 20 ,$$

donde, tomando como base el ejemplo anterior, es decir $S/R_1 = 2$, resultará:

$$n = \left(\frac{20}{2}\right)^2 = 100 .$$

Este ejemplo muestra cuán rápidamente crece el número de estímulos requerido para depurar la señal a un nivel suficiente para posibilitar una interpretación confiable de lo observado. Sería deseable, por lo tanto, aplicar una cantidad de estímulos muy grande, pero existen limitaciones de orden práctico para ello. En primer lugar, cada estímulo requiere un tiempo que según el estudio a realizar puede variar entre 50 y 1000 ms (o más), lo cual haría la sesión demasiado extensa y agotadora. En segundo lugar, la incomodidad de esto generaría en el paciente diversos movimientos musculares que agregarían aún más ruido (**artefactos**). En la práctica el número de estímulos queda limitado de manera que la sesión no dure más de algunos minutos. Se llega así a un compromiso entre precisión y practicidad.

A.1.3 Clasificación de los Ruidos

Hay dos tipos de ruido en potenciales evocados. Por un lado se encuentran las señales **EEG** y **ECG**, cuya presencia es permanente e inevitable y, por otro lado, los potenciales de origen interno y externo que pueden reducirse o minimizarse tomando ciertas precauciones. Estos últimos reciben el nombre de artefactos. Algunos de éstos tienen también carácter permanente, como el ruido de 50 Hz de la línea de alimentación, que aparece ya sea por una mala aislación, como por radiación de transformadores o tubos fluorescentes. Otros, son fortuitos, como los potenciales asociados a la actividad muscular. Así, un pestañeo, o la contracción de otros músculos, especialmente aquellos que se encuentran próximos a los electrodos, pueden producir picos de ruido bastante importantes.

También es posible la presencia residual de potenciales evocados por otros estímulos no auditivos, como los visuales.

Los artefactos de nivel similar al resto de la señal no merecen un tratamiento particularizado. Aquellos artefactos de magnitud desmedidamente grande, en cambio, pueden alterar significativamente el promedio. En estadística, esto se denomina “un valor fuera de control”, y lo aconsejable es descartarlo. En las promediadoras se suele proveer una función que permite descartar las respuestas en las que aparecen niveles mayores que determinado nivel límite. Dicho nivel puede ajustarse en función de lo que se considere una respuesta razonable para cada tipo de estudio.

A.1.4 Acondicionamiento de la Señal. Utilización de Filtros

Según se ha visto, el nivel de ruido incide cuadráticamente en la cantidad de respuestas requeridas, entonces es preciso reducirlo lo más posible antes de realizar la promediación. A menudo, esta reducción puede lograrse mediante un adecuado manejo y acondicionamiento de la señal.

Una primera regla es la utilización de amplificadores diferenciales de entrada de alta calidad, esto es, que no agreguen ruido propio apreciable, y que tengan un alto rechazo a las señales de “modo común”, vale decir los potenciales espurios (no deseados) que se suman a ambos electrodos simultáneamente. De este tipo suelen ser, predominantemente, los ruidos debidos a la línea de alimentación, los tubos fluorescentes y otros dispositivos eléctricos de uso común.

Una segunda estrategia consiste en aprovechar que muchos ruidos pueden separarse de dicha señal útil por aparecer en una banda de frecuencias diferente. Recordemos el hecho fundamental de que toda señal que varía en el tiempo puede descomponerse en componentes de diversas frecuencias. Esa descomposición se denomina espectro de frecuencias o simplemente espectro de la señal, y puede efectivizarse por medio de filtros. Los filtros son dispositivos que permiten el paso de ciertas frecuencias y bloquean otras. En

potenciales evocados se usan tres tipos de filtros: los filtros pasaaltos, los filtros pasabajos y los filtros notch (muesca).

