

**Tesis de Pre-grado**

**“Normalización de latencias absolutas de la onda V en Potenciales Evocados  
Auditivos de Tronco Cerebral, a 80, 60, 40 y 20 dB nHL, en lactantes  
normoyentes”**

**Tesis de grado para optar al título de Fonoaudiólogo**

**Autores:** Mauricio Alejandro Aravena Ríos  
Javier Antonio Lombardi Castro  
Tonchy Nicolás Vrsalovic Radovic

**Profesor guía:** Flga, MClínAud(Melb) Daphne Marfull Villanueva

**Profesor Asesor:** Flga. Tamara Margas Joglar

Valparaíso, Octubre del 2009.

*“...No cabe duda que este trabajo no solo fue conseguido por nuestro esfuerzo, hubo distintos corazones pendientes de nuestros proyectos, guiándonos, acompañándonos, o simplemente queriéndonos. En Primer lugar agradecemos a nuestros padres por ser quienes han realizado el gran esfuerzo para que nosotros cumplamos el sueño de ser profesionales, brindándonos todo lo necesario para aquello. Nuestros sueños son los vuestros. Agradecer también a nuestras familias, por acompañarnos siempre con su inmenso amor. A nuestras respectivas pololas, compañía principal del diario vivir en este arduo año de tesis y quienes nos contuvieron en los días difíciles.*

*Sin duda alguna, nuestra inmensa admiración, agradecimientos y cariños enormes a nuestras guías en este proceso cúlmine de nuestra vida universitaria, Daphne y Tamara, quienes desinteresadamente, y pese a los inconvenientes y distancia, nos acompañaron como verdaderas Maestras en este proceso educativo. No podemos dejar de mencionar a Juan Pablo “Chompi”, quien sin tener ninguna responsabilidad hacia nosotros, quiso acompañarnos en este proceso y hacer de esta investigación un desafío personal, muchísimas gracias. Además queremos sumar nuestros sinceros agradecimientos a los colaboradores de este trabajo, en especial al Dr. Jorge Rodríguez por facilitar sus instalaciones y a los Profesores a cargo de los talleres, y a todos quienes sumaron un granito de arena para que este sueño se haga realidad.*

*Por último, y lo más importante, dar las gracias a Dios, quien nos ha regalado la bendición de conocer a todas las personas anteriormente nombradas, principalmente por brindarnos la oportunidad y felicidad de ser increíbles amigos, y por lo tanto, que este no sea un simple trabajo, sino que un gran proyecto realizado por compañeros, amigos y hermanos...”*

*Mauricio, Javier y Tonchy*

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
- <b>RESUMEN</b>	9
- <b>ABSTRACT</b>	11
- <b>INTRODUCCIÓN</b>	13
- <b>MARCO TEÓRICO</b>	16
1. Anatomofisiología Auditiva	18
1.1 Órgano de Corti	19
1.2 Ganglio Espiral	19
1.3 Núcleos Cocleares	20
1.4 Complejo Olivar Superior	21
1.5 Colículo Inferior	21
1.6 Cuerpo Geniculado Medial	22
1.7 Corteza Auditiva	22

2. Exámenes Audiológicos	24
2.1 Audiometría	24
2.2 Otoemisiones Acústica	26
2.3 Impedanciometría	27
A) Timpanometría	27
B) Compliance Estática	28
C) Reflejo Acústico	28
D) Estudio de la Función Tubaria	29
2.4 PEATC	29
3. Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral	30
3.1 Clasificación	30
3.2 Parámetros Técnico	32
A) Variables del Estímulo	32
▪ Tipo	32
▪ Polaridad	33
▪ Tasa de Repetición	34
▪ Calibración y nivel	35
B) Electrodo	35
C) Amplificación y Filtros	36
▪ Preamplificación Diferencial	36
▪ Filtrado	37
▪ Rechazo de Artefactos	37

D) Promediación de señal	37
▪ Conversión Análogo-Digital	38
▪ Promediación	38
▪ Visualización Morfológica de la Onda	39
3.3 Aspectos Subjetivos de los PEA	39
A) Variables Ambientales	39
B) Variables Relacionadas con el Paciente	40
▪ Edad	40
▪ Sexo	41
▪ Estado de Conciencia	41
C) Variables Relacionadas con el Examinador	42
3.4 Características de la respuesta y aplicaciones clínicas	42
A) Respuesta de Latencia Corta	42
▪ Electrocolegrafía	42
▪ PEATC	43
B) Respuesta de Latencia Media	46
▪ Respuestas de Latencia Media	46
▪ Potencial de Estado Estable a 40 Hz	46
C) Respuesta de Latencia Larga	47
▪ Complejo $N_1 - P_2$	47
▪ $P_{300}$	47
3.5 Desarrollo y maduración de los PEA	48

4. Detección Precoz de la Hipoacusia	50
4.1 Screening Auditivo en Recién Nacidos	52
4.2 Descripción	53
4.3 PEATC en Lactantes	56
- <b>METODOLOGÍA</b>	58
1. Problema de la Investigación	58
2. Justificación del Problema	58
3. Objetivos	59
3.1 Objetivo General	59
3.2 Objetivos Específicos	59
4. Diseño de la Investigación	60
5. Descripción del grupo	60
5.1 Universo	60
5.2 Criterios de Selección	60
5.2.1 Criterios de Inclusión	60
5.2.2 Criterios de Exclusión	61
5.3 Modo de Selección de la Muestra	61
5.4 Muestra	62

6. Variables	62
6.1 Características del ambiente	62
6.2 Características del paciente	63
6.3 Características del examinador	63
7. Materiales	63
8. Procedimiento	64
8.1 Consentimiento Informado	64
8.2 Anamnesis Audiológica	64
8.3 Otoscopía	65
8.4 Impedanciometría	65
8.5 PEATC	65
8.5.1 Preparación del paciente	65
8.5.2 Parámetros técnicos utilizados	66
8.5.3 Aplicación, obtención y análisis de registro	67
9. Análisis Estadístico	68

- <b>RESULTADOS</b>	69
1. Anamnesis	69
2. Otoscopía	69
3. Impedanciometría	69
4. PEATC	70
4.1 Resultados muestra completa de 0 a 6 meses	70
4.2 Resultados agrupados según variable edad	72
4.3 Resultados agrupados según variable sexo	76
4.4 Análisis Estadístico	78
4.4.1 Correlación entre Latencia e Intensidad	79
4.4.2 Regresión exponencial y lineal	80
- <b>DISCUSIONES</b>	82
1. Control de Variables	82
1.1 Variables ambientales	82
1.2 Variables del paciente	83
1.3 Variables relacionadas con el examinador	84

2. Parámetros Técnicos	84
2.1 Tipo de estímulo	84
2.2 Transductor	85
2.3 Tipo de polaridad	85
2.4 Tasa de repetición	86
2.5 Filtros	87
3. Resultados de evaluación con PEATC	87
3.1 Latencias absolutas de la onda V	88
3.2 Relación Latencia-Intensidad	89
3.3 Latencias según edad	89
3.4 Latencias según sexo	90
3.5 Proyecciones del estudio	91
- <b>CONCLUSIONES</b>	93
- <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	95
- <b>ANEXOS</b>	98
1. Anexo 1: “Consentimiento Informado”	99
2. Anexo 2: “Anamnesis Audiológica”	100
3. Anexo 3: “ Investigación España 1992”	102
4. Anexo 4: “Tablas Promedios y desv. estándar”	110

## RESUMEN

Los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral corresponden a las respuestas que presenta la vía auditiva frente a un estímulo sonoro determinado y su estudio permite establecer umbrales de audición para el oído humano; diagnosticando o descartando la normoacusia o hipoacusia según corresponda. Este examen es utilizado en distintas edades y tipos de pacientes; siendo una herramienta de diagnóstico en la segunda fase del Screening Auditivo Universal para Recién Nacidos. La motivación para la realización de este estudio fue la falta de valores de normalidad, con muestra de la región de Valparaíso, de latencias absolutas de la onda V en lactantes normoyentes.

El presente estudio se realizó en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, entre los meses de Marzo y Octubre del 2009 y trató sobre la aplicación del examen de Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral y la normalización de latencias absolutas de la onda V a 80, 60, 40 y 20 dB nHL en lactantes normoyentes de 0 a 6 meses de edad de la región de Valparaíso. La muestra corresponde a 17 lactantes, 9 varones y 8 mujeres, equivalentes a 34 oídos normoacúsicos, de los cuales se obtuvieron los promedios correspondientes a las latencias absolutas por cada intensidad evaluada, siendo estos: 6,54, 7,08, 7,84 y 8,74 ms., para las intensidades 80, 60, 40 y 20dB nHL respectivamente. Se confirmó la relación inversamente proporcional entre los valores de intensidad y latencia, siendo la primera la variable independiente y la segunda la dependiente, lo que evidencia la curva de normalidad en el gráfico de ploteo de ambas variables; condición que se da en cada uno de los integrantes de la muestra y también en las variables de edad y sexo.

En la investigación que a continuación se expone, se estudió la influencia de las variables edad y sexo sobre los resultados, agrupando a los lactantes en los rangos etarios 0 – 3 y 3 – 6 meses. De esto se establece que la edad si influye en los resultados, observando valores heterogéneos en el grupo de mayor edad comparado con el de menor edad. Según la variable sexo se establecen valores de latencia absoluta menores en las mujeres que los varones. Sin embargo, esta diferencia descrita carece de importancia audiológica debido a la poca significancia de su valor entre géneros.

De este estudio se concluye que los resultados obtenidos para la región de Valparaíso pueden ser utilizados como referencias para la aplicación de los PEATC en lactantes, o bien para futuros estudios referentes al tema.

## ABSTRACT

The Brainstem Auditory Evoked Potentials (BAEP) correspond to the responses from the hearing pathway to determined auditory stimuli and its study allows establishing hearing thresholds for human hearing; diagnosing or ruling out normal hearing or hearing loss, whichever applies. This test is used at different ages and types of patients, being a diagnostic tool at the second stage of the Universal Newborn Hearing Screening. The motivation of this study was the lack of normalized values, with a sample of the Region of Valparaíso, for absolute latencies of wave V in normal hearing infants.

This study was completed in Valparaíso and Viña del Mar, between March and October of 2009 and it involved the application of the BAEP and the normalization of absolute latencies of the wave V at 80, 60, 40 and 20 dB nHL in normal hearing infants from 0 to 6 months of age of the Region of Valparaíso. The sample corresponded to 17 infants, 9 males and 8 females, equivalent to 34 normal hearing ears, from which the averages corresponding to the absolute latencies for each intensity assessed were obtained, being these: 6.54, 7.08, 7.84 and 8.74 ms. for the intensities 80, 60, 40 y 20 dB nHL, respectively. The inversely proportional relation between the intensity and latency values was confirmed, being the first one the independent variable and the second one the dependent, which shows the normal curve in the plotting graph of both variables, condition given in each of the sample members and also in the sex and age variables.

The influence of the age and sex variables over the results was studied, grouping the infants in the age ranges from 0 to 3 and 3 to 6 months. It was established that age actually influences the results, observing heterogeneous values in the older age group comparing with the younger age group. According to the sex variable, smaller values of absolute latency are established in women than in men. However, this described difference lacks from audiological importance because of the little significance of its value among genders.

We can establish as a conclusion that the results obtained in Valparaiso can be used as references for the BAEP application on infants or they can be used for future studies concerning this subject.

## INTRODUCCIÓN

La audición es una actividad sensorial básica para la adquisición del lenguaje y de las habilidades comunicativas. La información acústica es primordial para el desarrollo de la comunicación oral, por lo que una alteración en este sentido, a edades tempranas, generará la pérdida parcial o total de las características funcionales básicas de la comunicación.

La hipoacusia es una discapacidad con una gran incidencia en la población mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son más de 200 millones de personas en el mundo que presentan algún tipo de alteración o déficit auditivo de las cuales la mitad se pueden evitar. Lo anterior conlleva profundas consecuencias en la comunicación, en la educación y en el desarrollo laboral, generando problemas de adaptaciones sociales importantes.

Se estipula que cerca de un 25% de las alteraciones se inician en la infancia, de los cuales la mitad de los casos se manifiestan al momento de nacer. Si esta alteración congénita no logra ser detectada a tiempo, las implicancias para los menores y sus familias serán elevadas y permanentes. Según el Ministerio de Salud del Gobierno de Chile, la prevalencia de la hipoacusia congénita es de 1 a 2 por 1000 nacidos vivos, lo que significa que entre 250 a 500 niños presentan hipoacusias moderadas a profundas. Si la gran parte de estos casos no logran ser pesquisados e intervenidos a edades tempranas, existirá una alta probabilidad que estos no desarrollen lenguaje oral, que presenten trastornos cognitivos y alteraciones de tipo sociales.

Actualmente diversas organizaciones a nivel mundial implicadas en el estudio de la audición infantil promueven la implementación de programas que buscan pesquisar esta patología antes de los 3 meses de edad. Una de las principales instituciones dedicadas a este fin es el Joint Committee of Infant Hearing (JCIH), el cual en el año 1994 detalló los principales factores de riesgo que conllevarían a una posible detección de la alteración auditiva, indicando la obligatoriedad de evaluación inmediata de los lactantes que conforman este grupo de riesgo. En tanto, la Academia Americana de Pediatría en conjunto con la OMS

promueven la aplicación de programas de detección de la hipoacusia, y el JCIH en el año 2000 señala la importancia de que estos programas se realicen de manera universal, es decir tanto a menores con factores de riesgo auditivo como a los que no los presentan.

En Chile, desde el año 2005, se implementó un programa de detección precoz de la hipoacusia para las poblaciones de riesgo, compuestas por prematuros menores o igual de 32 semanas de gestación al nacer y menores o de igual peso a 1500 gramos. Una de las herramientas principales que forma parte de este programa de detección son los Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral, siendo este un examen objetivo y de alta utilidad para el diagnóstico de alteraciones auditivas.

Si bien este examen presenta una alta calidad para poder formular un diagnóstico audiológico con mayor exactitud y objetividad, presenta una serie de desventajas que afectan directamente la adecuada aplicación, especialmente en la población de lactantes. Algunos de estos problemas corresponden al largo tiempo de aplicación y la evaluación a altas intensidades, los cuales alteran la condición de sueño fisiológico y tranquilidad del menor, afectando directamente la calidad de registro. Respecto a lo anterior, el obtener una normalización de registros para una población específica, permitiría comparar los resultados obtenidos en la evaluación de PEATC con registros de referencia, lo que optimizaría el tiempo y calidad del diagnóstico. Cabe destacar, que para la población de recién nacidos y lactantes a nivel nacional existen escasos estudios que nos entreguen esta herramienta diagnóstica, por lo cual se hace importante la presencia de estos registros.

Este estudio, presenta como problema principal de investigación la ausencia de registros normales de referencia respecto a los valores de latencia absoluta de la onda V en lactantes normoacúsicos de 0 a 6 meses pertenecientes a la región de Valparaíso. Por lo tanto, la investigación pretende aportar estos datos para este fin, siendo el objetivo general el establecimiento de los valores de latencias absolutas de la onda V a 80, 60, 40 y 20 dB nHL en este grupo etario con normalidad auditiva. La obtención de estos registros, permitirá obtener una herramienta de referencia relativa a una muestra de la región de Valparaíso, lo cual

beneficiará la aplicación del examen de PEATC optimizando los tiempos de evaluación en lactantes y de esta forma mejorar la calidad del diagnóstico audiológico.

En la presente investigación, se evaluó a 17 lactantes entre 0 a 6 meses de edad de la región de Valparaíso, los cuales fueron elegidos de acuerdo a los criterios de selección del estudio, y luego de la autorización de los padres de acuerdo a un consentimiento informado, evaluados con PEATC en las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso, con el fin de confirmar la normoacusia y obtener registros para esta población.

Los resultados obtenidos fueron analizados de acuerdo a las variables edad y sexo, comparando en primera instancia el grupo de lactantes entre 0 a 3 meses de edad contra los de 3 a 6, y en segundo lugar los hombres versus las mujeres. En ambos casos, se procuró el control de los factores externos que podrían influir en el desarrollo del proceso. Estos resultados fueron comparados con una muestra de un estudio español realizado el año 1992, comprobándose la relación significativa entre ambos.

Finalmente, se expone la tabla de promedios de latencias absolutas de la onda V por cada intensidad evaluada, la cual podrá ser utilizada de manera referencial para fines diagnósticos, considerando que a futuro es necesaria la ampliación de este estudio en relación al tamaño de muestra, población abarcada y variables estudiadas.

## MARCO TEÓRICO

A través de la historia de la Audiología, la detección temprana de problemas auditivos ha pasado a ser una necesidad que busca encontrar menores que, por su historia hereditaria, congénita y/o adquirida, han desarrollado alteraciones auditivas, con la finalidad de prevenir los problemas que derivan de ella como alteraciones en la capacidad comunicativa y lingüística.

La audiolgía ha desarrollado diversas técnicas evaluativas de estos trastornos en edades tempranas, detallando una minuciosa historia clínica del menor para conocer sus factores de riesgo, realizando pruebas subjetivas y objetivas, las que constan de distintos exámenes audiológicos que buscan registrar las respuestas de su órgano auditivo a distintos estímulos.

Todo lo anterior conlleva a la necesidad de tener un exhaustivo programa de detección de alteraciones auditivas en edades tempranas, especialmente porque permitirá predecir la futura adquisición del lenguaje del menor. “El desarrollo lingüístico, cognitivo, psicológico, y social del ser humano depende de la correcta percepción auditiva de los sonidos ambientales y específicamente de los sonidos lingüísticos” (Carvajalino, 2004). Por ende, un daño auditivo manifestará un daño comunicativo futuro, dependiente del grado de pérdida auditiva.

Si la deficiencia auditiva es detectada a tiempo, las consecuencias podrán ser evitadas o minimizadas. Chomsky (1966) hace alusión que el período crítico de aprendizaje finaliza a los 18 meses de vida, cuando el 80% de los patrones del lenguaje están adquiridos. De ahí la importancia del diagnóstico temprano de los problemas auditivos. (López, 1992)

A lo largo del presente marco teórico se describirán los contenidos fundamentales para el desarrollo de este estudio investigativo, los cuales se agrupan en los siguientes ítems:

- Anatomofisiología Auditiva
- Exámenes Audiológicos
- Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral
- Detección precoz de la hipoacusia.

## **1. Anatomofisiología Auditiva.**

El oído humano es un conjunto de estructuras anatómicas que se encargan de la audición y el equilibrio. Se divide en oído externo (OE), medio (OM) e interno (OI). El primero está compuesto por el pabellón auricular, el conducto auditivo externo y la capa externa de la membrana timpánica, los cuales están encargados de la propagación del estímulo sonoro hacia el oído medio. El segundo incluye la membrana timpánica, la cavidad timpánica, la cadena de huesecillos, la trompa de eustaquio y las ventanas oval y redonda. El OM es el encargado de realizar la transducción del estímulo sonoro a uno mecánico (Gil-Garcedo, E & Vallejo, L, 2004).

El OI, donde se aloja el órgano de la audición, está conformado por el laberinto óseo y el laberinto membranoso. La parte ósea se divide en cóclea o caracol óseo, vestíbulo y canales semicirculares; en cambio, la porción membranosa se divide en cóclea o caracol membranoso, utrículo y sáculo (vestíbulo) y canales semicirculares membranosos.

El caracol óseo consta de dos porciones separadas por el conducto coclear o caracol membranoso, llamadas rampa timpánica y rampa vestibular, las cuales, debido a su comunicación, comparten el contenido acuoso constituido por perilinfa. Al interior del caracol óseo, se encuentra la tercera rampa llamada escala coclear o rampa media, en donde se encuentra otro tipo de fluido llamado endolinfa. Este canal es el que finalmente contiene el verdadero órgano sensorial de la audición: el órgano de Corti. (Gil-Garcedo, E & Vallejo, L, 2004; Morales, 1992)

## 1.1 Órgano de Corti

El Órgano de Corti (OC), ubicado en la rampa coclear o rampa media, contiene las células sensoriales o células ciliadas (CC) encargadas de la transducción de energía mecánica a bioeléctrica. Insertas en la membrana basal, las CC contactan, en su raíz, las fibras del nervio coclear, mientras que en su ápice con la superficie inferior de la membrana tectoria a través de sus cilios.

Según Spondlin (1985), de acuerdo a su topografía, las CC se dividen en externas e internas. Las primeras, con un número total de 13400, se distribuyen en mayor cantidad en el vértice del OC, con una razón aproximada de 2:1. En cambio, las CC internas, con un número total de 3400, se distribuyen homogéneamente en el OC, siendo de vital importancia en el proceso de transducción (cit. en Morales, 1992).

## 1.2 Ganglio Espiral

La primera neurona de la vía auditiva aferente agrupa las células bipolares que se proyectan desde el modiolos de la cóclea, formando el cuerpo del ganglio espiral. En la cóclea se distinguen dos tipos de células ganglionares: grandes o tipo I (relacionadas con las CC Internas) y pequeñas o tipo II (relacionadas con las CC Externas). Tanto las células grandes como pequeñas pueden ser o no mielinizadas, siendo de mayor proporción estas últimas (Morales, 1992).

Referente a las fibras de las células ganglionares y su relación con las CC externas e internas, se puede señalar que existen diferencias en la distribución de las vías aferentes y eferentes, el desplazamiento topográfico y población neuronal asociada a la inervación aferente de cada célula. En el ser humano, el 85 a 90% de las fibras aferentes están asociadas con CC internas y un 10 a 15% con CC externas. Las fibras aferentes que inervan una CC interna, se dirigen de forma directa a la célula sensorial y provienen de 10 neuronas aferentes individuales. En cambio, las fibras aferentes que inervan las CC externas cruzan el túnel de

Corti, sobrepasan el haz espiral externo y llegan finalmente a la célula, compartiendo su inervación con 10 CC externas más (Katz, 2000; Morales, 1992).

En la conformación del nervio coclear y debido a la forma espiral del caracol, las fibras nerviosas del vértice se localizan en el centro del nervio y se relacionan con las tonalidades graves, mientras que las fibras basales están situadas en la zona periférica y corresponden a las tonalidades agudas. Esto le confiere una relación tonotópica al nervio auditivo.

### **1.3 Núcleos cocleares**

El VIII par craneal ingresa al tronco cerebral ubicándose en el surco bulboprotuberancial, el cual dirige los axones de las células sensoriales hacia los núcleos cocleares donde se realiza la sinapsis. Los axones se dividen en ramas ascendentes, que hacen sinapsis en el núcleo coclear ventral ascendente, y ramas descendentes, que realizan la sinapsis en el núcleo coclear ventral descendente y luego en el núcleo coclear dorsal.

Existen tres fascículos estriados que se encargan de proyectar las fibras desde los núcleos cocleares hasta las estaciones ventral, intermedia y dorsal. La Estría Ventral es la principal vía aferente del núcleo coclear ventral, el cual se comunica con el Complejo Olivar Medio Superior Ipsilateral, con el Complejo Olivar Superior Contralateral y el Lemnisco Lateral. La Estría Intermedia va en paralelo a la Ventral y termina en el Complejo Olivar Superior. Finalmente, la Estría Dorsal representa la proyección del núcleo coclear dorsal hasta la porción medial del Lemnisco Lateral (Morales, 1992).

#### **1.4 Complejo Olivar Superior**

El Complejo Olivar Superior (COS) presenta cuatro núcleos a cargo de la información aferente de la vía auditiva: Medial Superior, Lateral superior, Lateral y Medial del Cuerpo Trapezoide. El Complejo Olivar Medial superior acopia fibras de ambos Núcleos Cocleares, recibiendo información bilateral del ápice coclear, codificando frecuencias medias y bajas. El Núcleo Olivar Lateral Superior también recibe información bilateral de todo el espectro tonotópico del sonido. El Núcleo Lateral está en relación con el Núcleo Coclear Ventral y el Núcleo Medial con el Núcleo Coclear Contralateral. Por lo anterior, el Complejo Olivar Superior representa la primera integración binaural de la vía auditiva.

Goldberg & Moore, en 1967, describen que, desde el COS, las fibras ascendentes viajan a través del lemnisco lateral y terminan mayoritariamente en el Colículo Inferior (CI). Por otra parte, el resto de las fibras terminan en la división principal del Cuerpo Genuculado medial (cit. en Morales, 1992)

#### **1.5 Colículo Inferior**

El Colículo Inferior (CI) participa en la transmisión de estímulos auditivos aferentes hacia los Cuerpos Genuculados Mediales, en la integración de las vías ascendentes - descendentes y en la elaboración - ejecución del reflejo acústico. La mayoría de las fibras provenientes del Lemnisco Lateral terminan en el núcleo central del CI y las restantes se conectan directamente al Cuerpo Genuculado medial. Al igual que en estaciones anteriores, el CI se comunica con su homólogo contralateral. (Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004)

## **1.6 Cuerpo Geniculado Medial**

Atkin y Webster (1971), describen que, el Cuerpo Geniculado Medial (CGM) se ubica en la parte posterior del tálamo dividiéndose en tres porciones: porción ventral, dorsal y media. La primera es principal estación de relevo auditivo, posee una estructura laminar con posible organización tonotópica y recibe fibras aferentes provenientes del CI, constituyendo la principal vía ascendente talámica. Las dos últimas reciben proyecciones bilaterales de las vías acústicas aferentes y eferentes de otras áreas. Desde el CGM, última estación de la vía auditiva aferente, la información auditiva continúa hacia el tálamo, luego a la extremidad posterior de la cápsula interna, hasta alcanzar la corteza auditiva primaria (cit. en Morales, 1992).

## **1.7 Corteza auditiva**

La última estación del análisis sonoro se realiza en la corteza auditiva, ubicada en el Lóbulo Temporal, el cual contiene tres áreas auditivas descritas por Brodmann: 41, 42 y 22. El área 41 es el centro de la corteza auditiva primaria, donde el sonido es organizado de manera tonotópica, ubicándose las frecuencias agudas en su parte externa y las graves en la interna. Las áreas 42 y 22, que rodean el área 41, forman la corteza auditiva secundaria. El área 42, que recibe información directa desde el CGM del Tálamo, participa en tareas de atención auditiva e identificación de palabras. Finalmente, el área 22, la primera circunvolución temporal o área de Wernicke, entrega el componente semántico al sonido analizado en las áreas anteriores (Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

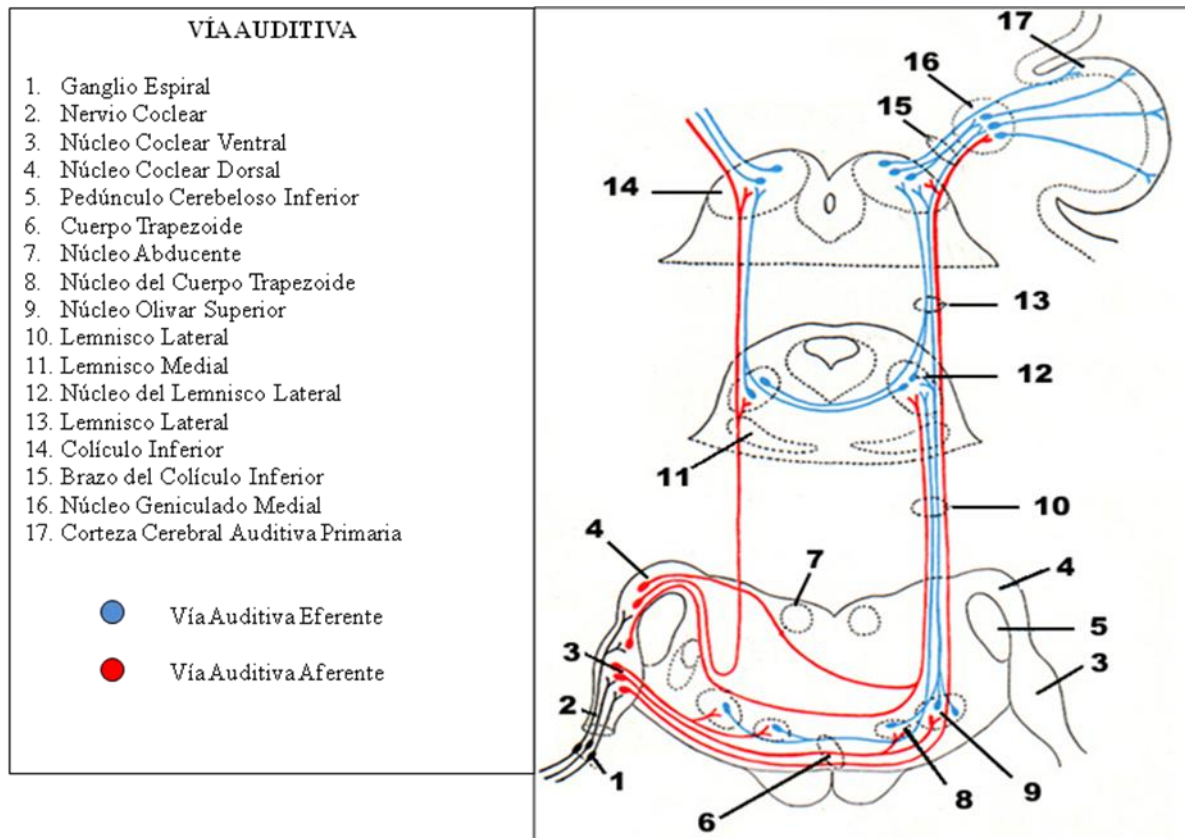


Figura 1. Esquema de la Vía Auditiva. Vía Aferente-Vía Eferente (Katz, 2002)

## **2. Exámenes Audiológicos.**

En Audiología existen diversos exámenes, los cuales permiten determinar Hipoacusias o anomalías en el órgano de la audición. Dentro de estos encontramos la Audiometría, Otoemisiones Acústicas (OEA), Impedanciometría y Potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC). Para la detección precoz de la audición en menores los más utilizados, a modo de screening, son las OEA y los PEATC Automatizados (PEAAT), mientras que de carácter clínico se encuentran la Impedanciometría y los PEATC. En tanto la Audiometría, confirmará el diagnóstico en años posteriores cuando el niño pueda responder a este examen.

### **2.1 Audiometría**

La audiometría es uno de los principales exámenes dentro de la audiología clínica. Este examen es de carácter subjetivo, ya que el resultado depende de las respuestas del paciente, permite identificar y cuantificar la hipoacusia, además de realizar un topodiagnóstico de la lesión. Si bien la audiometría es una gran herramienta de diagnóstico, no puede ser aplicable en recién nacidos (RN), infantes que no realicen seguimiento instruccional o cualquier paciente, de cualquier edad, que presente alteraciones cognitivas o bien, que no pueda entender y seguir las instrucciones para su óptima realización (Katz, 2002).

Los resultados de este examen se anotan en un gráfico llamado audiograma, en el cual se detallan, principalmente, para ambos oídos: los umbrales auditivos de cada frecuencia, el Promedio Tonal Puro (PTP) para la vía aérea (VA) y vía ósea (VO), porcentaje de discriminación de la palabra y las pruebas supraliminales. La American National Standard Institute (ANSI), en 1969, propone la siguiente clasificación de la hipoacusia según el valor del PTP:

- Normoacusia: PTP entre 0 y 20dB.
- Hipoacusia Leve: PTP entre 21 y 40dB
- Hipoacusia Moderada: PTP entre 41 y 70dB
- Hipoacusia Severa: PTP entre 71 y 90dB
- Hipoacusia Profunda: PTP superior a 91dB.

Por otra parte, se puede determinar el tipo de hipoacusia (HA) según la topografía del daño.

- HA Conducción: Corresponde a la afección del Oído Externo y/o Medio, en la cual encontramos una VO dentro de los límites normales y VA bajo los límites normales; con una diferencia ósteo-aérea (GAP) superior a 15dB. Este tipo de HA presenta buena discriminación de la palabra.

- HA Sensorio-Neural: Alteración del Oído Interno y/o vía auditiva, en la cual ambas vías, aérea y ósea, se encuentran bajo los límites normales con un GAP inferior a 15dB. Este tipo de HA presenta discriminación de la palabra alterada.

- HA Mixta: Presenta componentes de ambos tipos de HA, ambas vías bajo los límites normales pero con un GAP superior a 15dB.

- Cofosis o Anacusia: Ausencia total de audición; el paciente no responde a máxima intensidad del equipo. En este tipo no existe discriminación de la palabra.

## 2.2 Otoemisiones Acústicas

Las OEA son sonidos generados en la cóclea, específicamente en las CC externas, los cuales se originan de forma espontánea o evocada y pueden ser registrados en el Conducto Auditivo Externo (CAE). Esta prueba no permite determinar umbrales auditivos, sin embargo sirve para prescribir el estado de la cóclea. Por otra parte, las OEA no son captables en hipoacusias con umbrales superiores a 30dB (Katz, 2000; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

Existen dos tipos de OEA: Espontáneas y Evocadas. Las primeras, se generan en ausencia de estímulos externos y están presentes en el 50% de la población, incluyendo RN, desapareciendo con la edad. Las segundas, en tanto, aparecen tras una estimulación acústica siendo captadas por el 98% de los sujetos normoyentes y por esta razón se utilizan con fines diagnósticos. En este tipo de OEA se encuentran las Transitorias y Producto Distorsión:

- OEA Evocadas Transitorias: aparecen tras la estimulación acústica a través de Clicks o Tonos Burts y están significativamente presentes en RN, por ende se utilizan de screening para esta población.

- OEA Producto Distorsión (DPOAE): se provocan mediante la estimulación de dos tonos puros simultáneos de distinta frecuencia. Estos tonos son denominados F1 – F2 y el producto distorsión aparece como una tercera frecuencia F3.

- OEA Estimulo Frecuencial: corresponden a la respuesta de la cóclea tras la estimulación de un tono puro y son escasamente utilizadas en la clínica, debido a que la respuesta ocurre simultáneamente al estímulo sonoro y a la misma frecuencia.

La prueba de OEA es un procedimiento no invasivo, indoloro y objetivo que no demora más de 5 minutos y puede ser aplicado a las 48 horas de nacido. Es considerada una herramienta importante en el diagnóstico de patología coclear y detección temprana de la HA (Katz, 2002; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

## 2.3 Impedanciometría

La Impedanciometría es una prueba de carácter objetivo que consiste en medir la impedancia acústica, es decir, la resistencia al movimiento vibratorio de la membrana timpánica y de la cadena osicular al ser estimulados por un sonido. Además, permite medir la presión del oído medio, evaluar la función de la Trompa de Eustaquio, estudiar los reflejos acústicos, realizar un topodiagnóstico, entre otros. Este examen consiste en la realización de 4 subpruebas o mediciones: Timpanometría, Compliance Estática (CE), Reflejo Acústico (RA) y Estudio de la Función Tubaria (Katz, 2000; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

### A) Timpanometría

La Timpanometría es un método objetivo de medición de la movilidad de la Membrana timpánica (MT) y cadena osicular del oído medio al variar la presión en el área del CAE. Por lo general, la presión del OM se corresponde con la del CAE y la atmosférica, por ende, esta es cercana a cero. Al existir aumentos de presión, se produce un aumento en la rigidez de la MT. El resultado de la Timpanometría se consigna en un gráfico llamado Timpanograma, en el cual se puede apreciar distintos tipos de curvas, que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Características de tipos de curvas del Timpanograma (Katz, 2002)**

Curva tipo	Compliance dinámica	Presión	Sugiere
A	Entre 0.25 y 1.2cc	Entre +50 y -100daPa	Normalidad
As	< 0.25cc	Entre +50 y -100daPa	Fijación osicular
Ad	> 1.2cc o sin ápice	Entre +50 y -100daPa	Discontinuidad de cadena osicular
B	No existe máxima	Plana +300 a -300daPa	Líquido en OM
C	Entre 0.25 y 1.2cc	Entre -100 y -400daPa	Disfunción Tubaria
W	Doble ápice	Entre -100 y +100daPa	Tímpano Cicatrizal o RN

*En la tabla se presentan los tipos de curvas obtenidas en la Timpanometría, y los valores de compliance, presión y la sugerencia del estado del oído medio correspondiente.*

## B) Compliance Estática

La Compliance Estática (CE) se define como el volumen acústico equivalente del OM y se expresa en cc o ml. Los valores normales de CE se encuentran entre los 0.25 y 1.2 cc y la disminución de esta puede referir presencia de líquido en el OM o rigidez tímpano osicular. Por otra parte, el aumento del valor de CE se puede asociar con hiperlaxitud o interrupción de la cadena osicular (Katz, 2002; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

## C) Reflejo Acústico (RA)

El RA es un mecanismo de protección ante estímulos sonoros de alta intensidad que consiste en la contracción, en forma antagónica y simultánea, del músculo estapedial y del martillo en ambos oídos. De esta forma se libera la platina del estribo de la ventana oval, disminuyendo el paso de este sonido al oído interno. El examen del RA se basa en las mediciones de variaciones de impedancia entre las frecuencias 500 a 4000 Hz, producidas por las contracciones del músculo del estribo. Se evalúan los reflejos Ipsi y Contralateral de cada oído.

Si bien el RA no es un examen de audición y, por consecuencia, no puede reemplazar la audiometría, este puede ser utilizado dentro de la evaluación en lactantes, ya que la presencia de RA descarta una posible patología conductiva. Sin embargo, la ausencia de este no indica, necesariamente, problema auditivo, puesto que un 5% de la población con normoacusia no presenta reflejos (Katz, 2002; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004).

#### D) Estudio de la Función Tubaria

La Trompa de Eustaquio (TE) es un conducto que se extiende desde la porción anterior de la caja timpánica hasta la Rinofaringe. La TE realiza tres funciones: ventilación, drenaje y protección del OM. Para realizar estudios o mediciones de la función tubaria existen dos métodos descritos: (Katz, 2002; Gil-Garcedo, & Vallejo, 2004)

Pruebas de medición tubaria sin métodos electrónicos: este método sirve para estudiar la función tubaria sin necesidad de poseer un equipo electrónico y funciona únicamente con sujetos que presenten tímpano íntegro. Para realizar estudio se aplican las pruebas de Toynbee y Valsalva.

Pruebas mediante métodos electrónicos: en éstas se utiliza como apoyo un Impedanciómetro. Para pacientes con tímpano íntegro se pueden aplicar las pruebas de Honjo y Timpanometría y, en el caso de pacientes con tímpano perforado, se realizan las pruebas de Inflación – Deflación y Toynbee.

#### **2.4 Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral (PEATC)**

Los PEATC son una prueba objetiva que se basa en medir la actividad eléctrica de la vía auditiva tras estimular el oído con un sonido de características determinadas. En diversas investigaciones (Hecox Y Galambos, 1974; Jacobson & Hall, 1994) se afirma que este examen es una útil herramienta en la exploración auditiva y eficaz al momento de evaluar pacientes no cooperadores, posibles simuladores, lactantes, niños que no realicen seguimiento instruccional y toda persona que posea algún trastorno cognitivo o conductual que no le permita entender y seguir instrucciones (Gaddam, 2008). A continuación, se desarrollará con mayor profundidad la información sobre esta prueba debido a su relevancia en el presente estudio

### **3. Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral**

Potenciales Evocados (PE) refieren a las modificaciones de la actividad eléctrica del sistema nervioso, producidas por cualquier estímulo, sea físico, psicológico, entre otros. Para que un estímulo sea capaz de generar un Potencial, este debe tener tres características: primero debe ser brusco, para así generar una respuesta sincrónica de las células del sistema nervioso; en segundo lugar, debe ser controlable en cuanto a las características propias del estímulo y, por último, debe ser reproducible, para que su exploración sea valorada y cuantificada.

Los PE nos darán información bioeléctrica funcional en base a estímulos que simularán la respuesta normal de la actividad eléctrica. Esto último le da a los PE una importancia diagnóstica importante, ya que siempre nos encontramos en condiciones de estímulo-respuesta fisiológicas (López, 1992).

#### **3.1 Clasificación**

Existen variadas formas de clasificación de los Potenciales Evocados Auditivos (PEA), pero ninguna se ha estandarizado completamente. Las formas de clasificación más utilizadas en la clínica audiológica son de acuerdo al tiempo de latencia, origen anatómico, relación estímulo-respuesta y ubicación del electrodo.