Los filtros pasaaltos permiten pasar todas las componentes de frecuencias superiores a una frecuencia F_{inf} denominada frecuencia inferior de corte, bloqueando el paso a las componentes de frecuencias menores que F_{inf} . Dado que las componentes del potencial evocado siempre son mayores que la frecuencia con que se repiten los estímulos, pueden eliminarse todas las componentes de baja frecuencia, reduciendo así ruidos de baja frecuencia provenientes del EEG, del ECG y de la actividad muscular.

Los filtros pasabajos, por el contrario, dejan pasar las bajas frecuencias, hasta una frecuencia F_{sup} (frecuencia superior de corte), bloqueando las frecuencias que exceden dicho límite. En potenciales evocados cumplen dos funciones: La primera es eliminar el ruido de alta frecuencia que se encuentra fuera de la banda de interés, y la segunda, satisfacer un determinado requisito del sistema, en donde la máxima frecuencia que ingresa al sistema debe ser menor que la mitad de la frecuencia de muestreo. En el ejemplo en que se tomaban respuestas cada 0,1 ms, es decir, que se estimula a una razón de 10.000 **click** por segundo, la máxima frecuencia admisible era por lo tanto 5.000 Hz, o 5 kHz.

Finalmente, los filtros notch eliminan una frecuencia específica, dejando el resto del espectro prácticamente inalterado. Se utilizan para bloquear por ejemplo la frecuencia de 50 Hz de la línea de alimentación (en algunos países, 60 Hz) cuya presencia suele ser inevitable cuando están en juego niveles de señal tan bajos como los que se miden en los potenciales evocados. Los tres filtros pueden usarse uno a continuación del otro, es decir en cascada. El resultado de este procesamiento previo de la señal es una reducción importante del ruido, con la consecuente reducción del número de estímulos requeridos (Spehlmann).

A.1.5 Estímulos

La selección del tipo de estímulo a utilizar es una de las cuestiones más complejas de todo el proceso de medición del potencial evocado. El estímulo ideal debería permitir,

entre otras cosas, determinar objetivamente el umbral de audición a las diversas frecuencias de la audiometría subjetiva tradicional. Esto es muy difícil de lograr en la práctica ya que los estímulos para potenciales evocados deben satisfacer dos requisitos que en la práctica se contraponen. En primer lugar deben ser de muy corta duración, ya que debido entre otras cosas al **microfónico coclear**, la presencia del estímulo ocasiona un artefacto que interfiere con el potencial a investigar. Además, un estímulo prolongado tiende a producir un fenómeno de adaptación, que altera considerablemente el perfil del potencial evocado. En segundo lugar, estos estímulos deberían poseer una gran especificidad tonal, lo cual desde el punto de vista espectral implica que la energía debería estar concentrada en una región muy angosta del espectro.

Tal como se indicó, estos requisitos se contraponen, ya que las señales de muy corta duración tienden a tener un espectro muy extendido, y las de espectro angosto requieren una duración considerable. A lo anterior se agrega el hecho de que por más que se dispusiera de un estímulo muy corto y de gran especificidad tonal, la cóclea reacciona tonotópicamente sólo en régimen permanente o estacionario. El régimen que imponen los estímulos muy cortos es necesariamente transitorio, siendo difícil establecer una correlación directa entre el potencial evocado y el umbral de audición para una frecuencia determinada. Esto es válido muy especialmente para las bajas frecuencias. Para los estudios de potenciales evocados se utilizan normalmente tres tipos de estímulos: el click, el tono burst, y el logon.

El click (Figura A.2) es una señal que se separa durante un pequeño intervalo del nivel de reposo y luego retorna al mismo. Mientras dura el pulso, el nivel es constante. Cuanto más corto sea el pulso más extenso será el espectro, es decir que la energía sonora se reparte en un rango más amplio de frecuencias. Así, un click muy corto permite estimular toda la cóclea.