En relación al periodo de latencia, o periodo de tiempo en que aparece la respuesta luego del estímulo, existen PEA de latencia temprana, media y larga. El primero, o también llamado de latencia corta (SLR) registra respuestas entre los 10 y 15 mseg. posterior al estímulo. El segundo o potencial de latencia media (MLR), evidencia respuestas entre los 10 y 50 mseg., y el último o potencial tardío (LLR) entre 50 y 80 mseg.

En cuanto a la clasificación de acuerdo al origen anatómico de los PEA, basada en la zona neuroanatómica del sistema auditivo estimulada y registrada, actualmente existen algunas confusiones en la nomenclatura y controversias sobre los orígenes precisos de las

respuestas (Katz, 2000). Sin embargo, se reconoce que el periodo de latencia de la respuesta captada se relaciona con una zona de la vía auditiva que participa en la actividad bioeléctrica. De este modo, los SLR registran la respuesta de la periferia auditiva y del nivel protuberancial mesencefálico del tronco cerebral, los de latencia media o MLR captan estructuras más allá de los colículos inferiores incluyendo corteza auditiva primaria (Kraus y McGee, 1990) y los LLR, se generan a nivel cortical.

A diferencia de las anteriores, la clasificación que relaciona estímulo-respuesta es la menos usada en la actualidad. Esta se fundamenta en que la respuesta nerviosa esta condicionada por el tipo de estímulo utilizado. Por tanto, los PEA que utilizan clicks o tonos de rápido ascenso y descenso son denominados como transitorios, y por el contrario, los aplicados con estímulos prolongados como tonos burst se identifican como sostenidos. Los primeros, son dependientes del cambio brusco del estímulo, mientras que los últimos condicionan su respuesta respecto a la prolongación de este.

Otra clasificación basada en la relación estímulo-respuesta, es la de PEA exógenos o endógenos. El primero se designa como tal ya que depende de los rasgos físicos del estímulo y el segundo, se condiciona por el contexto en el cual son presentados estos y la habilidad del sujeto para atribuirle un significado. Cabe destacar que los PEA exógenos son los de mayor relevancia clínica en la audiología (Katz, 2002)

Por último, dependiendo de la ubicación de los electrodos respecto a los generadores neurológicos de la respuesta, los PEA se clasifican como campo lejano o campo cercano. En general, todos los PEA que registran desde el cuero cabelludo la respuesta se consideran campo lejano, mientras que aquellos realizados durante monitoreos intraoperatorios en el nervio y/o electrococleografías son de campo cercano.

### 3.2 Parámetros técnicos

Es importante conocer las variables técnicas con respecto a la aplicación de los PEA, como también aquellas que conciernen al examinador y al paciente, para tener claridad en los registros e interpretación de resultados de la evaluación. Los elementos relacionados con el equipo y el examen funcionan para generar, transducir y entregar estímulos acústicos apropiados al sujeto y desencadenar el comienzo del proceso de promediación de señales. Además realizan la conducción de la respuesta electrofisiológica evocada, frente a la estimulación acústica, a los componentes electrónicos siguientes, los cuales amplifican y filtran la respuesta desarrollando una promediación de señales, para así mostrar-almacenar y producir un registro escrito de las respuestas, el cual luego es sometido a análisis e interpretación (Katz, 2002).

#### A) Variables del estímulo

Los estímulos utilizados en los PEATC varían de acuerdo a las características propias de este, ya sean: tipo, polaridad, tasa de repetición y calibración.

- Tipo

En general, los PEA son desencadenados por un click o tono de corta duración. Este estímulo es entregado comúnmente por diferentes tipos de transductores. Los más utilizados son fonos supraaurales o auriculares de inserción tipo tubo de silicona flexible que aumenta el tiempo de propagación del sonido retrasando el PEA. Otro tipo de transductor es el vibrador óseo, el cual posee problemas y limitaciones referentes a la respuesta por frecuencia, el lugar de colocación y conexión física en la cabeza (Katz, 2002).

Un PEA debe activar una gran población de neuronas. Esto se logra mejor con estímulos transitorios de comienzo rápido o click de banda ancha (CBA), los cuales poseen límites superiores de frecuencia entre 5000-10000 Hz. Cuando se busca información específica de frecuencia, se utilizan click filtrados y estímulos sinusoidales con tiempos mayores que el CBA (Durrant, 2007).

En general los PEA presentan mayor respuesta en frecuencias agudas cercanas a los 3000 Hz, debido al énfasis del transductor entre los 1000 y 4000 Hz y a la mecánica coclear de la base donde existe una mayor sincronía neural y una menor influencia de la sumación de ondas.

Gorga & al (1988) refieren que: “en los PEA, también se utilizan pulsos sinusoidales. El tono *pip* se caracteriza por un tiempo de ascenso y descenso y sin *plateau*, mientras que el tono *burst* contiene un *plateau* de cierta duración. En el análisis específico de frecuencia existen dos consideraciones importantes para seleccionar el tipo de estímulo y parámetros: el tiempo de duración del estímulo, sin interferir con el registro de la respuesta, y la energía acústica que puede ser tolerada” (cit. en Katz, 2002).

- Polaridad

Esta se define por la dirección inicial del diafragma transductor, el cual puede ser de inicio negativo o positivo según las características del impulso eléctrico utilizado. La polaridad inicial de los click sucesivos en una puesta en marcha de promediación puede ser fija (condensación o rarefacción) o alterna.

La polaridad fija de condensación, de característica positiva, desencadenan un desplazamiento inicial del estribo hacia el interior, provocando el movimiento de la rampa coclear hacia la rampa timpánica. Por otro lado, la polaridad fija de rarefacción, de característica negativa, presenta un desplazamiento hacia el exterior por parte del estribo y así generar el movimiento de la rampa coclear hacia la vestibular. Debido a estas características,

esta última, posee mayor calidad de registro y definición de ondas, ya que su movimiento coincide con la descarga neural.

La alterna combina las características de ambas polaridades ya descritas, siendo utilizada por la capacidad de suprimir la interferencia de los artefactos, el registro microfónico coclear y demostrar una mayor similitud en los resultados entre sujetos. Sin embargo presenta una menor definición de onda en comparación a la de rarefacción (Katz, 2002).

- Tasa de Repetición

La tasa de los PEA son presentados comúnmente en de orden de 10 – 40 mseg., dependiendo de la respuesta deseada, del grado de adaptación tolerable y la razón de la prueba. Frente a esto se recomienda una tasa de repetición lenta con el fin de prevenir la adaptación a la respuesta y mejorar la definición de onda, no obstante, tasas demasiado bajas prolongan el tiempo de recolección de datos. Por ejemplo, las tasas del orden de los 30 – 35 Hz son muy comunes en protocolos de evaluación auditiva en RN, donde el tiempo de aplicación de los PEA debe disminuir debido a su característica de screening.

Para los PEA de latencia corta se recomienda una tasa de repetición cercana a los 10 Hz, ya que así se asegura una adecuada amplitud de onda y se evita un aumento en las latencias absolutas. Por otra parte, en los PEA de latencia media la tasa de estímulo tiende ser más baja (5 – 10 Hz), ya que estas tienen un periodo fundamentalmente más largo que los PEA de latencia corta. Finalmente, para los PEA de latencia tardía, la tasa de repetición debe ser aún más baja (usualmente menos de 1 Hz) (Katz, 2002).

Por último, es importante destacar la existencia de una interferencia eléctrica que se produce en 60 Hz y en sus submúltiplos enteros, llamado “phase-locking”, por lo cual las tasas de repetición deben ser escogidas considerando esta variable. Para lo anterior se recomiendan la utilización de valores impares.

- Calibración y nivel

La calibración del estímulo y selección de nivel de unidades es compleja, debido a la inhabilidad de los medidores sonoros para un registro exacto de estímulos de corta duración. Para los clicks, las tres referencias en dB son: nivel de audición (HL) o nivel de audición normal (nHL), nivel de sensación (SL) y nivel de presión sonora peak equivalente (peSPL).

Con respecto a la calibración y nivel del estímulo, Stapells describe lo siguiente:

El dB HL (o nHL) para el estímulo transitorio del PEA se relaciona con el promedio de umbrales de un grupo de individuos con audición normal, mientras que el dB SL es más usado para indicar el número de dB sobre el valor umbral. Aunque ambos son muy útiles para referencia clínica, ninguno es indicativo de una medición física directa de intensidad. La relación entre peSPL (utilizando frecuencias de 1000, 2000 o 4000 Hz) y HL para un click es tal, que el cero de dB HL corresponde a 30 dB peSPL aproximadamente (Katz, 2002).

## B) Electrodo

La respuesta electrofisiológica de un sujeto a la estimulación acústica es llevada al equipo electrónico mediante el uso de electrodos. Estos pueden ser de superficie en disco o copa, hechos de oro o plata. Los más recientes y mayormente utilizados en niños son los electrodos desechables, que consisten en una esponja porosa impregnada en gel conductivo y adherida a una banda adhesiva. La transferencia de corriente del tejido biológico hacia el electrodo depende de un buen contacto eléctrico entre estos dos elementos y será impedido por factores del mismo electrodo, el tejido (piel) o algo entre ellos (maquillaje, suciedad, entre otros) (Katz, 2002).

Cuando se utilizan electrodos de superficie se debe limpiar la piel con una pasta abrasiva y aplicar un método conductivo, tal como una pasta, gel o crema electrolítica entre la piel y el electrodo, lo que ayudará a reducir la impedancia. Esta debe ser menor a 5000 Ohms (5 k $\Omega$ ), con diferencias de impedancia entre electrodos no mayor a 2000 Ohms (2 k $\Omega$ ) (Katz, 2002).

### C) Amplificación y Filtros

El registro de la actividad bioeléctrica posterior a la estimulación auditiva, depende de parámetros electrónicos utilizados para la obtención de datos más específicos de la vía auditiva. Por lo anterior, los procesos fundamentales para este trabajo son: preamplificación diferencial, filtrado y rechazo de artefactos.

- Preamplificación Diferencial

Los voltajes obtenidos por los electrodos no están usualmente dentro del rango de magnitudes medibles, por lo que deben ser amplificados antes de una conversión análogo-digital (A-D). El registro de estos se da entre los electrodos y en fase opuesta, mientras que las señales remotas o no deseadas (ruido de fondo) se observan en fase. Los voltajes de fases opuestas serán reforzados, mientras que aquellos de la misma fase o fase común (ruido) serán cancelados. Esto se conoce como modo común de rechazo (MCR). En definitiva, mientras más alto sea el MCR, mejor será la tasa señal-ruido del output.

El montaje de los electrodos en el PEA involucra un electrodo positivo, activo o no inversor ubicado en el vértex del cráneo, uno negativo, inversor o de referencia en la mastoide del oído estudiado, formando así la configuración positiva, y otro electrodo tierra o común colocado en el puente de la nariz, lóbulo de la oreja o mastoides contralateral como punto de referencia, que proporciona la configuración negativa (Katz, 2002).

- Filtrado

Los filtros poseen la función de eliminar o reducir el ruido no deseado, siendo parte del preamplificador. Los filtros pasa-altos (o corte de frecuencia bajas) eliminan el ruido eléctrico de baja frecuencia y los ruidos electrofisiológicos (incluyendo EEG). Este tipo de ruido puede distorsionar o enmascarar la morfología del PEA. El filtro pasa-bajo (o corte de frecuencias altas) reduce el ruido de alta frecuencia y restringe el espectro de la señal del convertidor A-D (Katz, 2002). López (1992) describe que los filtros recomendados en los PEATC corresponden al espectro frecuencial ubicado entre 150 y 3000 Hz.

- Rechazo de Artefactos

El proceso de promediación de las señales incluye un rechazo de artefactos para prevenir la contaminación de ondas no encontradas durante el registro. Estas señales pueden provenir de una variedad de fuentes, incluyendo al sujeto. Cuando se detecta la señal durante la promediación, el barrido completo es excluido. Mientras más ruido durante el examen, el rechazo de artefactos prolongará el tiempo del test o eliminará el proceso de promediación, cancelando la toma del registro. (Katz, 2002).

#### D) Promediación de señal

Una vez captada la respuesta de la actividad neurológica, posterior a la estimulación, filtrado y amplificación, el proceso de registro en los PEA continúa con la promediación de la señal, la cual consta de los tres pasos descritos a continuación.

- Conversión Análogo-Digital

Después de la preamplificación y la filtración análoga, se inicia la promediación de la señal desde que es gatillado el primer estímulo. Este proceso extrae pequeñas respuestas de voltaje en la estimulación sensorial, desde un gran fondo de ruido biológico y físico. Esto se logra convirtiendo la señal análoga en valores binarios (conversión A-D). La proporción en la cual es realizada se denomina tasa de muestreo, mientras que la cantidad de tiempo empleada en cada punto de muestreo recibe el nombre de dwell time o tiempo de permanencia (Katz, 2002).

- Promediación

Una vez digitalizada la señal se realiza el proceso de promediación, en el cual las muestras de las señales y el ruido de fondo son sumados y almacenados en los bancos de memoria del computador. Los principios de promediación se basan en el concepto de que la señal tiene respuestas fijas y el ruido es variable en el tiempo, por ende el equipo mantiene la señal estable y suprime las con mayor variación. La mejoría del SNR resultante de la promediación de la señal es proporcional al número de muestras promediadas; por lo cual, se establece que idealmente las respuestas ruidosas se pueden mejorar simplemente tomando más muestras. Sin embargo, la respuesta puede mostrar variaciones leves en su comportamiento, las cuales aparecen a lo largo del tiempo de la prueba, por lo que puede producir el efecto contrario y sumar ruido a la muestra, perdiendo riqueza en la morfología de las ondas (Katz, 2002).

López (1996) propone que para obtener el registro de los PEATC sobre el ruido de fondo la señal debe promediarse al menos 1600 veces, además de controlar o suprimir posibles generadores de ruido, los cuales no generan mayor modificación en la señal. En cambio, para los PEA de latencia media (P.L.M.) y corticales (P.E.C.) señala que el número de promediación debe ser menor, puesto a que ambos son modificados sustancialmente por factores tanto exógenos como endógenos.

- Visualización morfológica de la Onda

Luego del proceso de promediación de la señal, el promedio digitalizado es reconvertido en una onda análoga gracias al convertidor análogo-digital y expuesta en la pantalla del computador. La mayoría de los equipos de PEA también poseen cursores que permiten al examinador denominar y/o medir los componentes u ondas de los PEA exhibidos. Además, el evaluador, cuenta con opciones para manipular las ondas de la pantalla, tales como suavizarlas, invertirlas, entre otras, según sean las características y opciones que dispone el equipo de PEA que utilice (Katz, 2002).

### **3.3 Aspectos subjetivos en el registro de PEA**

Al igual que la aplicación de cualquier examen objetivo, existen variables subjetivas que condicionan el resultado final de los PEA. Para esta prueba se describen las variables ambientales, las relacionadas con el paciente y con el examinador.

#### **A) Variables Ambientales**

Estas variables asociadas a las pruebas PEA asumen muchas formas y pueden ciertamente contribuir o causar registros inaceptables. Esto puede emanar desde cualquier toma corriente de los equipos electrónicos cercanos, hasta del mismo equipo de PEA, por esta razón se recomienda que este sea enchufado directamente a un alimentador eléctrico de pared. Además se debe considerar la presencia de teléfonos móviles, tubos fluorescentes, ascensores, entre otros, a fin de disminuir la cantidad de ondas electromagnéticas del entorno.

El nivel acústico de fondo es una variable importante, sobre todo si el ruido es suficientemente alto como para enmascarar el estímulo del PEA, estableciéndose que este debe ser menor a 40dB tomando en cuenta los ruidos provenientes del exterior de la sala,

conversaciones, música en sala de espera, entre otros. Algunos sistemas de estímulo atenúan sustancialmente tales ruidos y los reducen a niveles aceptables, como los auriculares de inserción o audífonos de copas acolchonadas alrededor del oído (Katz, 2002; López, 1992).

## B) Variables Relacionadas con el Paciente

Dentro de las variables relacionadas con el paciente, las cuales no se relacionan con patología, encontramos: edad, sexo y estado de alerta o conciencia. El cambio de temperatura también puede afectar los PEA, pero para que sea significativa la alteración debe ser producido por condiciones patológicas, por ejemplo: drogas, hipotermia, estado febril, entre otras (Katz, 2002; López, 1992). A continuación se describen las variables relacionadas con el paciente.

- Edad

Varias investigaciones (Starr & al, 1977; Fria, 1980; Cevette, 1984; ASHA, 1988) definen que los PEA difieren entre niños y adultos. Se debe considerar este punto, ya que desde los 18 a los 24 meses después del nacimiento, los PEA arrojan resultados correspondientes al adulto. Este es el tiempo aproximado que demora la maduración de la vía auditiva (Katz, 2002; López, 1992).

Los cambios relacionados con la edad tienden a reflejar el desarrollo madurativo, de lo periférico a lo central de la cóclea y/o los generadores neurales de los PEA. De este modo, se observa que los componentes electrocolegráficos de los PEA de latencia corta pueden madurar en los primeros meses de vida, mientras que en los PEA de latencia tardía lo hacen alrededor de los 6 años. Debido a que la mayoría de los cambios relacionados con la edad ocurren en los primeros años de vida, es necesario establecer normas de edad específicas para el trabajo en poblaciones infantiles.

Estudios anteriores han demostrado que en adultos la latencia de la onda V aumenta sistemáticamente con la edad; mientras que otros exponen que, alrededor de la sexta y séptima semana de vida, estos cambios son mínimos (Katz, 2002; López, 1992.)

- Sexo

En relación al sexo se han realizado investigaciones a nivel del PEA de latencia corta, hallando principalmente que en el sexo femenino se observan latencias ligeramente más cortas que en el sexo masculino. Debido a que la magnitud de las diferencias entre latencias de hombres y mujeres es tan pequeña, se ha cuestionado el hecho de establecer normas al género y se establece que la variable sexo no influye en los PEA (Katz, 2002; López 1992).

Por otra parte, Rosenhamer & al (1980), señalan que también se han encontrado interacciones entre la edad y el género en el PEATC; sin embargo, aún no son bien establecidas y la relevancia clínica de los cambios descritos en edad y género en el PEATC de adulto se vuelven menos aparentes (Katz, 2000; López 1992).

- Estado de Conciencia

El PEA se puede ver influido dependiendo del estado de conciencia del paciente durante la toma del examen, siendo óptimo que este se encuentre quieto y tranquilo, ya sea en estado de vigilia, bajo sueño fisiológico o inducido. Este último no altera los PEA tempranos y es recomendado sobretodo en niños, debido a que estos son inquietos y el examen es de larga duración, siendo el Hidrato Cloral 10% el tipo de sedación más recomendado. El estado de conciencia es importante debido a que cualquier movimiento o ruido generado por parte del paciente puede interferir en el registro. Por ejemplo, las señales del movimiento de los ojos son captadas por los electrodos del PEA, o bien, en el caso de un niño inquieto o un lactante, los electrodos pueden desconectarse producto del movimiento. Por esta razón es necesario

instruir al paciente o sus padres, para que estos tomen algunas medidas necesarias para una correcta aplicación del examen. Por ejemplo es necesario que el menor presente privación de sueño, lo que estimulará el sueño fisiológico; para lo cual se aconseja que el lactante presente ropa cómoda, almohada y frazada de dormir personal, etc. (Katz, 2002; López 1992).

### C) Variables Relacionadas con el Examinador

El PEA puede ser realizado por distintos profesionales, ya sea Médico, Fonoaudiólogo, Tecnólogo Médico, entre otros, por este motivo existe la variabilidad de conocimientos entre cada uno de los especialistas; sin embargo, las competencias necesarias para la realización e interpretación de estos debería trascender la diversidad profesional. Bajo este punto, la ASHA (1990) ha desarrollado lineamientos de competencia para estas habilidades, pero aún no han podido ser estandarizados en todas las profesiones (cit. en Katz, 2002; López 1992).

## 3.4 Características de la respuesta y aplicaciones clínicas

Los resultados de los diferentes tipos de PEA en relación con el período de latencia, presentan características que se correlacionan con diversas evidencias clínicas. Esto se debe a que cada tipo de PEA posee distinto sustrato neurológico, que se extiende desde el nervio auditivo hasta la corteza cerebral.