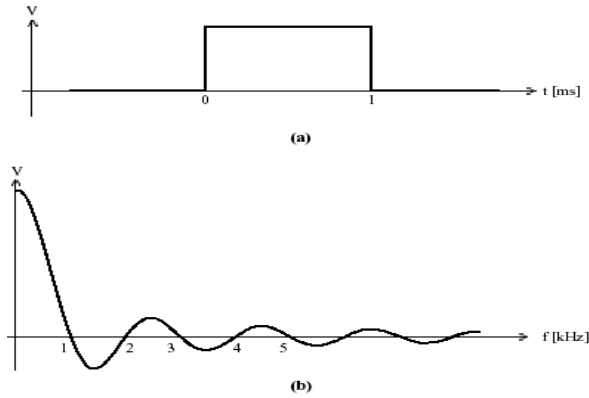
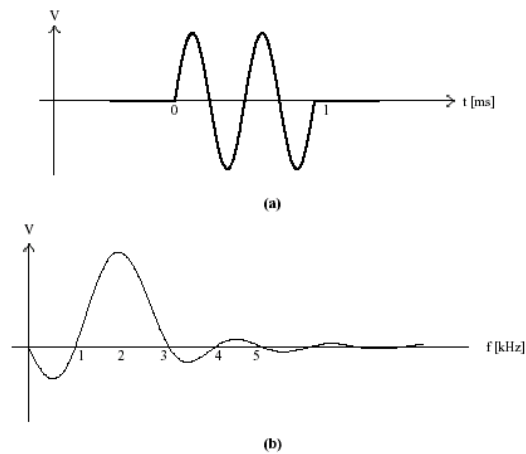


Figura A.2 (a) Un click de 1 ms de duración. **(b)** Su espectro de frecuencias. Obsérvese que aparece una gran cantidad de energía en las bajas frecuencias.

El tono burst (Figura A.3) consiste en un tono puro (senoidal) limitado a un pequeño número de ciclos. Podría definirse como una senoide modulada en amplitud por un click. Tiene más especificidad tonal que el click, aunque contrariamente a lo que podría creerse, no contiene sólo una línea espectral de la frecuencia del tono puro, sino que se extiende cuantos menos ciclos dure el tone burst. Así, por ejemplo, un tone burst de 2 kHz que contenga sólo un semiciclo, se parecerá espectralmente más a un click que a un tono puro. Para evitar saltos bruscos derivados de una conmutación que no coincida con un pasaje de la senoide por 0, se suele utilizar la técnica denominada **windowing** (“ventaneo”), por la cual se reemplaza la modulación con un click por la modulación con una onda en forma de trapecio o similar, que asegura una transición más gradual (Figura A.3)

Figura A.3 (a) Un tono burst de 1 ms de duración, formado por dos ciclos de una onda senoidal de 2 kHz. **(b)** Su espectro de frecuencias. Obsérvese que si bien la mayor parte de la energía se concentra cerca de los 2 kHz, hay también energía en otras frecuencias, tanto menores como mayores.



El logon (Figura A.4) es un tono puro modulado por una **campana de Gauss**. Es una forma especial de windowing. Su espectro es también una campana de Gauss, que tiene la particularidad de que se reduce muy rápidamente fuera de su zona central, por lo cual la

energía se concentra en dicha zona. Por esta razón se logra una buena especificidad tonal aún con un estímulo corto. Se utiliza por ser un buen compromiso entre corta duración.

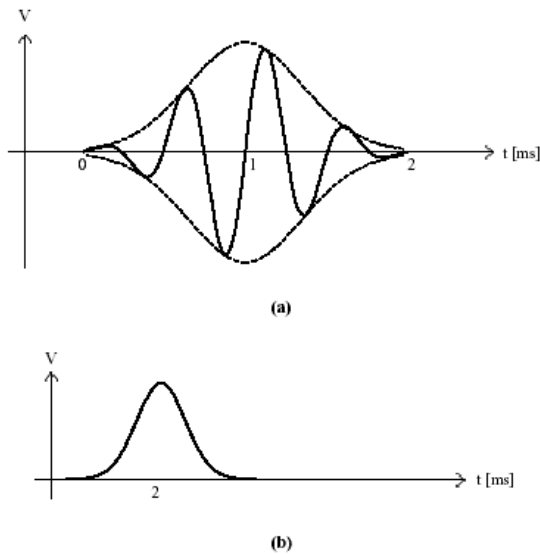


Figura A.4 (a) Un logon de 2 ms de duración, formado por cuatro ciclos de una onda senoidal de 2 kHz. **(b)** Su espectro de frecuencias, que concentra más energía cerca de los 2 kHz que el correspondiente al click y al tone burst.

A.1.6 Potencial Microfónico Coclear y Potenciales de Acción

El microfónico coclear es un potencial que se genera en la cóclea por la vibración de las células pilosas de Corti como respuesta a un estímulo sonoro, en forma similar al potencial generado por un micrófono (de allí su nombre). Es aproximadamente proporcional a la presión sonora recibida en el tímpano, es decir que su forma de onda reproduce la de las ondas de presión sonora. En particular es sensible a la polaridad de dicha presión. Así, si una presión hacia adentro del tímpano (compresiva) produce un microfónico coclear con una polaridad, una presión hacia afuera (descompresiva) producirá un microfónico con polaridad opuesta. El potencial de acción, en cambio, es la respuesta de una neurona, y como tal se produce al superarse un umbral. Por consiguiente, su forma no depende esencialmente de la onda de la excitación y, su polaridad es constante.

Si bien en algunos casos puede interesar medir el microfónico coclear, la mayoría de las veces constituye un artefacto que perturba la respuesta a medir. Se puede eliminar este artefacto por el simple expediente de presentar las repeticiones del estímulo alternando su polaridad. Al promediar las respuestas, los potenciales de acción conservarán su signo,

proporcionando un promedio no nulo, mientras que los microfónicos cocleares alternarán signos, siendo su promedio 0. Esencialmente es el mismo principio que permite eliminar cualquier ruido, sólo que en este caso, como el microfónico está en sincronismo con el estímulo, debe recurrirse a la alternancia de polaridades para que su promedio sea 0. (Schwartzman)

B.1 Tabla resumen de las clasificaciones y nomenclaturas de los Potenciales Evocados

Auditivos

NOMBRE COMÚN	DESCRIPCIÓN FISIOLÓGICA	ORIGEN ANATÓMICO	TIEMPO DE LATENCIA	RANGO DE LATENCIA	ESTÍMULO-RESPUESTA	RESPUESTA ELECTRODO
Microfónica coclear (MC)	Receptor	Células ciliadas	Corta/Temprana	0 msec	Sostenido	Campo cercano
Potencial de Sumación (PS)	Receptor	Células ciliadas	Corta/Temprana	0 msec	Sostenido	Campo cercano
Potencial de acción (PA) (N₁, N₂) ECochG	Neurogenico	Nervio auditivo	Corta/Temprana	~2 msec	Transitorio	Campo cercano y lejano
Respuesta auditiva de tronco cerebral (ABR) (I a VII)	Neurogenico	Nervio auditivo Tronco cerebral	Corta/Temprana Corta/Temprana	< 10 msec	Transitorio	Campo lejano
Lento-negativo (SN10)	Neurogénico	Tronco cerebral	Corta/Temprana	~10	Transitorio	Campo lejano