### A) Respuestas de Latencia Corta

- Electrocoqueografía (EcochG)

Las respuestas de la cóclea y el nervio auditivo, se registran mediante Electrocoqueografía (EcochG). Para fines clínicos, se incluyen, generalmente, los componentes de Potencial de Sumación (SP) y el Potencial de Acción (AP) del Nervio Auditivo. Si bien se

puede utilizar la EcochG para fines clínicos, esta ha sido reemplazada por el PEATC, debido a las ventajas audiométricas de este último. Sin embargo, recientemente, ha vuelto el interés por la EcochG debido a sus distintas aplicaciones, entre las que se describen: la identificación objetiva y monitoreo de la enfermedad de Meniere, el aumento de la onda I y la identificación del intervalo interpeak I y V del PEATC en pérdidas de audición o condiciones de registros menos óptimos, y en el monitoreo de la función coclear y del nervio auditivo durante procedimientos quirúrgicos que comprometen al sistema auditivo central y periférico, que lo colocan en riesgo de daños permanentes (Katz, 2002; López 1992).

- Potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC)

El PEATC se caracteriza por mostrar una serie de cinco a siete ondas que ocurren en los primeros 10 milisegundos, dentro de las cuales se consideran las ondas I, III y V como los componentes más importantes del examen. Las respuestas más utilizadas con fines clínicos incluyen las latencias absolutas de los peaks de cada onda, los intervalos de tiempo entre los peaks (principalmente I-V, I-III y III-V), la amplitud de los peaks de cada onda y la morfología general de las ondas. Además, para aplicaciones audiométricas, es importante el umbral fisiológico de la onda V (Katz, 2002; López 1992).

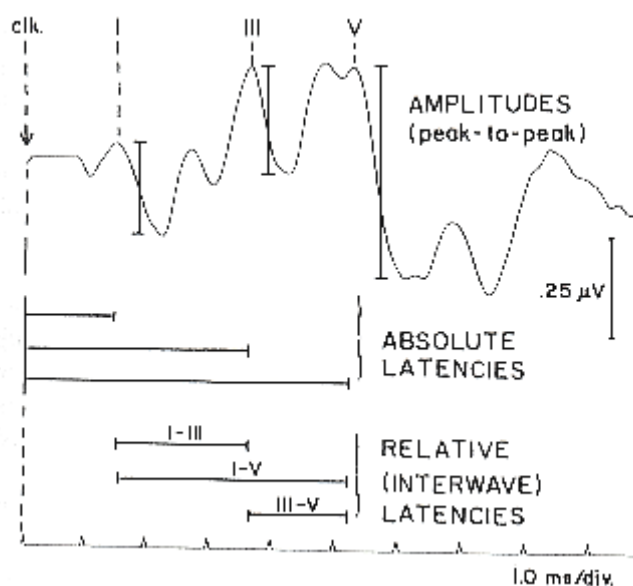


Figura 2. Mediciones básicas de amplitud y latencia del PEATC.

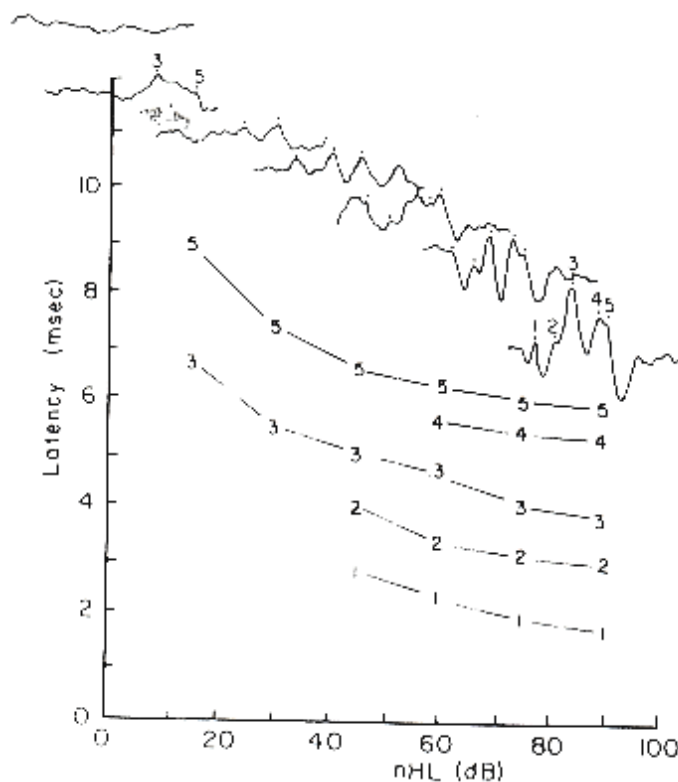
**Clk.** Indica el comienzo del click (ASHA, 1988).

En la figura 2 se observa lo que corresponde a un resultado de un paciente normal (registrados mediante electrodos de superficie). Debido a la baja intensidad del estímulo, las latencias absolutas aumentan y las amplitudes disminuyen. Los intervalos interpeaks no muestran cambios significativos en pacientes normales. Además, se puede apreciar que, al disminuir la intensidad, la onda I es la primera en desaparecer, mientras que la V se conserva por más tiempo y esto nos da la explicación de porqué se utiliza para definir el umbral fisiológico auditivo del PEATC (Ackley, 2006).

Los PEATC se pueden utilizar para distintas aplicaciones audiológicas y neurológicas. La primera se relaciona con el examen de los componentes de latencias absolutas y umbrales en función del nivel de estímulo. Por otra parte, la medición de los intervalos de interpeaks sirven para la identificación, evaluación y monitoreo de hipoacusias sensorio-neurales y desórdenes neurológicos.

La morfología de las ondas y la presencia o ausencia de sus componentes, son variables importantes en la aplicación del PEATC. Según Thornton (1975) los componentes de amplitud absoluta tienden a ser mediciones débiles en el PEATC debido a su gran variabilidad. El uso de mediciones de amplitudes relativas fueron sugeridas por Starr & Achor (1975), pero el uso clínico de estas parece útil sólo cuando la onda V (o complejo IV – V) es muy pequeña en comparación con la onda I (cit. en Katz, 2002; Durrant, 2007).

Figura 3. Funciones de intensidad - latencia en PEATC y sus correspondientes ondas, en adultos. (ASHA, 1988).



En la figura 3 se observa un gráfico de valores normales de latencias absolutas en adultos por cada intensidad, demostrándose la relación inversa de latencia-intensidad y como la onda III y V se pueden visualizar a menores intensidades en comparación a las otras tres, siendo la onda IV la primera en desaparecer. Además en la parte superior se expone la morfología de las ondas en las distintas intensidades, siendo esta más clara a intensidades altas.

## B) Respuestas de Latencia Media

- Respuesta de latencia media (RLM)

Las respuestas de latencia media (RLM) presentan una latencia de 10 - 100 milisegundos post-estímulo, y su respuesta se caracteriza por presentar dos ondas primarias que tienden a ser más grandes, anchas y de frecuencia fundamental más baja que las del PEATC. Las RLM se miden de manera similar a los otros PEA, incluyendo los componentes de amplitud absoluta, latencias y umbrales. Sin embargo, un punto en contra para estas es que se ven afectadas por el estado de conciencia del paciente, limitando su validación clínica. (Katz, 2002; López 1992).

- Potencial de Estado Estable a 40Hz (PEE)

El potencial de Estado Estable a 40 Hz está compuesto por cuatro ciclos sobre un período de 100 milisegundos, parecido a una senoide de 40 Hz. Este patrón no es un componente particular de la onda, es la característica relevante de la respuesta. Un retraso en la fase de esta onda se refiere a un cambio de latencia-prolongación de la RLM. Al igual que esta, el Potencial de Estado Estable a 40 Hz, es sensible al estado de alerta del paciente y por ende su uso es aplicado con sujetos en sueño natural o inducido. Este examen brinda respuestas auditivas supraumbrales y presenta mayor sensibilidad en las frecuencias agudas. En detalle, el potencial de estado estable ofrece respuestas con frecuencias específicas (500, 1000, 2000 y 4000 Hz generalmente), lo que otorga gran importancia en el diagnóstico audiológico. Lo anterior difiere con los PEATC, ya que este entrega respuestas más amplias en términos de frecuencia (entre 1000 a 4000 Hz) (Katz, 2002; López 1992).

### C) Respuestas de Latencia Larga

- Complejo  $N_1 - P_2$

El complejo  $N_1 - P_2$  también se caracteriza por dos ondas primarias de frecuencia fundamental relativamente baja y su amplitud mayor permite el registro utilizando preamplificadores con ganancias más bajas y tamaños de muestra más pequeños que los PEA de latencia corta. Las características de las ondas cambian al disminuir la intensidad del estímulo, similar a otros PEA, la amplitud disminuye y las latencias absolutas aumentan. Este cambio no es tan significativo como se observa en las respuestas de latencia corta (Katz, 2000).

Por otra parte, este complejo, ha sido utilizado exitosamente como un indicador de la sensibilidad auditiva en pacientes difíciles de evaluar, en Pseudohipoacúsicos y para la detección de lesiones de la vía auditiva central. (Katz, 2002; López 1992)

- $P_{300}$

A diferencia de los PEA descritos anteriormente, el  $P_{300}$  ( $P_3$ ) es considerado un potencial endógeno en respuesta a un evento internamente generado, producido por el procesamiento cognitivo de los estímulos sensoriales (Squires y Hecox, 1983; Musiek, 1991). El  $P_{300}$  se caracteriza por presentar en la respuesta una sola onda después del complejo  $N_1 - P_2$  y con una latencia Peak de 300 milisegundos (Katz, 2002).

Este potencial se ha utilizado, frecuentemente, en estudios de edad, demencia y desórdenes de atención (Musiek, 1991; Loisell & al, 1980; Squires & Hecox, 1983; Oviatt & Kileny, 1991) y, en menor grado, para identificar lesiones subcorticales, monitorear pacientes con daño en el cerebro, definir desórdenes de atención en niños, representar los déficit en el

procesamiento del lenguaje después de un accidente y evaluar la habilidad del procesamiento en pacientes con implante coclear (Katz, 2002).

### **3.5 Desarrollo y maduración de los potenciales evocados auditivos**

Los tipos de potenciales más utilizados son los PEATC, debido a que presentan una mayor facilidad de aplicación clínica y son un buen precedente para el resto de los potenciales auditivos. Las ondas I y II forman parte de la actividad eléctrica derivada de la cóclea, y la VI y VII presentan correspondencias, en menor grado, con las primeras radiaciones de la vía auditiva (López, 1992).

En general, el oído medio, interno, el nervio auditivo y el tronco cerebral, a las 30 semanas de gestación (término: de 38 a 40 semanas) han madurado lo suficiente para tener un adecuado funcionamiento. Los registros en edades tempranas muestran latencias más largas, amplitudes más pequeñas y umbrales más altos, y esta configuración cambiará día a día en las primeras semanas de nacimiento hasta llegar a una definitiva alrededor de los 12 – 18 meses de vida (López, 1992).

La onda I apenas sufre modificaciones en las primeras horas de vida, pero su valor siempre es superior a la de un adulto. Sus cambios evolutivos en la lactancia y el posterior desarrollo son menores que los sufridos por la onda V, alcanzando valores normales entre los 3 a 6 meses, por lo que es un valor utilizado para definir la maduración auditiva (López, 1992).

El resto de las ondas también presentan retraso en sus latencias, lo que se puede explicar por el propio retardo de la onda I, que en su desarrollo parece unirse a la onda II. Por el contrario, las ondas III, IV y V mantienen iguales sus latencias respectivas durante el desarrollo, nivelándose a las de un adulto recién a partir de los 18 meses. En especial, la onda que sufre mayores cambios es la onda V, ya que es la única que es visible a bajas intensidades y sus valores evolucionan día a día. Todo esto se resume en la siguiente tabla (Katz, 2002; López, 1992).

**Tabla 2. Periodos de maduración de la onda I a la VII (López, 1992)**

ONDA I	Evoluciona durante los primeros 6 meses
ONDA II	Evoluciona durante el primer año
ONDA III	Evoluciona durante el primer año y medio
ONDA IV	Evoluciona durante el primer año
ONDA V	Evoluciona durante el primer año y medio
ONDA VI Y VII	Son de valoración dudosa

*En la tabla se presentan los tiempos de desarrollo esperables para cada onda con respecto a la edad.*

No solo se encuentran cambios evolutivos en las latencias absolutas, también existen diferencias en los intervalos entre estas ondas, demostrando que sus valores siempre se encuentran más aumentados en los recién nacidos con respecto al adulto y disminuyendo posteriormente durante el desarrollo, como se explica en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Periodos de maduración de intervalos de ondas (López, 1992)**

INTERVALO I-III	Evoluciona durante el primer año de vida
INTERVALO III-V	No existen diferencias valorables
INTERVALO I-V	Evoluciona durante los dos primeros años de vida
INTERVALO V-VI	No existen diferencias valorables

*En la tabla se presentan los tiempos de desarrollo esperables para cada intervalo de onda con respecto a la edad.*

El cuadro refiere que la maduración de los Potenciales Evocados Auditivos se hace fundamentalmente a expensas del intervalo I-III que arrastra al intervalo I-V, mientras que las variaciones del III-V son apenas significativas. Otro valor importante de considerar es la relación que existe entre las ondas I y V, la cual sufre constantes modificaciones durante el desarrollo, igualando su morfología a la del adulto a los 3 meses. En los neonatos, esta relación I-V es igual a 1, cambiando a la del adulto entre los 3 a 6 meses.

Este fenómeno puede ser explicado por distintas hipótesis, donde una de ellas se basa en la inmadurez anatómica del sistema auditivo, ya que las dimensiones adultas de la cóclea, del CAE y del tímpano no se alcanzan hasta el año de vida. Los huesos de la cadena osicular demoran 6 meses en tener el tamaño adulto. Sin embargo, la energía del sonido es transmitido a la membrana oval y, por ende, al oído interno con igual eficacia que en el adulto. Por lo tanto, la antedicha inmadurez solamente sería responsable de una disminución de la intensidad auditiva en un valor aproximado de 10 dB nHL (Katz, 2002; López, 1992).

A lo anterior, se suma una posible inmadurez coclear debido a que su desarrollo no alcanza el del adulto hasta el 5° mes de vida, por lo que los movimientos de sus membranas son menores, lo que explica la disminución del umbral. Esta última hipótesis se complementa con la propia inmadurez de las células ciliadas, ya que en el RN no se encuentran aún íntegramente desarrolladas hasta los 2 años de vida (López, 1992). Por último, la desmielinización es otro fenómeno a considerar, ya que disminuye la velocidad de conducción al haber menor cantidad de vainas de mielina en la vía aferente y eferente, lo que alterará los valores de latencias en los lactantes (Kohelet, 2002).

#### **4. Detección precoz de la Hipoacusia**

La presencia de alteraciones auditivas en edades tempranas principalmente entre los primeros seis meses de vida y los cuatro años, interfieren de forma trascendente en el desarrollo cognitivo, lingüístico y comunicativo del niño. Es por esto que lograr una detección e intervención precoz de la hipoacusia entregando las adaptaciones necesarias a nivel

tecnológico y educacional, son los objetivos fundamentales para un buen desarrollo y posterior integración social de esta población. C. Yoshinaga-Itano (2003) confirma que la identificación e intervención temprana de trastornos auditivos predice el desarrollo del lenguaje y la inteligibilidad del discurso. Además, N. Verhaert & cols. el 2006 argumenta que luego de la pesquisa del deterioro auditivo la intervención temprana es crucial.

Llegar a este consenso ha sido una discusión que se ha dado desde aproximadamente 30 años, donde distintas instituciones relacionadas con el tema a nivel mundial, han dado sus opiniones en base a estudios e investigaciones. Es así que en el año 1994 la Joint Committee on Infant Hearing (JCIH), organización que lidera los estudios de audición infantil y detección precoz, recomienda inicialmente la evaluación o screening auditivo antes de los 3 meses de vida preferentemente a niños que formen parte del catálogo de factores de riesgo auditivo (Tabla 4), y posteriormente, en caso de que exista confirmación diagnóstica, una intervención a partir de los 6 meses (cit. en Katz, 2002; Johnson, 2005). Cabe destacar que la presencia de estos factores en la población de lactantes aumentan las probabilidades de presentar HA desde un rango estimado de un 0,1-0,2% en la población sin estas características, a un 1-2% en lactantes que posean factores de riesgo auditivo (cit. MINSAL, JAMA, 2001), es por esto la urgencia de pesquisa auditiva a este grupo en particular.

Sin embargo, las recomendaciones actuales provenientes de la literatura, promueven el uso de programas dirigidos al total de recién nacidos y no a un grupo seleccionado en base a la presencia o no de factores de riesgo. Esto, debido a que al utilizar este catálogo para priorizar la elección de la población a evaluar, se estima que un 50% de los casos con HA bilateral congénita es excluido de los programas de pesquisa de alteración auditiva (cit. MINSAL, 2005). A favor a esto, organizaciones como la NIH y la propia JCIH el año 2000, promueven la ampliación de los procedimientos de evaluación auditiva a toda la población de recién nacidos, y no para una población en particular. Sin embargo, implementar programas de tamizaje de deterioro auditivo seleccionando una población determinada la cual posea mayor probabilidad de presentar HA, es una eficaz iniciativa para dar comienzo a un proyecto de detección precoz de la HA.

**Tabla 4. Cuadro de factores de riesgo auditivo**

Antecedentes audiológicos familiares
Hiperbilirrubinemia (Bilirrubina mayor a 20 mg%)
Infecciones congénitas (TORCH)
Anomalías o defectos craneofaciales
Edad gestacional igual o menor a 32 semanas y/o peso al nacer inferior a 1500 gr.
Meningitis bacterial
Puntuación de APGAR < 6 puntos a los 1 y 5 minutos.
Medicamentos ototóxicos (Aminoglucósidos y otros Antibióticos, diuréticos, analgésicos y antipiréticos, algunos anticoagulantes, entre otros)
Ventilación mecánica igual o mayor a 5 días
Síndromes relacionados con pérdidas auditivas, tales como: síndrome de Usher, Goldenhar, Down, Treacher Collins, entre otros.

*En la tabla se describen los factores de riesgo auditivos propuestos por el JCIH en el año 1994.*

En Chile, actualmente el principal programa para la detección precoz de las alteraciones auditivas esta descrito por el MINSAL. La Guía Clínica para la detección de la Hipoacusia Neurosensorial Bilateral del Prematuro (2005) beneficia a la población que presente una edad gestacional menor o igual a 32 semanas y/o un peso al nacer menor o igual a 1.500 gr. Este programa, pretende ser un primer paso hacia la implementación de un programa nacional de pesquisa universal de la HA congénita en Chile, considerando iniciar una primera etapa con este grupo seleccionado dentro de los niños con riesgo auditivo, para luego instaurar la universalidad de este hacia la población total de recién nacidos vivos.

#### **4.1 Screening Auditivo en Recién nacidos.**

La gran mayoría de los programas de pesquisa precoz de HA poseen una estructura substancialmente definida respecto a los tiempos de evaluación, el algoritmo de decisiones y la batería de exámenes utilizados. En general, la mayoría de los programas ofrecen protocolos de screening en dos etapas, en la cual aquel RN que falle la primera pesquisa es re-evaluado antes

del alta o después de alta con EOA o Potenciales Evocados Auditivos Automatizados de Tronco Cerebral (PEEAT) y se envía a evaluación audiológica solamente si falla el segundo examen. Este procedimiento estándar en los programas, han demostrado disminuir considerablemente el número de falsos positivos.

A continuación se describirá la Guía Clínica del MINSAL sobre el programa de detección de la Hipoacusia Neurosensorial Bilateral del Prematuro publicada el 2005, destacando principalmente los procedimientos de screening, evaluación, estudio y diagnóstico audiológico.