Respuesta siguiendo una frecuencia (FFR)	Neurogenico	Tronco cerebral	Corta/Temprana	Duración del tono	Sostenido	Campo lejano
Respuesta de latencia media (MLR) (N₀, P₀, N_a, P_a, N_b, P_b)	Neurogenico	Tálamo Corteza auditiva	Media	8 – 50 msec	Transitorio	Campo lejano
Potencial de estado continuo (40 Hz)	Neurogenico	Tronco – Tálamo Corteza auditiva	Temprana? Media?	12 – 50 msec	Transitorio? Sostenido?	Campo lejano
Complejo N₁ – P₁ (P₁, N₁, P₂, N₂)	Neurogenico	Corteza cerebral (primaria y asociación)	Larga	50 – 300 msec	Transitorio	Campo lejano
Componente positivo tardío (P300)	Neurogenico	Corteza cerebral (primaria y asociación)	Tardía	250 – 350 msec	Perceptual	Campo lejano
Variación contingente negativa (CNV)	Neurogénico	Corteza cerebral (asociación)	Tardía	300 +	Perceptual	Campo lejano

Tabla B.1. Sistemas de clasificación y descripción de los PEA.

GLOSARIO

A

ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL: Operaciones que se realizan con la señal como paso previo a su procesamiento final. Por ejemplo, blindaje, filtrado, suavizado, reducción de las componentes de modo común, entre otras.

AMPERIO: Unidad de intensidad de corriente eléctrica, igual a la unidad de carga dividida por la unidad de tiempo. Se utiliza indistintamente con su forma inglesa “Amper”.

AMPLIFICADOR: Dispositivo electrónico que eleva el nivel de una señal eléctrica hasta un valor suficientemente alto para su aprovechamiento posterior.

AMPLITUD: Máximo nivel de una señal periódica, es decir el valor que alcanza en los peak. Está relacionada con la potencia de la señal. En el caso de señales sonoras, se asocia con la sensación de intensidad.

APARICIÓN: Presencia de un peak positivo, claro y estable de la onda Pa de los Potenciales Evocados de Latencia Media sobre el total de registros obtenidos.

ARTEFACTO: Parte ruidosa de una señal cuya amplitud excede los valores normales de ruido. En general puede reducirse con un adecuado tratamiento previo de la señal. Se puede detectar porque supera el nivel de señal considerado normal. Los valores correspondientes se suelen descartar antes de la promediación.

AUDIOMETRÍA: Examen que tiene por objeto cifrar las alteraciones de la audición en relación con los estímulos acústicos, resultados que se anotan en un gráfico denominado audiograma.

B

BLINDAJE: Recubrimiento de un circuito o una parte de un circuito con una cubierta metálica (denominada Jaula de Faraday), con el objeto de impedir el paso de los campos eléctricos externos que podrían perturbar las señales dentro de dicho circuito.

C

CAMPANA DE GAUSS: Curva en forma de campana que se utiliza en Estadística.

En potenciales evocados se presenta como envolvente del estímulo **logon**.

CASCADA: Conexión eléctrica entre dispositivos con entrada y salida de señal en la cual la salida del primer dispositivo se conecta a la entrada del segundo. Se utiliza por ejemplo para superponer los efectos de dos o más filtros.

CIRCUITO: En términos generales, cualquier interconexión de componentes eléctricos (transductores, amplificadores, etc.) por medio de conductores.

CÉLULAS CILIADAS: Células al interior del órgano de Corti (Cóclea) encargadas de la transducción de la onda acústica en energía electrofisiológica.

CLICK: Un estímulo que consiste en un pulso de corta duración, cuya separación de la línea base (valor de reposo) es constante durante esa duración. Su espectro es bastante

extenso, lo cual significa que es capaz de estimular una amplia zona de la membrana basilar.

CÓCLEA: Órgano del oído interno con forma de tubo arrollado en espiral, constituido por un laberinto óseo tapizado de estructuras celulares que forman un laberinto membranoso. Contiene al órgano de Corti encargado de la transducción de una onda acústica.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: Mide el grado de intensidad de una posible relación entre las variables. Este coeficiente se aplica cuando la relación que puede existir entre las variables es lineal (es decir, si representáramos en un gráfico los pares de valores de las dos variables la nube de puntos se aproximaría a una recta).