## **4.2 Descripción**

En forma general, además de detallar las condiciones ideales tanto ambientales como del RN para obtener resultados fidedignos; una sala de evaluación libre de ruido y el menor en condición de sueño fisiológico, respectivamente, la Guía Clínica del MINSAL, describe que la aplicación del examen debe ser por parte de la Matrona, Enfermera, Tecnólogo Médico o Fonoaudiólogo.

En una primera etapa, el programa comienza con una evaluación auditiva aplicando los PEAAT a la población de riesgo anteriormente descrita previo al alta en los box de neonatología, es decir antes de cumplirse 34 a 36 semanas de edad gestacional corregida. En caso de que la evaluación es normal para ambos oídos calificando como “PASA”, se continuará el control periódico de acuerdo al programa de seguimiento al prematuro descrito más adelante. Por el contrario, si el niño sugiere alteración auditiva calificando como “NO PASA” o “REFIERE”, será citado a una segunda aplicación de PEAAT ambulatorio dentro de 2 a 4 semanas post el alta como plazo máximo. Si en esta segunda aplicación de PEAAT, los menores continúan calificando como “NO PASA” en uno o ambos oídos, serán derivados a los servicios de ORL correspondientes de cada hospital con una interconsulta al profesional Fonoaudiólogo o Tecnólogo Médico especialista en audición para un estudio y seguimiento

por sospecha de HA. En cambio, si “PASA” el examen presentado sugiere indemnidad auditiva en ambos oídos, continuará su control a través del programa de seguimiento al prematuro.

El estudio auditivo en sospecha de HA se realiza en el servicio de ORL entre la octava y doceava semana de edad corregida. Aquí, se aplica en primera instancia los PEATC en búsqueda de la relación latencia-morfología en las ondas I, III y V, y las interpeak I-III, III-V y I-V. Se realiza el examen inicialmente a 70 o 75 dB nH, para luego buscar respuesta umbral a 30 o 35 dB nH. Si este examen es normal, el niño es dado de alta y controlado por el programa de seguimiento al prematuro. Ahora bien, si el examen demuestra alteración, se realizará de forma complementaria la Impedanciometría para descartar patología de oído medio.

Si el resultado de la Impedanciometría es normal, lo cual sugiere HA neurosensorial, se deberá repetir la aplicación de los PEATC un mes después. En caso de que la re aplicación de los PEATC demuestre normalidad bilateral, se derivará al programa de seguimiento al prematuro, no obstante, en presencia de alteración unilateral, el servicio de ORL además de entregar a los padres las medidas de prevención hacia el cuidado del oído indemne, quedará a cargo de los controles del niño. Todo esto en relación a que la Impedanciometría realizada de forma complementaria demuestre indemnidad.

Por el contrario, si la Impedanciometría obtiene como resultado curva B sin reflejo, lo que sugiere HA mixta, el menor será citado a un primer control con un profesional ORL realizando otomicroscopia en un plazo máximo de un mes. En esta etapa, si no existe presencia de líquido en oído medio se repetirán los PEATC un mes más tarde. Así, resultando normal este examen, el niño será derivado a el programa de seguimiento a prematuro, o por el contrario, será derivado a confirmación diagnóstica para la implementación de audífonos antes de los 6 meses si es que el resultado sugiere HA neurosensorial bilateral. Caso diferente resulta en niños con PEATC sugerentes de HA unilaterales, los cuales quedarán a cargo del servicio de ORL.

De presentar líquido en el oído medio tras el primer control con otomicroscopia descrito anteriormente, se esperará un mes para un segundo control aplicando la misma técnica. Si en este segundo control presenta normalidad en el oído medio, se deriva a evaluación con PEATC, en caso contrario, de persistir la efusión en el oído medio luego del mes de espera, se considera una punción transtimpánica bajo anestesia general con el objetivo de eliminar el líquido presente. Posterior a esta intervención ambulatoria, en un plazo máximo de 7 días de debe repetir el examen de PEATC.

Finalmente, si el paciente post punción timpánica y tras la evaluación con PEATC refiere HA neurosensorial bilateral, se derivará a estudio de confirmación diagnóstica para la implementación de audífonos. Por el contrario, si la alteración neurosensorial es unilateral, el niño queda cargo del servicio de ORL para controles periódicos. Ahora bien, si el resultado de los PEATC es sugerente a patología de una HA de conducción, el paciente será manejado según el protocolo existente en el servicio de acuerdo a esta patología.

Cabe destacar, de que independiente que el niño sugiera o confirme indemnidad auditiva en etapas screening, reevaluaciones, estudio por sospecha de HA o en procesos finales del programa, la Guía Clínica recomienda que todo menor prematuro debe ser controlado desde el punto de vista audiológico hasta los 3 años (Hearing Assesment in Infants and Children: Recommendation Beyond neonatal Screening, 2003) para pesquisar posibles HA de aparición tardía, trastornos auditivos fluctuantes de oído medio e HA neurales. Según Cone Wesson (2000) 1 de cada 56 niños identificados con HA neurosensorial, posee evidencias de que esta alteración es de aparición tardía durante el primer año de vida. Este monitoreo audiológico es recomendado cada 6 meses hasta los 3 años. Además, la JCIH sugiere el seguimiento y monitoreo auditivo de las HA unilaterales, ya que estos pacientes se encuentran en riesgo de presentar HA de aparición tardía o HA neurosensoriales bilaterales progresivas (Bess 1998, Ear and Hearing).

A modo de resumen, el programa contempla 5 fases o etapas que abarcan desde el período neonatal con la sospecha precoz de HA neurosensorial o etapa de screening en la población de riesgo, se continúa con la etapa de estudio y confirmación diagnóstica de la HA

en la población con examen positivo, para continuar con la etapa de implementación o tratamiento en los casos confirmados de HA neurosensorial bilateral (implementación de audífonos y/o implante coclear), y luego insertarse a una rehabilitación fonoaudiológica que permita su integración escolar. Además es considerada la etapa de seguimiento hasta los 3 años de edad descrita anteriormente.

### **4.3 PEATC en Lactantes**

Los OEA, PEAAT, Impedanciometría y PEATC son los exámenes más utilizados en este tipo de programas. En general, los dos primeros son aplicados en una primera instancia con el objetivo de cribado o screening auditivo, mientras que la Impedanciometría y los PEATC son utilizados en instancias de franca sospechas de alteraciones auditivas y en la búsqueda de un diagnóstico audiológico preciso. El primero de ellos, posee evidencias sobre la eficacia de su aplicación en etapas de screening, fundamentadas en que la presencia de patologías en el oído medio son frecuentes en recién nacidos y entorpecen la detección real de patología neurosensorial. Irma Carvajalino Monje, Blanca Samper de Samper y Paola Di Colloredo (2004) recomiendan utilizar la Impedanciometría como estrategia adicional de screening basadas en un estudio descriptivo sobre la incidencia de alteraciones auditivas en bebés de población de riesgo de 0 a 6 meses. Asimismo, J. Mata et al. (2001) demostró que al incluir la Impedanciometría en las etapas de screening junto con los OEA y/o PEAAT, mejoró la especificidad de estos de un 89% a un 96%, disminuyendo los falsos positivos.

En referencia a los PEATC y teniendo en cuenta que en Chile anualmente entre 250 a 500 recién nacidos (1-2%) presentan HA sensorineural bilateral congénita (MINSAL, 2005), la aplicación de un examen que logre detectar esta y otras alteraciones de características neurosensorial es urgente. Los PEATC, a diferencia de otros exámenes, entregan un diagnóstico audiológico de mayor precisión, obteniendo umbral electrofisiológico correlacionable a un grado de pérdida auditiva e identificando la posible topografía del daño. Diversos estudios describen que el umbral electrofisiológico obtenido con los PEATC, es un instrumento ampliamente utilizado para detectar y diagnosticar patología auditiva periférica y

central en lactantes (Chiappa, 1990; Eggermont y Salamy, 1988; Wilkinson y Jiang, 2006). Además, Jiang et al. (2007) y Wilkinson et al. (2007) confirman que los PEATC han demostrado mejorar la detección de anomalías en el sistema auditivo central y daños cerebrales en recién nacidos con problemas perinatales (Ying, 2008). Otra ventaja descrita, es que los PEATC logran identificar las alteraciones en células ciliadas internas y/o trastornos de conducción central, los cuales no son pesquisados por los OEA y se encuentran presentes en casi el 10% de la población de lactantes con hipoacusia sensorineural (cit. MINSAL, 2005).

Sin embargo, independiente de estas características el actual procedimiento operacional de los PEATC relacionado en primer lugar a los parámetros técnicos de inicio, y en segundo lugar, a la escasez de registros de latencias absolutas a intensidades bajo los 80 dB nHL, es un problema práctico que influye directamente en su real utilidad.

En relación a estos puntos, actualmente las latencias absolutas normalizadas y utilizadas masivamente son las que se presentan a 80 dB nHL, es por esto que el protocolo de evaluación de este examen comienza a dicha intensidad, descendiendo de 20 en 20 dB nHL hasta llegar a un nivel umbral donde solo se observa la onda V. Esto conlleva un alto riesgo de incomodar y/o despertar al menor, generando mayor movimiento, aumentando las posibilidades de obtener registros menos identificables y más ruidosos y al mismo tiempo, aumentando considerablemente los tiempos de aplicación del examen (Ackley, 2006).

La bibliografía actual confirma la utilidad audiológica de los PEATC obteniendo parámetros normales de latencia absoluta de la onda V a niveles de intensidad menores de los utilizados actualmente, y comprobando la disminución del tiempo total en la aplicación del examen en la población en cuestión. Yvonne S. Sininger et al. (2000), en un estudio descriptivo con una muestra de 7179 lactantes evaluados con PEAAT a 30 y 50 dB nHL, utilizando estímulo tipo click de polaridad alterna, confirman que esta prueba es una técnica fiable para el screening auditivo en recién nacidos. Asimismo, describen que el 99% de los lactantes completo el registro con PEAAT en un tiempo total promedio para ambos oídos de 8 minutos. Igualmente Sininger & cols (2000), C.Y. Lee & al. (2008) y Swanepoel (2009), afirman que la aplicación de los PEATC a 30 dB nHL con estímulo click, es una técnica fiable para el screening auditivo en RN.

## METODOLOGÍA

### 1. Problema de la investigación

Ausencia de registros normales de referencia respecto a los valores de latencia absoluta de la onda V en lactantes de 0 a 6 meses pertenecientes a la región de Valparaíso.

### 2. Justificación del Problema

En Chile anualmente 250 a 500 recién nacidos (1-2%) presentan hipoacusia sensorineural bilateral congénita de acuerdo a estimaciones del MINSAL (2005), asimismo cifras publicadas por la Comisión Nacional de Seguimiento del Prematuro detallan una prevalencia de la hipoacusia en el menor de 1.500g. de un 3.4% (MINSAL, 2000). En esta línea, existen dos reportes en la región Metropolitana con respecto a esta población, uno en el sector Occidente entre los años 1999 y 2001 que muestra un 2.2% de presentación de la hipoacusia (2 de 88 pacientes), y el otro en el área Oriente durante los años 1994-1996 que muestra una prevalencia de 1.7% (3 de 181) de hipoacusia sensorineural.

En el marco de esta realidad, y gracias a las características técnicas específicas del examen, los PEATC insertos en la guía clínica de detección de la hipoacusia sensorineural bilateral congénita del MINSAL (2005), es el examen más utilizado en la clínica audiológica para la detección y diagnóstico de alteraciones auditivas de los recién nacidos y lactantes. Sin embargo, en la actualidad, se evidencian dificultades propias en la aplicación del examen que influyen en el estado fisiológico ideal del menor, tales como: los elevados niveles de intensidad y el tiempo total en el registro de ondas, los cuales podrían propiciar incomodidad e inquietud motora, y en consecuencia, dificultar el diagnóstico. Esto confiere un problema práctico que influye directamente en la real utilidad del examen.

Al obtener registros normales de latencia absoluta y utilizarlos como referencia para la detección de alteraciones auditivas en los lactantes de la región de Valparaíso, se podrían conseguir beneficios en la aplicación del examen tales como: optimizar los tiempos de evaluación en los actuales programas de pesquisa auditiva, como también en la clínica audiológica cotidiana, y mejorar la calidad del diagnóstico audiológico

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Establecer los valores de las latencias absolutas de la onda V del Potencial Evocado Auditivo de Tronco Cerebral a 80, 60, 40 y 20 dB nHL en lactantes normoyentes de 0 a 6 meses de edad.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Establecer las latencias absolutas de la onda V en lactantes con audición normal.
- Comprobar la relación inversamente proporcional entre intensidad y latencia absoluta para la onda V para esta muestra.
- Analizar las latencias absolutas en relación a la variable edad de los lactantes evaluados.
- Analizar las latencias en relación a la variable sexo de los lactantes evaluados.
- Determinar la importancia de los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral para diagnosticar normalidad y patología auditiva en lactantes menores a 6 meses.

- Establecer los parámetros idóneos de evaluación con Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral, de acuerdo a las variables edad y sexo de los pacientes.

#### **4. Diseño de la Investigación**

La investigación que a continuación se presenta es sobre un tema innovador en Chile, por lo que solo se limita a observar resultados que entrega el examen audiológico a utilizar. La metodología de esta investigación se explica mediante un diseño observacional de tipo descriptivo.

#### **5. Descripción de Grupo**

##### **5.1 Universo**

Todo lactante entre 0 a 6 meses, habitantes de la Región de Valparaíso que presenten audición normal.

##### **5.2 Criterios de Selección**

###### **5.2.1 Criterios de Inclusión:**

- Los padres o tutores debieron firmar un consentimiento informado, autorizando en participación del lactante en la investigación.
- Tener entre los 0 días a 6 meses 0 días de edad

- Presentar nivel auditivo normal, evaluado con Impedanciometría y PEATC.

### **5.2.2 Criterios de Exclusión:**

- Presencia de factores de riesgo de daño auditivo (JCIH, 1994)
- Antecedentes audiológicos familiares
- Hiperbilirrubinemia (Bilirrubina mayor a 20 mg%)
- Infecciones congénitas (TORCH)
- Anomalías o defectos craneofaciales
- Edad gestacional igual o menor a 32 semanas y peso al nacer igual o inferior a 1500 gr.
- Meningitis bacterial
- Puntuación de APGAR < 6 puntos a los 1 y 5 minutos.
- Medicamentos ototóxicos (Aminoglucósidos y otros Antibióticos, Diuréticos, Analgésicos y Antipiréticos, algunos Anticoagulantes, entre otros)
- Ventilación mecánica igual o mayor a 5 días
- Síndromes relacionados con pérdidas auditivas, tales como Síndrome de Usher, Goldenhar, Down, Treacher Collins, entre otros.
- Presencia de daño en Oído Externo u Oído Medio, evaluado mediante Otoscopia e Impedanciometría.

### **5.3 Modo de Selección de Muestra**

La selección de la muestra se realizó de manera no probalística, informal y arbitraria, según los criterios de inclusión y exclusión de la investigación. En una primera instancia el procedimiento consistió en la captación de familias interesadas en la participación de los lactantes en la investigación, entre los meses de marzo y mayo del 2009. Los sujetos fueron informados acerca del objetivo del estudio y formaron parte de la muestra solo los lactantes que su familia estuviera interesada en participar. Se solicitó a los padres y/o tutores el carné de

alta de los servicios de maternidad y/o neonatología de los centros clínicos donde nacieron los lactantes, para acceder a los datos de peso, talla, Apgar e informe pediátrico de cada sujeto, siendo estos datos relevantes en los criterios de selección.

#### **5.4 Muestra**

La muestra se conformó por 17 lactantes entre 0 a 6 meses (9 hombres y 8 mujeres) nacidos en la V región de Valparaíso, con un total de 34 oídos evaluados durante el período de junio a septiembre del año 2009.

### **6 Variables**

Para una óptima toma de muestra y obtención de resultados se controló todo tipo de variables que pudiesen influir en la aplicación del examen, tales como: características relacionadas con el ambiente, paciente y examinador.

#### **6.1 Características del ambiente.**

Dentro de este grupo se procedió a controlar principalmente el ruido ambiental, trabajando dentro de una sala acondicionada para el examen situada en un entorno tranquilo y silente. Se procuró el cierre de puertas, cortinas y ventanas, además del control en la cantidad de personas acompañando al lactante, propiciando así un ambiente tranquilo con luz tenue, fomentando la tranquilidad del paciente.

Por otra parte se controlaron las características electromagnéticas del entorno, apagando los teléfonos móviles de las personas dentro de la sala. Además se desconectó todo artefacto eléctrico que no fuese utilizado para la prueba, enchufando exclusivamente el equipo de potenciales y computador a una fuente directa de alimentación eléctrica situada en la pared.

Así también, se apagaron las luces del interior, de tipo fluorescente, y se estableció un punto de conexión a tierra confiable para el equipo. Todo esto a fin de evitar interferencia que alteraran el examen.

## **6.2 Características del paciente.**

Para el correcto desarrollo y confiabilidad del examen se procuró evaluar al paciente mientras se encontraba bajo sueño fisiológico previa indicación a los padres, solicitándole a estos que acudieran a la evaluación con el lactante bajo la condición de privación de sueño. En el caso de que el menor se encontrara despierto se procedió a evaluarlo solo si este se encontraba en un estado de tranquilidad, evitando movimientos o llantos que pudiesen intervenir en el registro.

## **6.3 Características del examinador.**

Previo al inicio de las evaluaciones el grupo de examinadores realizó exámenes de PEATC tomando como pacientes los mismos integrantes de este, bajo la supervisión de Fonoaudiólogas especializadas en el área, afianzando los conocimientos y procedimientos en la aplicación, registro y análisis de la prueba. En consecuencia, se optimizaron las competencias de los evaluadores, evitando posteriores errores en la toma de muestra durante las evaluaciones. A lo anterior, se suma la condición de que todos los exámenes se realizaron bajo la tutoría de un profesional Fonoaudiólogo.

## **7 Materiales**

Para el presente estudio se utilizaron distintas herramientas para la evaluación audiológica, tanto para la selección y evaluación de la muestra. Para la primera fase se evaluó con un Otoscopio de la marca WelchAllyn Pocket Junior y un equipo Impedanciómetro

modelo ZODIAC 901 middle- ear analyzer de la marca MADSEN ELECTRONICS. Mientras que la segunda fase del estudio se realizó con el equipo de Potenciales Evocados SIERRA II versión 3.3.3, desarrollado por la marca CADWELL y fonos supraaurales de tipo copa acolchada. Además para la aplicación se utilizó una pasta abrasiva “NUPREP” y una pasta conductora “Ten 20”, ambas de la marca D. O. Weaver and Co.

## **8 Procedimiento**

A continuación se describen los procedimientos realizados en la aplicación de la evaluación auditiva a la muestra, detallando las características de los instrumentos utilizados en la investigación.

### **8.1 Consentimiento informado**

Previo a la evaluación, se presentó un consentimiento informado el cual fue leído y firmado por uno de los padres y/o cuidadores, con lo cual acepta que su hijo o hija participe de la investigación (Anexo 1).

### **8.2 Anamnesis Audiológica**

A los padres y/o cuidadores de los lactantes se les aplicó una encuesta que está referida al área de audiología en recién nacidos, para determinar los antecedentes auditivos del menor y la familia. De esta forma se pretendió detectar o descartar síntomas o patologías audiológicas que pudieran afectar la evaluación y ser parte de los criterios de selección de la muestra (Anexo 2).

### **8.3 Otoscopia**

Durante la evaluación se utilizó el otoscopio para determinar la integridad del conducto auditivo externo y de la membrana timpánica. Los parámetros normales se refieren a la ausencia de cerumen que obstruya el conducto, ausencia de debris, visualización del tímpano con color y forma normal y detección del triángulo luminoso.

### **8.4 Impedanciometría**

Para la evaluación de la integridad se utilizó un Impedanciómetro, la base a la presencia de valores normales tales como: curva A o W, valores de compliance entre 0,25 a 1,2 cc de aire situado entre +50 y -100 daPa de presión.

### **8.5 Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC)**

Para la aplicación del examen de PEATC se utilizó el sistema SIERRA II versión 3.3.3. El procedimiento detallado de la evaluación se desarrollará a continuación.