CONDUCTO AUDITIVO EXTERNO: Estructura anatómica que forma parte del oído externo junto con el pabellón auricular. Está formado por una parte cartilaginosa y una ósea, y se encarga de recoger las ondas sonoras para conducir las al oído medio.

CORRIENTE ELÉCTRICA: Fenómeno que tiene lugar cuando por un conductor circula carga eléctrica. También se suele utilizar el término “corriente” en lugar de “intensidad de corriente”.

D

DECIBEL: Unidad sonora equivalente a la décima parte del Bell, una medida de potencia sonora con la que se expresa la diferencia entre dos sonidos cuyas intensidades se hallan en relación de 10 a 1. El decibel es una relación matemática del tipo logarítmica donde si aumenta 3 dB un ruido, significa que aumenta al doble la energía sonora percibida.

DISTORSIÓN: Deformación de una señal durante una o algunas etapas de su procesamiento.

E

ELECTRODO: Elemento conductor con formas diversas (disco, aguja, etc.) que se utiliza como interfaz entre la piel (u otros tejidos) y el preamplificador de entrada. Su superficie debe ser lisa, y para uso externo se recubre con un gel conductor u otra preparación similar que asegura uniformidad en los contactos.

ELECTROENCEFALOGRAMA: Estudio mediante el cual se mide los impulsos eléctricos del cerebro, lo que se denomina ondas cerebrales. Un EEG mide estas ondas a

través de pequeños electrodos en forma de botón que se colocan sobre el cuero cabelludo y de esa manera se registran las variaciones en el potencial eléctrico de la actividad cerebral

ENVOLVENTE: Variación temporal de la amplitud de una señal, generalmente como consecuencia de un proceso de modulación.

ESPECTRO: Diagrama en el cual se indica el contenido de potencia de una señal para cada frecuencia. En el caso de tonos puros (senoides), contiene una sola frecuencia. En el caso de sonidos periódicos (por ejemplo una onda cuadrada), contiene frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental. En los demás casos, tiene una distribución continua. Para el ruido blanco es constante con la frecuencia.

ESTÍMULO: Señal que se utiliza para excitar determinado sentido (por ejemplo el oído) y así provocar una respuesta neuroeléctrica a medir.

ESTIMULACIÓN BIAURAL: Técnica de presentación del estímulo en un potencial evocado auditivo, en que se estimulan ambos oídos.

ESTIMULACIÓN MONOAURAL: Técnica de presentación del estímulo en un potencial evocado auditivo, en que se estimula un oído a la vez.

ESTUDIO MAGNETOENCEFALOGRÁFICO (EMG): Técnica no invasiva que registra la actividad funcional cerebral, mediante la captación de campos magnéticos, permitiendo investigar las relaciones entre las estructuras cerebrales y sus funciones.

EXCITACIÓN: Señal que se utiliza como entrada a un sistema. Ejemplos: la señal de entrada de un amplificador, el estímulo de un sentido.

F

FILTRO: Dispositivo (generalmente eléctrico) que permite separar las componentes espectrales que constituyen una señal. Los filtros **pasabajos** permiten pasar las frecuencias menores que la frecuencia superior de corte y bloquean las mayores. Los **pasaaltos** dejan pasar las frecuencias mayores que la frecuencia inferior de corte, bloqueando el paso de las menores. Los filtros **pasabanda** permiten el paso de las frecuencias comprendidas en una banda limitada de frecuencias, rechazando las muy bajas y las muy altas. Los filtros **notch** (muesca) rechazan una frecuencia, dejando pasar las demás.

FRECUENCIA: Cantidad de ciclos por segundo de una señal periódica. En el caso de señales sonoras, la frecuencia se corresponde con la sensación de altura. Se mide en Hz (Hertz, ciclos por segundo).

FRECUENCIA DE MUESTREO: Cantidad de muestras de una señal que se toman por segundo durante una operación de muestreo.

G

GANANCIA: Factor por el cual un amplificador multiplica la tensión que se aplica a sus terminales de entrada. A veces se expresa en decibeles (dB), tomando la tensión de salida referida a la tensión de entrada (confrontar *decibeles*).

H

HERTZ (Hz): Unidad de frecuencia, equivalente a un ciclo por segundo.

I

IMPEDANCIA: Es similar a la resistencia eléctrica, pero teniendo en cuenta su variación con la frecuencia de la tensión variable que se le aplica.

IMPEDANCIOMETRÍA: Medición de la impedancia mediante un instrumento especialmente diseñado

IMPLANTE COCLEAR: Transductor electrónico que transforma las señales acústicas en señales eléctricas que estimulan el nervio auditivo.

INTENSIDAD DE CORRIENTE: Magnitud de la corriente eléctrica, definida como la cantidad de carga que circula por una porción de un circuito en la unidad de tiempo. Se mide en A (amperio).

INTERFERENCIA: Efecto de la superposición de una señal espuria a una señal útil.

K

KILOOHM (kW): Unidad de resistencia eléctrica igual a 1000 ohms. Se utiliza para indicar resistencias de valores moderadamente altos.

L

LATENCIA: Tiempo transcurrido entre el estímulo y una onda cualquiera que forma parte de la respuesta eléctrica a ese estímulo. Se consideran **cortas latencias** las de menos de 10 mseg, **medianas latencias** entre 10 y 60 mseg, y **largas latencias** las de más de 60 mseg. Las latencias más cortas corresponden a las primeras estaciones dentro del flujo de la señal por la vía nerviosa.

LÍNEA BASE: Línea que representa el potencial de reposo, es decir aquél que se tiene en ausencia de estímulo, o entre dos estímulos consecutivos suficientemente separados.

LOGON: Estímulo cuya forma es una senoide modulada en amplitud por una campana de Gauss. Su espectro tiene también la forma de una campana de Gauss y se utiliza porque es un buen compromiso entre una duración breve y una cierta especificidad tonal.

M

MICROFÓNICO COCLEAR: Potencial generado en la cóclea con características comparables a las de un micrófono, es decir que su valor es hasta cierto punto proporcional a la presión sonora recibida en el tímpano.

MICROVOLTIO: Unidad de tensión igual a la millonésima parte de un voltio, abreviada **mV**. Se utiliza para representar tensiones muy pequeñas como las correspondientes a los potenciales evocados.

MILIVOLTIO (mV): Unidad de tensión igual a la milésima parte de un voltio. Se utiliza para representar tensiones pequeñas como las correspondientes a los potenciales a nivel celular.

MODULACIÓN: Procesamiento de una señal (**portadora**) que consiste en la variación temporal de su amplitud siguiendo la evolución de otra señal (**modulante**).

MUESTRA: Un valor tomado en un instante determinado que se almacena en la memoria para su uso ulterior.

MUESTREO: Operación que consiste en tomar muestras de una señal cada cierto periodo de tiempo. La frecuencia con que se toman las muestras se denomina **frecuencia de muestreo** y debe ser mayor que el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal. De lo contrario, al intentar recuperar la señal se produce un tipo de distorsión denominado **aliasing**.

N

NORMOYENTE: Denominación utilizada en audiología, para designar a sujetos con umbrales auditivos menores o iguales a 20 decibeles.

NOTCH: Un tipo de filtro que elimina una frecuencia, dejando las demás prácticamente inalteradas, salvo en las proximidades de la frecuencia eliminada, donde exhibe cierta atenuación.

O

OHM: Unidad de resistencia eléctrica. Corresponde a una resistencia que al circular por ella una corriente de 1 Amperio desarrolla entre sus terminales una tensión de 1 Voltio.