#### **8.5.1 Preparación del paciente**

La aplicación del examen se realizó en una sala especialmente acondicionada para la evaluación. Esta incluía una camilla pediátrica, donde se situaba al lactante, proporcionándole comodidad, y de esta forma lograr inducir el sueño fisiológico del menor. Así mismo, el procedimiento se realizó bajo luz apagada y cortinas cerradas, aportando a la condición del paciente. Luego se procedió a la limpieza de la piel en los lugares donde se situarán los electrodos. Para este fin se utilizó la crema abrasiva “NUPREP”, con el objetivo de eliminar la grasa corporal propia del lactante, permitiendo una conducción eléctrica adecuada, y de esta

forma lograr una correcta impedancia, valor igual o inferior a 5 k $\Omega$ , entre los electrodos de superficie utilizados en la obtención de respuestas.

Posteriormente, se aplica sobre los electrodos la pasta conductora “Ten 20”, para luego situarlos en los sectores correspondientes del cráneo del lactante. El electrodo positivo (+) se ubica en la frente, en la zona llamada vértex que corresponde al sector más alto de la cabeza. Los electrodos negativos (-) o de referencia, derecho e izquierdo, se localizan en las mastoides ipsilaterales. El electrodo tierra se ubica el sector que está sobre el puente de la nariz o bien en la sien, cuando la distancia de este con el (+) no era la adecuada para la impedancia entre los electrodos.

Ya instalados los electrodos, se procede a medir la impedancia de éstos a través del equipo. La impedancia mide la resistencia a la captación de respuestas nerviosas ejercida por la piel sobre los electrodos, la cual debe tener un valor menor o igual a 5 K $\Omega$ , debido a la sensibilidad del equipo. Si esta condición no se cumplía se procedía a retirar los electrodos, realizar la limpieza de la piel e instalar nuevamente los implementos. Posterior a la instalación de los electrodos se ubicaron los fonos supraaurales en los oídos del menor.

Al finalizar la limpieza e instalación de los componentes, se procede a la preparación del examen en el computador, donde se inicia el programa ingresando los datos personales del lactante, luego se selecciona la opción “PEAT Click” y se inicia la evaluación.

### **8.5.2 Parámetros técnicos utilizados**

Considerando las especificaciones técnicas recomendadas en la bibliografía actual y los objetivos propuestos en la presente investigación, se escogieron determinados parámetros de estimulación en la aplicación del examen. Se utilizó un estímulo sonoro monoaural tipo click de polaridad alterna, con una tasa de repetición de 11.1 s/seg (11.1 Hz) y un número de 1024 *sweeps* para cada oído evaluado.

Los filtros utilizados corresponden a 1000 HZ para Filtro Pasa Alta y 3000 HZ para Filtro Pasa Baja. Inicialmente se aplicó el estímulo a una intensidad de 80 dB nHL para luego descender gradualmente a 60, 40 y 20 dB nHL respectivamente. Por otra parte, el estímulo enmascarante utilizado en el oído contralateral corresponde a un *Ruido banda ancha* o *Ruido blanco* de 30 dB HL inferior a la intensidad entregada en el oído evaluado, el cual fue utilizado para las dos primeras intensidades, debido a que la propiedad de *atenuación interaural* no dificulta el registro del oído examinado en las intensidades restantes.

### **8.5.3 Aplicación, obtención y análisis de registro**

Una vez verificado el cumplimiento de las condiciones previas para el examen, tanto del equipo como del paciente, se comenzó la realización de la prueba. Inicialmente se estimuló el oído derecho a una intensidad de 80 dBnHL y el contralateral a 30 dBnHL de enmascaramiento. Obtenido el registro se realiza el análisis de este identificando cada una de las ondas, para luego determinar morfológicamente la onda V (López, 1992). Posteriormente se procede a repetir el procedimiento a la misma intensidad para verificar la reproductividad de onda.

Establecidas las características morfológicas y el registro de latencia de la onda V a 80 dB nHL se continúa la obtención de datos y análisis de esta a 60, 40 y 20 dB nHL respectivamente, utilizando el procedimiento de identificación de onda anteriormente descrito. En las muestras a 40 y 20 dB nHL de intensidad no se utilizó estímulo enmascarante en el oído contralateral, ya que este no es necesario producto de la *atenuación interaural* y a que el equipo lo desactiva automáticamente.

Al finalizar el registro de onda V a 20 dB nHL del oído derecho, se procede al análisis general de la muestra para la determinación de normalidad audiológica, tomando en cuenta los cuatro gráficos obtenidos correspondientes a cada intensidad evaluada. Se verifica la correlación entre los registros utilizando las características morfológicas y de latencia de la onda V propias en cada intensidad. Establecida esta correlación y normalidad audiológica del

oído derecho, se procede a realizar el mismo procedimiento en el oído izquierdo. Una vez establecida la normoacusia en el segundo oído se da por finalizado el examen, informando el resultado al padre, la madre y/o cuidador según corresponda.

## **9 Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de datos obtenidos en el presente estudio se realizó con el programa de paquete estadístico MINITAB 15, utilizando las pruebas no paramétricas de Correlación de Pearson y la Prueba de la Potencia o de confiabilidad. Para este último se considero un nivel de significancia estadística de  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

El total de la muestra (34 oídos), fue sometida al proceso de evaluación audiológica completa el cual consta de los siguientes protocolos y exámenes: Anamnesis, Otoscopía, Impedanciometría y PEATC.

### 1. Anamnesis

A través de la aplicación de la encuesta audiológica, se descartaron antecedentes familiares de pérdida auditiva, síntomas auditivos y enfermedades relacionadas a patologías auditivas en el total de la muestra. Según la ficha de alta de los servicios de maternidad de los centros clínicos u hospitalarios el 100% de la muestra presentó los siguientes datos: parto de término, peso superior a 1500 gramos y APGAR dentro de valores normales.

### 2. Otoscopía

El 100% de los oídos evaluados presentaron normalidad e integridad en el conducto auditivo externo y en la membrana timpánica.

### 3. Impedanciometría

El 100% de la muestra se encuentra dentro de los parámetros normales, debido a que 4 oídos, que corresponden al 11,8% de la muestra, obtuvieron curva tipo W, y 30 oídos, correspondientes al 88,2% de la muestra, obtuvieron una curva tipo A. Con relación a la compliance estática, el 100% de la muestra se encontró entre los valores 0,25 y 1,2 cc de aire. Todos los oídos presentaron presiones entre +50 y- 100 da Pa. Los datos anteriores permitieron descartar alteraciones en el oído medio.

#### **4. Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral**

Se exponen los resultados obtenidos en la evaluación de PEATC realizada a los lactantes que conformaron la muestra. Primero se presentan los datos obtenidos en la muestra completa compuesta por 34 oídos de 17 lactantes entre 0 a 6 meses de vida, luego se exponen los mismos resultados agrupados por edades entre 0-3 y 3-6 meses, y por último los resultados comparando a los lactantes según la variable sexo.

Es importante señalar que se confirmó la normoacusia de la totalidad de la muestra en el examen de PEATC obteniendo registro de la onda V a 20 dB nHL en todos los oídos , lo que se corresponde a la normalidad demostrada en primera instancia en los exámenes de Otoscopía e Impedanciometría.

##### **4.1 Resultados muestra completa de 0 a 6 meses**

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de PEATC en los 17 lactantes que conforman una muestra igual a 34 oídos. Por sujeto se obtuvo un valor de latencia absoluta (mseg) de la onda V correspondiente a cada intensidad evaluada: 80, 60, 40 y 20 dB nHL. Por cada uno de estos registros se calculó el promedio de la muestra total y su correspondiente Desviación Estándar.

**Tabla 1. Valores de Latencias Absolutas por Intensidad**

Oídos	80 dB	60 dB	40 dB	20 dB
1	6,27	6,8	7,28	8,53
2	6,58	7,19	7,78	8,59
3	6,5	7,31	8,13	9,06
4	7,47	7,79	8	9
5	6,3	6,66	8,3	8,77
6	6,09	6,55	7,61	8,77
7	6,52	6,77	7,56	8,91
8	6,56	7,36	8,13	8,94
9	6,51	7,16	7,73	8,69
10	6,63	6,91	7,8	9,23
11	6,64	6,91	7,72	8,84
12	6,55	6,95	7,81	8,04
13	6,08	6,66	8,38	9,31
14	6,11	6,48	7,53	8,27
15	6,34	6,81	8,31	8,83
16	6,33	6,91	7,81	8,67
17	6,38	6,64	7,3	8,73

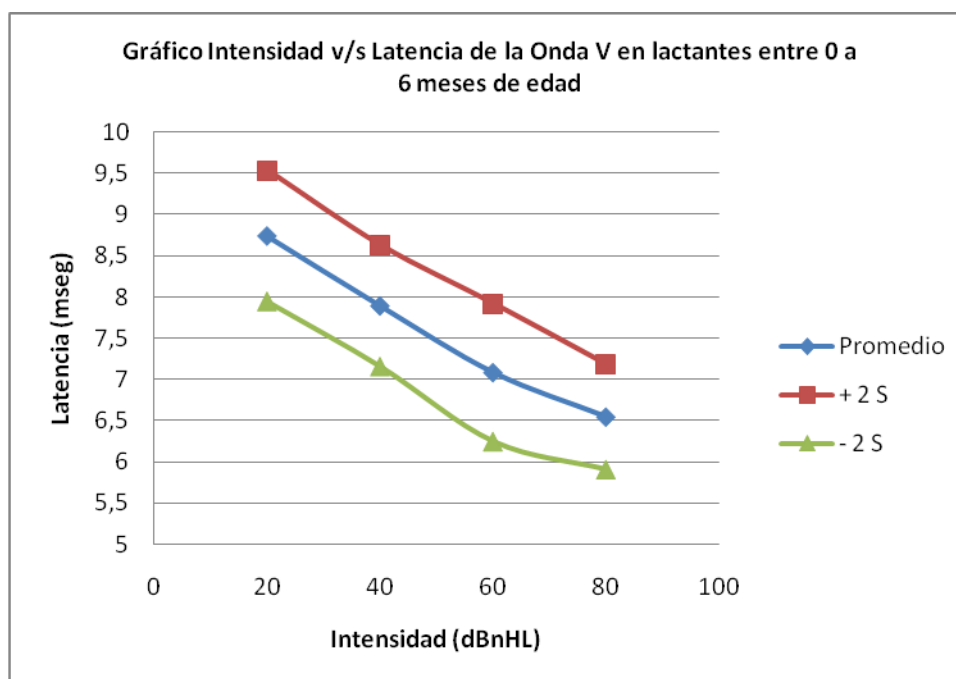
Oídos	80 dB	60 dB	40 dB	20 dB
18	6,58	7,23	8,13	8,47
19	6,36	7,06	7,98	8,72
20	6,39	7,08	8	9,19
21	6,53	6,86	7,92	9,06
22	6,5	7,3	8,45	9,28
23	6,61	6,97	7,64	8,2
24	6,39	6,7	7,31	8,3
25	6,79	7,33	7,97	9,09
26	6,54	7,11	8,2	9,28
27	6,66	7,42	8,13	8,66
28	6,55	7,42	7,97	8,94
29	6,38	6,69	7,61	8,05
30	6,64	7,42	7,77	8,33
31	7,52	8,27	8,67	9,17
32	7,22	8,13	8,5	9,02
33	6,2	6,7	7,1	7,8
34	6,6	7,3	7,7	8,3

Se presentan los valores de las latencias absolutas (mseg) de los oídos evaluados para cada intensidad (dB nHL).

**Tabla 2. Valores promedios y desviación estándar de Latencias absolutas por Intensidad**

dBnHL	Promedio	Desv Est	+ 2 S	- 2 S
20	8,74	0,4	9,54	7,94
40	7,89	0,37	8,63	7,15
60	7,08	0,42	7,92	6,24
80	6,54	0,32	7,18	5,9

Se presentan los valores promedios de las latencias absolutas (mseg) por cada intensidad evaluada (dB nHL) con su correspondiente desviación estándar, y además los valores máximos y mínimos de promedios considerando la suma y resta de dos desviaciones estándar.



**Figura 1.** Se presenta la curva promedio de latencias absolutas (mseg) por intensidad evaluada (dB nHL) con las curvas correspondientes a los promedios considerando la suma y resta de dos desviaciones estándar, en lactantes de 0a 6 meses de edad.

En la figura 1, en base a la presentación del valor de la curva que representa los promedios de las latencias absolutas por cada intensidad y a las curvas que corresponden a las sumas y restas de dos desviaciones estándar, se conforma el campo valórico de normalidad para el examen de PEATC según la presente muestra correspondiente al rango etario de 0 a 6 meses. De un total de 136 datos correspondientes a los 34 oídos evaluados en cada una de las intensidades estudiadas, un 95% de los valores se encuentran dentro de este campo.

#### 4.2 Resultados agrupados según variable edad

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de PEATC en los 17 lactantes que conforman una muestra igual a 34 oídos divididos en dos grupos según

edad. El primero corresponde a los lactantes entre 0 y 3 meses de edad integrado por 7 individuos con un total de 14 oídos, y el segundo corresponde al rango etario de 3 a 6 meses de edad constituido por 10 lactantes con un total de 20 oídos. Se procede a calcular promedio de latencias absolutas para cada intensidad y su respectiva desviación estándar.

**Tabla 3. Valores de Latencias absolutas por Intensidad según variable edad**

	<b>0-3 meses</b>			
	<b>80 dB</b>	<b>60 dB</b>	<b>40 dB</b>	<b>20 dB</b>
1	6,61	6,97	7,64	8,2
2	6,39	6,7	7,31	8,3
3	6,27	6,8	7,28	8,53
4	6,58	7,19	7,78	8,59
5	6,2	6,7	7,1	7,8
6	6,6	7,3	7,7	8,3
7	6,79	7,33	7,97	9,09
8	6,54	7,11	8,2	9,28
9	6,36	7,06	7,98	8,72
10	6,39	7,08	8	9,19
11	6,53	6,86	7,92	9,06
12	6,5	7,3	8,45	9,28
13	6,52	6,77	7,56	8,91
14	6,56	7,36	8,13	8,94

	<b>3-6 meses</b>			
	<b>80 dB</b>	<b>60 dB</b>	<b>40 dB</b>	<b>20 dB</b>
1	6,38	6,69	5,61	8,05
2	6,64	7,42	7,77	8,33
3	6,51	7,16	7,73	8,69
4	6,63	6,91	7,8	9,23
5	6,5	7,31	8,13	9,06
6	7,47	7,79	8	9
7	6,64	6,91	7,72	8,84
8	6,55	6,95	7,81	8,04
9	6,34	6,81	8,31	8,83
10	6,33	6,91	7,81	8,67
11	6,3	6,66	8,3	8,77
12	6,09	6,55	7,61	8,77
13	6,66	7,42	8,13	8,66
14	6,55	7,42	7,97	8,94
15	6,38	6,64	7,3	8,73
16	6,58	7,23	8,13	8,47
17	6,08	6,66	8,38	9,31
18	6,11	6,48	7,53	8,27
19	7,52	8,27	8,67	9,17
20	7,22	8,13	8,5	9,02

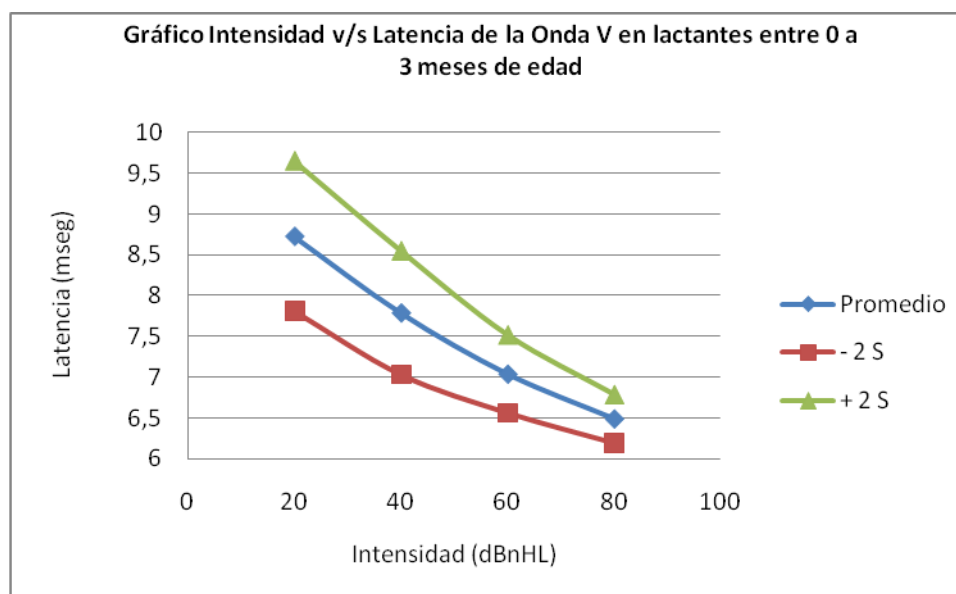
Se presentan los valores de las latencias absolutas (mseg) de los oídos por cada una de las intensidades (dBnHL) evaluadas según rangos etarios.

**Tabla 4. Valores promedios y desviación estándar de Latencias absolutas por Intensidad según rango etario**

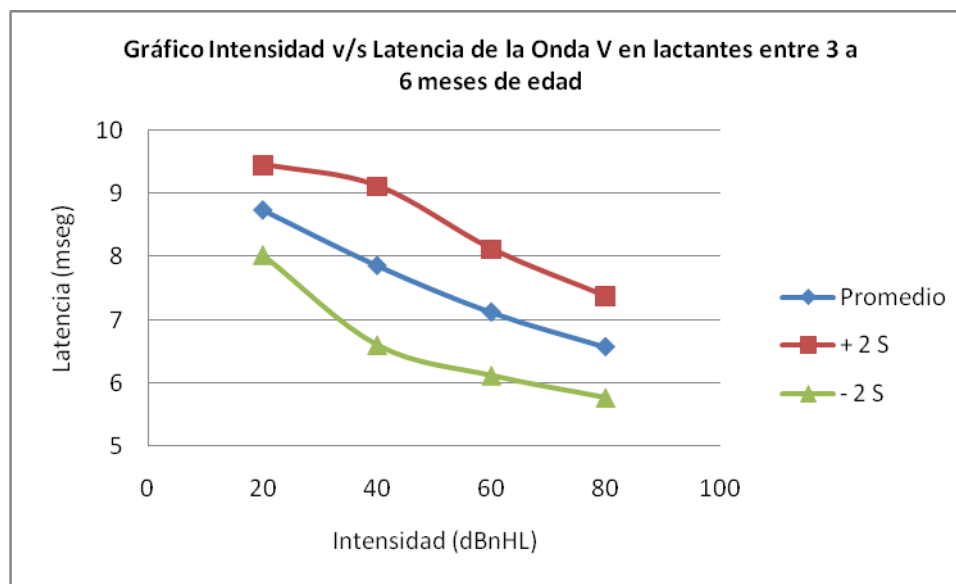
0-3 m	Promedio	Desv Est (S)	- 2 S	+ 2 S
80 dB	6,49	0,15	6,19	6,79
60 dB	7,04	0,24	6,56	7,52
40 dB	7,79	0,38	7,03	8,55
20 dB	8,73	0,46	7,81	9,65

3-6 m	Promedio	Desv Est (S)	- 2 S	+ 2 S
80 dB	6,57	0,4	5,77	7,37
60 dB	7,12	0,5	6,12	8,12
40 dB	7,86	0,63	6,6	9,12
20 dB	8,74	0,36	8,02	9,46

Se presentan los valores promedios de las latencias absolutas (mseg) por cada intensidad evaluada (dB nHL), según rango etario, con su correspondiente desviación estándar, y además los valores máximos y mínimos de promedios considerando la suma y resta de dos desviaciones estándar.



**Figura 2.** Se presenta la curva promedio de latencias absolutas (mseg) por intensidad evaluada (dB nHL) con las curvas correspondientes a los promedios considerando la suma y resta de una desviación estándar, en lactantes de 0 a 3 meses de edad.



**Figura 3.** Se presenta la curva promedio de latencias absolutas (mseg) por intensidad evaluada (dB nHL) con las curvas correspondientes a los promedios considerando la suma y resta de dos desviaciones estándar, en lactantes de 3 a 6 meses de edad.

En las figuras 2 y 3, en base a la presentación de los valores de las curvas que representan los promedios de las latencias absolutas por cada intensidad y a las curvas que corresponden a las sumas y restas de dos desviaciones estándar, se conforma el campo de valores de normalidad para el examen de PEATC, tanto para el rango etario de 0 a 3 meses como para el de 3 a 6. En el gráfico expuesto en la figura 2 se expone una homogeneidad representada en la cercanía existente en ambas curvas correspondientes a las desviaciones estándar relacionadas con la curva promedio, lo que se explica por el menor grado de dispersión de las latencias absolutas pertenecientes al grupo de lactantes de 0 a 3 meses de edad. En cambio, el gráfico correspondiente a la figura 3 demuestra una heterogeneidad de los valores de latencias absolutas expuestas en el amplio campo de valores de normalidad, demostrado por la poca similitud y lejanía de las curvas de desviaciones estándar con respecto a la curva promedio, que es generado por un amplio grado de dispersión de las latencias absolutas. Lo anterior genera una diferencia significativa entre ambos grupos etarios.

### 4.3 Resultados agrupados según variable sexo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de PEATC en los 17 lactantes que conforman una muestra igual a 34 oídos divididos en dos grupos según sexo. El primero corresponde a los lactantes de sexo masculino integrado por 9 individuos con un total de 18 oídos, y el segundo corresponde al sexo femenino constituido por 8 lactantes con un total de 16 oídos. Se procede a calcular promedio de latencias para cada intensidad y su respectiva desviación estándar.

**Tabla 5. Valores de Latencias absolutas por Intensidad según la variable sexo**

<b>Hombres</b>				<b>Mujeres</b>			
<b>80 dB</b>	<b>60 dB</b>	<b>40 dB</b>	<b>20 dB</b>	<b>80 dB</b>	<b>60 dB</b>	<b>40 dB</b>	<b>20 dB</b>
6,5	7,31	8,13	9,06	6,27	6,8	7,28	8,53
7,47	7,79	8	9	6,58	7,19	7,78	8,59
6,3	6,66	8,3	8,77	6,52	6,77	7,56	8,91
6,09	6,55	7,61	8,77	6,56	7,36	8,13	8,94
6,51	7,16	7,73	8,69	6,08	6,66	8,38	9,31
6,63	6,91	7,8	9,23	6,11	6,48	7,53	8,27
6,64	6,91	7,72	8,84	6,36	7,06	7,98	8,72
6,55	6,95	7,81	8,04	6,39	7,08	8	9,19
6,34	6,81	8,31	8,83	6,53	6,86	7,92	9,06
6,33	6,91	7,81	8,67	6,5	7,3	8,45	9,28
6,38	6,64	7,3	8,73	6,61	6,97	7,64	8,2
6,58	7,23	8,13	8,47	6,39	6,7	7,31	8,3
6,66	7,42	8,13	8,66	6,79	7,33	7,97	9,09
6,55	7,42	7,97	8,94	6,54	7,11	8,2	9,28
6,38	6,69	7,61	8,05	6,2	6,7	7,1	7,8
6,64	7,42	7,77	8,33	6,6	7,3	7,7	8,3
7,52	8,27	8,67	9,17				
7,22	8,13	8,5	9,02				

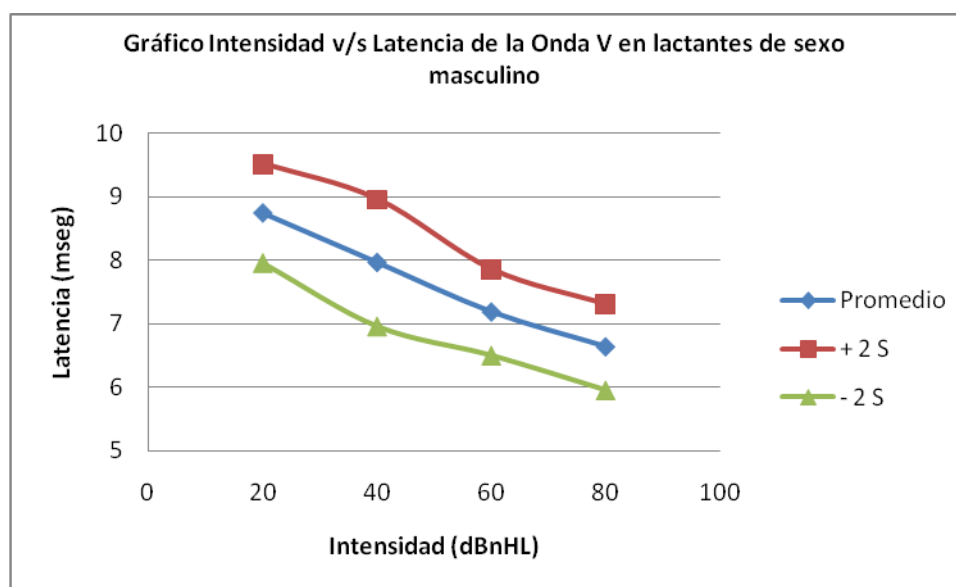
Se presentan los valores de las latencias absolutas (mseg) en cada oído por cada una de las intensidades (dB nHL) evaluadas según la variable sexo.

**Tabla 5. Valores promedios y desviación estándar de Latencias absolutas por Intensidad según variable sexo.**

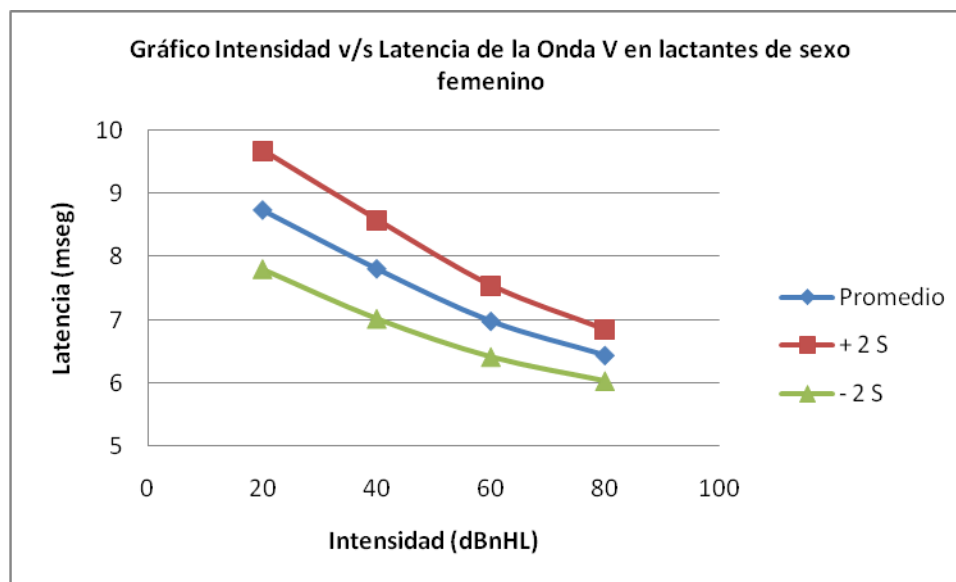
H	Promedio	Desv Est (S)	- 2 S	+ 2 S
80 dB	6,63	0,34	5,95	7,31
60 dB	7,18	0,34	6,5	7,86
40 dB	7,96	0,5	6,96	8,96
20 dB	8,74	0,39	7,96	9,52

M	Promedio	Desv Est (S)	- 2 S	+ 2 S
80 dB	6,44	0,2	6,04	6,84
60 dB	6,98	0,28	6,42	7,54
40 dB	7,8	0,39	7,02	8,58
20 dB	8,74	0,47	7,8	9,68

Se presentan los valores promedios de las latencias absolutas (mseg) por cada intensidad evaluada (dB nHL), según variable sexo, con su correspondiente desviación estándar, y además los valores máximos y mínimos de promedios considerando la suma y resta de dos desviaciones estándar.



**Figura 4.** Se presenta la curva promedio de latencias absolutas (mseg) por intensidad evaluada (dB nHL) con las curvas correspondientes a los promedios considerando la suma y resta de una desviación estándar, en lactantes de sexo masculino entre 0 a 6 meses de edad.



**Figura 5.** Se presenta la curva promedio de latencias (mseg) por intensidad evaluada (dB nHL) con las curvas correspondientes a los promedios considerando la suma y resta de una desviación estándar, en lactantes de sexo femenino entre 0 a 6 meses de edad.

En las figuras 4 y 5, en base a la presentación de los valores de las curvas que representan los promedios de las latencias absolutas por cada intensidad y a las curvas que corresponden a las sumas y restas de dos desviaciones estándar, se conforma el campo valorístico de normalidad para el examen de PEATC, para ambos sexos. Tanto en hombres como mujeres, no se demuestran variaciones significativas con respecto al grado de dispersión de las latencias absolutas con respecto a la curva promedio, comparadas con la muestra total. Existe una diferencia de latencias absolutas entre las dos variables, refiriendo valores mayores en mujeres que en hombres para 80, 60 y 40 dB nHL.

#### 4.4 Análisis Estadístico

Posterior a la exposición de los valores de las latencias absolutas para cada intensidad, los promedios y las desviaciones estándar para la muestra completa y sus variables, se procede a detallar el análisis estadístico de los grupos estudiados. A continuación se presenta una tabla

que grafica los siguientes cálculos y pruebas: Test de correlación de Pearson, Prueba de la Potencia y las regresiones exponencial y lineal de la curva promedio. Estas operaciones permiten demostrar las relaciones entre las variables y su dependencia, así como el comportamiento de las curvas promedios expuestas en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5.

**Tabla 6. Valores del análisis estadístico realizado a la muestra.**

Variables	n	r	P	R <sup>2</sup> exp	R <sup>2</sup> lin	Ecuación exp
<b>0-6 m</b>	34	-0,995	0,005	0,996	0,9904	$y = 9,5998e^{-0,005x}$
<b>0-3 m</b>	14	-0,993	0,007	0,9946	0,9866	$y = 9,5645e^{-0,005x}$
<b>3-6 m</b>	20	-0,995	0,005	0,9962	0,9897	$y = 9,5596e^{-0,005x}$
<b>hombres</b>	18	-0,997	0,003	0,9977	0,9938	$y = 9,5766e^{-0,005x}$
<b>mujeres</b>	16	-0,993	0,007	0,9942	0,9868	$y = 9,6249e^{-0,005x}$

Se presentan las variables analizadas en la investigación, en valor de la muestra para cada una (n), el valor de test de correlación de Pearson (r), valor de la prueba de la Potencia (p), constante de recta según regresión exponencial (R<sup>2</sup> exp) y regresión lineal (R<sup>2</sup> lin) y la ecuación resultante de la regresión exponencial (Ecuación exp) que corresponde a la fórmula “ $y = \alpha * e^{-b*x}$ ”.

#### **4.4.1 Correlación entre Latencia e Intensidad (Tabla 6)**

Considerando los promedios de latencias absolutas por cada una de las intensidades evaluadas (n=34), y la distribución en el eje Y de la variable Latencia versus el eje X correspondiente a la variable Intensidad, se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre ambas. Esta aseveración se comprobó a través del índice de correlación de Pearson, correspondiente a  $r = -0,995$ . Además utilizando la Prueba de la Potencia con un valor de  $\alpha$  de 0,01, es decir  $p < \alpha = p < 0,01$ , se verificó la dependencia de las variables, resultando  $p = 0,005$ , lo que significa que las variables X e Y son dependientes de manera inversamente proporcional. (Tabla 6)

Se realiza el mismo procedimiento para los resultados obtenidos según las variables relacionadas con la edad. En el rango etario de 0 a 3 meses de edad ( $n=14$ ) se obtuvo una correlación estadísticamente significativa para la distribución en el eje Y de la variable Latencia versus el eje X correspondiente a la Intensidad, lo que se comprobó según el índice de correlación de Pearson, correspondiente a  $r = -0,993$ . Además utilizando la Prueba de la Potencia, se obtuvo que  $p=0,007$ . En el rango etario de 3 a 6 meses de edad ( $n=20$ ) se obtuvo una correlación estadísticamente significativa para la distribución en el eje Y de la variable Latencia versus el eje X correspondiente a la Intensidad, lo que se comprobó según el índice de correlación de Pearson, correspondiente a  $r = -0,995$ . Además utilizando la Prueba de la Potencia, se obtuvo que  $p=0,005$ . Para ambos rangos etarios, las variables X e Y son dependientes de manera inversamente proporcional (Tabla 6).

Por último, para las variables relacionadas con el sexo de los lactantes, se calcularon ambos valores estadísticos. Para los hombres ( $n=18$ ) se obtuvo una correlación estadísticamente significativa para la distribución en el eje Y de la variable Latencia versus el eje X correspondiente a la Intensidad, lo que se comprobó según el índice de correlación de Pearson, correspondiente a  $r = -0,997$ . Además utilizando la Prueba de la Potencia, se obtuvo que  $p=0,003$ . En las mujeres ( $n=16$ ) se obtuvo una correlación estadísticamente significativa para la distribución en el eje Y de la variable Latencia versus el eje X correspondiente a la Intensidad, lo que se comprobó según el índice de correlación de Pearson, correspondiente a  $r = -0,993$ . Además utilizando la Prueba de la Potencia, se obtuvo que  $p=0,007$ . Para ambos sexos, las variables X e Y son dependientes de manera inversamente proporcional (Tabla 6).

#### **4.4.2 Regresión Exponencial y Lineal.**

En la segunda parte de la descripción estadística de la muestra y los resultados de la investigación, se obtienen los análisis de regresión exponencial y lineal de la relación existente entre las Latencias absolutas e Intensidades para cada una de las variables (Tabla 6).

A la curva promedio obtenida de la muestra total (n=34) se aplicó una regresión exponencial, de la cual se obtuvo el valor de la constante de recta  $R^2=0,996$ , y una regresión lineal con valor de constante de  $R^2=0,9904$ . La comparación de ambos datos refiere una mejor bondad de ajuste en el valor exponencial, debido a que esta genera un resultado mayor cercano a 1 comparado con la regresión lineal. La regresión exponencial obtiene su valor de constante de recta desde la ecuación “ $y = \alpha * e^{-b*x}$ ”, en donde “x” representa a la variable independiente correspondiente a la Intensidad, e “y” a la variable dependiente de Latencia absoluta. La ecuación exponencial resultante, incluida la constante es: “ $y = 9,5998e^{-0,005x}$ ”. La relevancia de la obtención de esta fórmula se expondrá en el siguiente capítulo.

Según la variable edad, en el rango etario de 0 a 3 meses de edad (n=14) se obtiene la misma bondad de ajuste, debido que el valor obtenido de la regresión exponencial  $R^2=0,9946$  es mayor y más cercano a 1 que el obtenido en la regresión lineal  $R^2=0,9866$ , por lo que la ecuación exponencial obtenida es: “ $y = 9,5645e^{-0,005x}$ ”. Para el rango etario comprendido entre los 3 a 6 meses de edad, el valor de la regresión exponencial  $R^2=0,9962$  presenta un mejor Ajuste de bondad que el obtenido mediante la regresión lineal  $R^2=0,9897$ . Por lo tanto, la ecuación exponencial resultante, incluida la constante es: “ $y = 9,5596e^{-0,005x}$ ”.

En los resultados obtenidos según la variable sexo, se obtienen resultados similares descritos anteriormente. Para los hombres el valor de la regresión exponencial  $R^2=0,9977$  presenta una mejor bondad de ajuste que el obtenido mediante la regresión lineal  $R^2=0,9938$ , por lo tanto, la ecuación obtenida de la regresión exponencial es: “ $y = 9,5766e^{-0,005x}$ ”. En las mujeres se obtiene también como mejor Ajuste de Bondad el valor obtenido de la regresión exponencial  $R^2=0,9942$  comparado con el de regresión lineal  $R^2=0,9868$ . La ecuación exponencial resultante, incluida la constante es: “ $y = 9,6249e^{-0,005x}$ ”.

En consecuencia, se obtiene para todas las variables una ecuación de tipo exponencial, la cual explica mediante la constante obtenida, el comportamiento de la Latencia absoluta (x) dependiente de la Intensidad correspondiente (y), el cual será de tipo inversamente proporcional.

## Discusiones

En este capítulo se desglosarán los puntos más relevantes del presente estudio, destacando, profundizando y comparando los datos obtenidos en relación al control de las variables, los parámetros técnicos, los resultados de los PEATC y las proyecciones de la investigación.

### 1. Control de variables.

Para el óptimo desempeño y registro de PEATC del presente estudio se estableció lo fundamental del control de variables, clasificándolas en tres grupos basados en la bibliografía consultada: ambientales, del paciente y del examinador.

#### 1.1 Variables ambientales.

Las variables externas son todas aquellas condiciones ambientales que contribuyen a generar registros inaceptables. Una variable a considerar es el ruido ambiental, debido a que la gran amplificación del equipo, utilizada en el examen de PEATC para la captación de señales, aumenta la susceptibilidad ante el ruido externo. Según Katz (2002), *“tal ruido ocurre en áreas de prueba fuera de la clínica y pueden provenir de fuentes humanas y no humanas, es por esto que los intentos por reducir al máximo el ruido acústico durante el examen deben ser mayores al utilizar estímulos de baja intensidad, y así evitar por esta causa el enmascaramiento del estímulo aplicado en el examen”*. Por esta razón se procedió a disminuir todos aquellos estímulos exteriores presentes al momento de la evaluación, considerando la cantidad de personas acompañando al paciente dentro de la sala, el cierre de puertas, cortinas y ventanas, buscando atenuar el ruido ambiental.

López, en el año 1992, señala que: *“toda corriente que atraviesa un hilo conductor crea un campo magnético a su alrededor, que es proporcional a la intensidad de dicha corriente, generando un alto voltaje. Este hecho es muy frecuente en los cables de conexión de los electrodos, por lo que induce interferencias en el registro. La única solución consiste de alejar el equipo lo más posible o apagarlo”*. En base a esto, se controlaron los artefactos eléctricos que influyen directa o indirectamente en la realización de PEATC, apagando equipos que no se utilizaron para la prueba presentes en la sala de evaluación. Además se procedió a conectar el equipo de PEATC a una fuente directa de alimentación eléctrica situada en la pared, y al establecimiento de un punto de conexión de tierra confiable.

Considerando el control de variables anteriormente descrito, se adhiere la utilización de fonos supraauriculares de tipo copa acolchada alrededor del oído, los cuales son recomendados para la atenuación de los ruidos ambientales a niveles más aceptables (Katz, 2002).

## **1.2 Variables del paciente**

Sanders et al (1979) refiere que ciertos potenciales evocados auditivos son influenciados por el estado de conciencia, sin embargo los PEATC no sufren interferencias con respecto a esta variable (Katz, 2002). De todas formas es recomendable el sueño en el menor evaluado, ya que el estado de vigilia se relaciona con movimientos de la cabeza, mandíbula, cuello, etc.; generando potenciales miogénicos. Estos pueden ser captados en la obtención de registros de PEATC, contaminando la morfología de las ondas. Además, cambios en la temperatura corporal y/o enfermedades en general producen efectos significativos en el registro (Katz, 2002). Debido a lo anterior, antes de la aplicación del examen se confirmó a través de la madre la ausencia estado de enfermedad y/o cuadro febril, se indicó privación de sueño para condicionar el sueño fisiológico y disminuir la presencia de movimientos que interfieran la captación de ondas. Para la realización del presente estudio la totalidad de los lactantes se encontraban bajo esta condición, siendo innecesaria la sedación.

### **1.3 Variables relacionadas con el examinador**

La ASHA, en 1990, explicita requisitos mínimos para el examinador que aplica PEATC, los cuales son: identificación de los pacientes a evaluar, la administración de los procedimientos de evaluación y estrategias apropiadas, y a la interpretación de registros (Katz, 2002). Por lo tanto, en el presente estudio los examinadores demuestran poseer los conocimientos tanto teóricos como prácticos en la aplicación y análisis de PEATC, condición fundamental para el logro de los objetivos planteados.

En conclusión, en la presente investigación las variables tanto ambientales, del paciente como del examinador, fueron controladas de forma exhaustiva. Esto permitió determinar las capacidades o limitaciones propias del examen que pudieron influenciar los resultados de este estudio, y de esta forma aumentar la confiabilidad de estos.