OTOSCOPIA: Procedimiento que permite visualizar el conducto auditivo externo (CAE) y en su fondo, la membrana del tímpano y con ello efectuar el diagnóstico por visión directa de distintas patologías

P

PARADIGMA ODD - BALL: Presentación de dos estímulos auditivos de diferentes características; uno frecuente y uno infrecuente.

POTENCIAL EVOCADO: Potencial que se mide entre un par de electrodos ubicados adecuadamente sobre la piel, cuero cabelludo, etc., como consecuencia de algún estímulo sensorial.

PREAMPLIFICADOR: Tipo de amplificador de bajo ruido y ganancia considerable que se utiliza a la entrada del amplificador principal cuando la señal a amplificar es muy pequeña.

PROMEDIACIÓN: Operación que consiste en promediar las sucesivas respuestas ante un estímulo repetitivo para reducir lo más posible la influencia del ruido.

R

RATE: Número de veces por segundo en que se presenta un estímulo acústico.

REFLEJO ACÚSTICO: Mecanismo de protección del oído medio que se desencadena por la contracción del músculo estapedial.

RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/R): Cociente entre el nivel de la señal y el nivel de ruido presente. Muchas veces se expresa en **dB** (decibeles), es decir 20 veces el logaritmo de dicho cociente.

REPRODUCTIBILIDAD: Corresponde al número de veces que la onda Pa de los Potenciales Evocados de Latencia Media se duplica entre dos o más registros consecutivos, en el mismo sujeto, oído e intensidad.

RESISTOR: Componente circuital que se opone a la circulación de una corriente eléctrica a su través.

RESISTENCIA: Magnitud física con la cual se expresa en qué medida un resistor se opone a la circulación de corriente. Se expresa en ohm, que se abrevia **W**. También se utiliza este término en lugar de “resistor”.

RUIDO: Cualquier señal indeseada que se superpone a la señal útil para un determinado fin. Ejemplo: la interferencia en una transmisión de radio.

RUIDO ELÉCTRICO: Ruido de naturaleza eléctrica, es decir una señal eléctrica espuria o indeseada que se superpone a la señal útil.

S

SINAPSIS: Uniones que se producen entre el axón de una neurona y las dendritas o cuerpo celular de otra neurona.

SENOIDE: Forma de onda periódica más pura. Contiene una sola línea espectral, es decir una sola frecuencia. Se caracteriza por su **amplitud** y su **frecuencia**.

SEÑAL: Variable física (eléctrica, neumática, luminosa, etc.) o neurológica que evoluciona en el tiempo representando información.

T

T DE STUDENT: Modelo de probabilidad según el cual se comporta una determinada variable.

TENSIÓN: Diferencia entre los potenciales eléctricos de dos puntos de un circuito. Se mide en V (voltios).

TEST DE GLASGOW: Escala de valoración del estado de conciencia, usualmente utilizado en pacientes comatosos.

TOMOGRAFÍA POR POSITRONES (PET): Tipo de medicina nuclear que mide la actividad metabólica de las células.

TONO PURO: Sonido que es el resultado de una evolución senoidal (armónica) de la presión sonora, o de la señal eléctrica aplicada a un parlante o auricular.

TONE BURST: Estímulo que consiste en cierto número (en general pequeño) de ciclos senoidales de una frecuencia dada. Cuantos más ciclos contenga, mayor es la especificidad tonal, es decir su espectro es más concentrado alrededor de dicha frecuencia, pero también más largo es el estímulo. Por el contrario, a menor número de ciclos corresponde una menor duración pero con un espectro más extendido, es decir que contiene energía en otras frecuencias diferentes de la que corresponde a los ciclos senoidales.

U

UMBRAL AUDITIVO: Mínima intensidad con que perciben los distintos estímulos.

V

VOLTIO (V): Unidad de tensión o diferencia de potencial eléctrico. Se utiliza indistintamente con su forma sajona “Volt”.