## **2. Parámetros técnicos**

Posterior al control y manejo de variables ya descrito, se procedió a establecer los parámetros técnicos mínimos idóneos para la correcta aplicación del examen de PEATC. Para esto se detalla y justifica cada uno de los procedimientos divididos en: tipo de estímulo, transductor, polaridad, tasa de repetición y filtros.

### **2.1 Tipo de estímulo**

Según lo referido por Katz (2002), los PEATC, y en general los PEA de latencia corta, deben presentar estímulos que desencadenen una respuesta sincrónica de una gran población de neuronas, ya que cada uno estimulará una porción considerable de la partición coclear debido a su aspecto relativamente amplio. Es por esto que el estímulo utilizado en el presente estudio es de tipo clicks de banda ancha, el cual es definido como ondas cuadradas que confiere una gran energía a todas las células ciliadas a lo largo de la membrana basilar, para

que estas sean estimuladas al unísono y así producir una señal biológica amplia. El espectro de frecuencias de este tipo de estímulo abarca desde 1 a 20 kHz, predominando su respuesta alrededor de los 2 a 4 kHz (López, 1992). Al utilizar los clicks como tipo de estímulo en el presente estudio, se obtuvo una representación frecuencial amplia y por ende, un registro de respuestas más concordantes al espectro tonotópico de la rampa coclear.

## **2.2 Transductor**

Katz (2002) argumenta que los transductores utilizados comúnmente para entregar el estímulo son fonos supraauriculares o auriculares de inserción, además del vibrador óseo; describiendo para este último ciertos problemas y limitaciones, tales como características de frecuencia diferentes a los fonos y presencia de mayor radiación electromagnética. Por otra parte, describe que la utilización de los auriculares de inserción ha aumentado en los últimos tiempos, sin embargo una desventaja para el presente estudio es que estos incrementan el tiempo de propagación del sonido retrasando así, el comienzo de los PEA por un factor proporcional al largo del tubo.

Por lo tanto, para la investigación se utilizó un transductor de tipo fono supraauricular con copa acolchada para la presentación de los estímulos, ya que éste disminuye el ruido enmascarante ambiental.

## **2.3 Tipo de polaridad**

Una de las características fundamentales de los PEATC es la elección de la polaridad del estímulo. Es por esto que al utilizar una de las tres alternativas de polaridad, se debe tomar en cuenta el objetivo final del estudio. El estímulo de polaridad alterna posee características que propician el registro de respuestas constantes entre pacientes, la supresión de los estímulos inducidos por artefactos eléctricos, debido a la composición de fases y la eliminación de los microfónicos cocleares.

Debido a lo anterior, en la búsqueda de normalizar parámetros en una muestra de sujetos, utilizar estímulos de polaridad alterna entrega las condiciones ideales para lograr respuestas más homogéneas y con menor interferencia (Katz, 2002, López, 1992).

## 2.4 Tasa de repetición

La elección de la tasa de presentación de estímulos en el examen de PEATC, presenta una amplia justificación para su adecuada selección y así hacer más eficiente y confiable su aplicación. Los estímulos deben ser presentados en una tasa lenta para prevenir la adaptación de respuesta y lograr una mejor definición de las ondas, teniendo en cuenta que esta no se debe ser extremadamente baja, debido a que se extiende en demasía el tiempo de recolección de datos. Katz (2002) establece, para los PEA de latencia corta, que si el valor de la tasa de repetición aumenta más de 10 Hz, disminuirá la amplitud de la onda y aumentarán las latencias absolutas.

Otro factor a considerar es la interferencia eléctrica de 60 Hz conocido como “*phase-locking*”, el cual es necesario minimizar para obtener un registro más limpio de ondas. Para esto Katz (2002) sugiere evitar las tasas que son enteros submúltiplos de 60 y cuyos intervalos inter estímulos son múltiplos del período de la mitad del ciclo de 60 Hz, recomendando valores impares.

Por consecuencia a lo descrito, para el presente estudio, se escogió un valor de 11,1 Hz para la tasa de repetición, lo cual permitió obtener una mayor amplitud de registros, valores reales de latencias absolutas, y disminución de la interferencia eléctrica a 50 Hz.

## 2.5 Filtros

Según López (1992), *los filtros son de gran importancia puesto que de ellos depende en gran medida la forma de la onda y, por ende, la interpretación clínica que se haga posteriormente de ella.* Además destaca que mediante el filtrado se trata de conseguir una relación señal/ruido lo más perfecta posible, eliminando todas las frecuencias que únicamente contienen ruido y dando paso a todas aquellas que son portadoras de la señal biológica susceptible de análisis. Para el estudio de PEATC se recomienda utilizar filtros pasa altas de 150Hz y pasa bajas de 3000Hz, puesto a que el espectro frecuencial del registro se encuentra dentro de este rango (López, 1992).

Para el presente estudio se procedió a utilizar filtros pasa altas de 1000Hz y pasa bajas de 3000Hz, debido a que el equipo utilizado no proporcionaba la opción de selección de filtros pasa altas a 150Hz. Con estos filtros establecidos se obtuvieron resultados aceptables para el estudio, obteniendo un registro con mayor cantidad de ruido pero con mejor calidad de respuesta demostrada por la reproductibilidad de la onda V.

## 3. Resultados de la evaluación con PEATC

Con la obtención de las latencias absolutas de la onda V a 80, 60, 40, y 20 dB nHL en los 34 oídos que conformaban la muestra del estudio, se pudo observar y estudiar los resultados de acuerdo a distintas variables, como edad y sexo, tomando como referencia un estudio similar realizado en España en el año 1992 (Anexo 3). A continuación se discute sobre cada una de las variables y conceptos importantes para la comprensión de los resultados obtenidos en esta investigación.

### 3.1 Latencias absolutas onda V.

Los valores de latencia absoluta establecidos se obtuvieron mediante la promediación de todos los resultados individuales del paciente por cada intensidad, calculando a su vez la desviación estándar para cada una, determinando así el campo valórico de normalidad para la onda V a 80, 60, 40 y 20 dB nHL de intensidad. Este último, demostró su confiabilidad debido al riguroso procedimiento de selección de la muestra establecido por los criterios de inclusión y exclusión, al control de variables que permitió una calidad en la evaluación y al grado de dispersión de los datos obtenidos en todas las intensidades que incluye al 95% de estos en el rango de normalidad. Los gráficos obtenidos mediante el ploteo demostraron la curva de normalidad descrita por la ASHA en el año 1988, en donde los valores de las latencias se distribuyen en una curva descendente según los valores de cada intensidad evaluada (Katz, 2002).

Por otra parte, las posibles utilidades prácticas de estos registros como referentes tanto en la clínica audiológica como en los programas de pesquisa auditiva precoz, mejorarían la eficacia diagnóstica en la detección de la HA y además, entregarían una tentativa relación entre el umbral electrofisiológico y el desarrollo posterior del lenguaje. Por ejemplo, a modo de screening, incluso cuando el niño presente factores de riesgo, no sería necesario eventualmente evaluar a altas intensidades si es que se obtienen respuestas a 20 dB nHL, ya que respuestas a este nivel confirmarían la normoacusia. Por otro lado, al encontrar respuestas a umbrales mayores de 20 dB nHL, se lograría predecir substancialmente, a través del grado de la hipoacusia, la relación con el desarrollo del lenguaje, y por ende, iniciar una intervención fonoaudiológica con mayor efectividad.

En definitiva, obteniendo parámetros de referencia concernientes a las latencias absolutas de la onda V a diferentes intensidades en la población de recién nacidos, se podría lograr una optimización del diagnóstico audiológico, su relación con el desarrollo del lenguaje y, en consecuencia una efectiva intervención lingüística temprana.

### 3. 2 Relación Latencia – Intensidad

Utilizando el test de correlación de Pearson y la Prueba de la Potencia, se obtuvieron los valores necesarios para justificar la correlación inversa entre ambas variables, confirmando esta relación con un índice de alta confiabilidad. Es por esto que se comprobó que, para toda la muestra, la Latencia de la onda V siempre dependerá de la variable Intensidad con una proporcionalidad inversa, es decir que a menor Intensidad, mayor Latencia.

Lo anterior permite describir, en base a una regresión, una curva de tipo exponencial. Mediante este procedimiento se obtuvo un valor constante que explica la variación exacta de la relación Latencia- Intensidad. En consecuencia tener el valor de la constante para la fórmula exponencial “ $y = \alpha * e^{-b*x}$ ” permitirá predecir el valor exacto, respecto a la curva promedio obtenida en esta investigación, de la Latencia absoluta buscada para una Intensidad específica. Este procedimiento se confirmó para la muestra total y para cada una de las variables estudiadas, siendo una herramienta útil para la predicción de latencias absolutas en pacientes normoacúsicos, y por ende como referente en diagnósticos diferenciales de hipoacusia.

Al relacionar este resultado con algunos autores, encontramos una alta concordancia sobre lo expuesto. Por ejemplo, Katz expone que al ser más baja las intensidades, las latencias absolutas aumentan, las amplitudes del componente disminuyen y todas las ondas eventualmente desaparecen con el ruido de fondo. (Katz, 2002). Durrant (1986), explica que esta relación inversa entre latencia e intensidad en la onda V presenta una importancia diagnóstica para la detección del umbral electrofisiológico, similar a lo que López obtuvo en su estudio realizado el año 1992 (Anexo 3) (López, 1992).

#### 3.2 Latencias según edad.

Por otra parte se establecieron los valores de latencias absolutas de la onda V según rango etario de los pacientes, quedando dividida la muestra en dos grupos. Para el primero, conformado por los lactantes entre 0 a 3 meses de edad, se establecieron los valores de

normalidad de latencia a 80, 60, 40 y 20 dB nHL, con su respectiva desviación estándar según el promedio, de lo cual se observó una homogeneidad en los resultados entre los lactantes, lo cual puede ser explicado por la similitud del desarrollo auditivo entre los bebés en esta edad y la poca influencia del entorno sobre este, en comparación con etapas posteriores del desarrollo.

El segundo grupo obtenido correspondió a los menores que se encontraban entre los 3 a 6 meses de edad y, al igual que en el grupo anterior, se establecieron los valores de normalidad de las latencias absolutas para las intensidades estudiadas, además de sus respectivas desviaciones estándar. Sin embargo, a diferencia del rango etario 0 – 3 meses, en este grupo se observó que los resultados respondían a una característica de heterogeneidad; es decir, las respuestas personales fueron más disímiles entre sí. Esta característica de la muestra se puede explicar por el hecho de que a esta edad ya comienza a individualizarse el desarrollo auditivo, el cual entre otras depende directamente de las características propias de maduración del lactante y su relación con el medio ambiente estimulante. Un medio ambiente que propicie al niño experiencias auditivas significativas, ya sean del orden verbal o musical, logrará orientar un perfil particular del desarrollo de su sistema auditivo dependiendo de particularidades del medio estimulante como la sistematización, frecuencia e intensidad de la presentación de estos estímulos. Además, en este periodo del desarrollo el menor presenta mayores propiedades de neuroplasticidad o estructuración neuronal, las cuales dependen, entre otras, del medio estimulante (Bucfill, 2004).

### **3.4 Latencias según sexo.**

Una vez constituidos los grupos según géneros, se establecieron los valores de latencia absoluta para la onda V en cada una de las intensidades estudiadas, encontrando que los varones presentaban menor valor de latencia en las intensidades 80, 60 y 40 dB nHL que las mujeres, en cambio a 20 dB nHL no se establece diferencia, siendo para hombres y mujeres un valor de latencia similar.

Si bien se observa una diferencia de latencia absoluta de onda V según sexo, esta no es significativa estadísticamente, debido a que las diferencias encontradas no son de carácter importante; condiciéndose nuestro estudio con el realizado por López (1992) quien en España refiere que solo a edades superiores a 24 meses se encuentra una diferencia significativa entre los sexos, cuyos valores de latencias absolutas de onda V son 0,2 mseg menores para las mujeres. Por otra parte Katz (2002) cuestiona la diferencia de latencias por sexo debido a que no existen estudios que lo comprueben, pero si hace referencia a distintos autores que nombran esta desigualdad, justificándola por las distintas estaturas, ya que la cabeza de los hombres es de mayor diámetro que la de las mujeres, y por lo tanto quizás poseen vías nerviosas más largas, las que causan tiempos de conducción mayores. Lo anterior que sugiere la necesidad de establecer diferencias significativas en base a investigaciones futuras.

### **3.6 Proyecciones del Estudio**

La confiabilidad del estudio, como anteriormente se explicó, está confirmada por la rigurosidad de los procedimientos ya descritos, lo que hace de la muestra realizada en la Región de Valparaíso un parámetro adecuado a tomar en cuenta para futuras investigaciones acorde al tema de evaluación auditiva en lactantes. Esto también se confirma con la gran similitud entre los resultados de esta muestra y la del estudio español realizada en el año 1992, en donde ambos grupos presentan alta concordancia en sus resultados en toda las intensidades, a diferencia en 20 dB nHL, ya que el estudio español solo evaluó hasta 30 dB nHL (Anexo 4).

En relación a la cantidad de sujetos utilizados en ambas muestras, existen diferencias significativas que delatan las limitaciones del presente estudio. La investigación realizada por Julio Joaquín López (1992) en España está conformada por una muestra de 201 pacientes de edades comprendidas entre 1 día y superior a los dos años, de los cuales entre 0 a 6 meses consta de un total de 53 lactantes (25 hombres y 28 mujeres). La presente muestra utilizada en este estudio está conformada por 17 sujetos (9 hombres y 8 mujeres) entre 0 a 6 meses de edad. Lo anterior invita a proyectar la actual investigación, ampliándola en cantidad de sujetos, de tal forma que los resultados puedan ser representativos y estandarizados para la

población comprometida, y de esta manera conformar una norma para la aplicación de PEATC en la V región. Esto también puede ser ampliado a evaluar sujetos de una población mayor.

Por otra parte, comparando el grupo de lactantes de rango etario entre 1 día a 6 meses con grupos de mayor edad, el estudio español presentó diferencias significativas con respecto a los valores de latencias absolutas de la onda V, las cuales disminuían mientras aumentaba esta variable. En la presente investigación a pesar de comparar grupos de rangos etarios menores, no se evidenció diferencias significativas. Sin embargo, con el objetivo de comparar estos resultados con los de grupos etarios mayores, es sugerible realizar muestras a grupos de mayores a 6 meses y así, relacionar cuantitativamente a través de las latencias absolutas la maduración del sistema auditivo en torno al desarrollo anatómico coclear, del conducto auditivo externo, oído medio y fundamentalmente, lo correspondiente al proceso de mielinización de la vía auditiva (López, 1992).

Por otra parte, los resultados obtenidos en el presente trabajo, comprueban la importancia de la aplicación de los PEATC en la evaluación auditiva para la detección precoz de la hipoacusia, debido a su especificidad a nivel del diagnóstico, y por lo tanto en la posterior intervención en caso de alteraciones auditivas. Además es importante señalar, que este examen forma parte de un conjunto de aplicaciones de evaluación auditiva que mejoran la confirmación del diagnóstico audiológico. Es por esto que se recomienda la aplicación de estudios de PEATC en conjunto a otros exámenes como los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable, correspondiente a potenciales de latencia media, el cual complementa los resultados de los PEATC, realizando un análisis específico por frecuencias separadas.

En resumen, el presente estudio, a pesar de las limitaciones descritas, es cercano a la realidad de otros países, y por ende puede ser utilizada como punto de partida para futuras investigaciones ampliadas sobre el tema a nivel regional y/o nacional.

## Conclusiones

En la presente investigación se estudió la aplicación clínica de los PEATC en 17 lactantes de 0 a 6 de edad, y se obtuvieron parámetros de acuerdo a las latencias absolutas en distintas intensidades para la región de Valparaíso, estipulando promedios para 80, 60 40 y 20 dB nHL. En base a esto, y a la suma y resta de las desviaciones estándar, se obtuvo un campo dinámico de normalidad para el total de la muestra, como para las variables estudiadas, correspondiente a edad y sexo. Por otro lado, se comprobó para la presente muestra, la relación inversamente proporcional entre las variables latencia absoluta e intensidad, lo que se condice con los datos bibliográficos que explican la dependencia de los valores de ambas variables.

De acuerdo a la variable edad, el rango etario de 0 a 3 meses presentó resultados más homogéneos en comparación al grupo de 3 a 6 meses, lo que se demuestra por la mayor variabilidad y heterogeneidad de latencias absolutas para este último. Lo anterior sugiere que posterior a los 3 meses de edad, los lactantes demuestran características auditivas personales influenciadas por el desarrollo audiológico y las experiencias ambientales.

En relación a la variable sexo, no se demostraron diferencias estadísticamente significativas entre hombre y mujeres, lo que se relaciona con estudios anteriores, en los cuales no se describen variabilidad entre sexo principalmente por la falta de estudios, por lo cual se sugiere la importancia de realizar investigaciones con respecto a esta variable.

Al determinar los valores de normalidad para la latencia absoluta de la onda V en los PEATC, se realizó la comparación con una muestra obtenida en España en el año 1992 presentadas por el Dr. Julio Joaquín López, en donde se concluye de manera estadísticamente significativa la similitud de ambos estudios y sus resultados. Esto significa que en sectores en donde no se haya realizado este estudio, se puede tomar como referencia los parámetros obtenidos para la región de Valparaíso y/o parámetros internacionales.

En resumen, los hallazgos observados en este estudio apoyan la utilización como herramienta diagnóstica de los PEATC en la detección precoz de la hipoacusia y los programas diseñados para esto. Además aportan datos concretos para ser utilizados como referencias en otros estudios o aplicaciones. Sin embargo, resulta necesaria la ampliación de esta investigación, abarcando una población mayor y una muestra significativa para esta, y así confirmar los resultados obtenidos y extrapolarlos a las necesidades diagnósticas correspondientes.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el presente trabajo, comprueban la importancia de la aplicación de los PEATC en la evaluación auditiva para la detección precoz de la hipoacusia, debido a su especificidad a nivel del diagnóstico, y por lo tanto, en la posterior intervención en caso de alteraciones auditivas. Además es importante señalar, que este examen forma parte de un conjunto de aplicaciones de evaluación auditiva que mejoran la confirmación del diagnóstico audiológico. Es por esto que se recomienda la aplicación de estudios de PEATC en conjunto a otros exámenes como los Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable, correspondiente a potenciales de latencia media, el cual complementa los resultados de los PEATC, realizando un análisis específico por frecuencias separadas.

En resumen, el presente estudio, a pesar de las limitaciones descritas, es cercano a la realidad de otros países, y por ende puede ser utilizada como punto de partida para futuras investigaciones ampliadas sobre el tema a nivel regional y/o nacional.

## Bibliografía

1. Ackley, R. (2006). *Auditory Brainstem Response Testing: Stimulus Rate Revisited*.
2. Aidil Dzulkarnain, A. (2008). The Effects of Electrode Montage on the Amplitude of Wave V in the Auditory Brainstem Response to Maximum Length Sequence Stimuli. *Audiol Neurotol*; 13:7–12.
3. Bufill, E, Carbonell, E. (2004). Neuroplasticidad y conducta simbólica. *REV NEUROL* 2004; 39: 48-55.
4. Carvajalino, I. (2004). Estudio descriptivo sobre la incidencia de las alteraciones auditivas en la población de bebés de alto riesgo de 0 a 6 meses de edad. *ASOSAUDIO*, Volumen 32 Número 3, páginas 92-100.
5. C.Y. Lee, & al. (2008). Effects of Age and Degree of Hearing Loss on the Agreement and Correlation Between Sound Field Audiometric Thresholds and Tone Burst Auditory Brainstem Response Thresholds in Infants and Young Children”, *J Formos Med Assoc*, Volumen 17 número 11, pages 869-875.
6. Durrant, J. (2007). Call for calibration standard for newborn screening using auditory brainstem Responses. *International journal of audiology [1499-2027]*, vol: 46 iss:11 pg: 686 - 91.
7. Gaddam, (2008). ABR recordings in newborns using an ear canal electrode. *International Journal of Audiology*. 4 7: 499-504.
8. Gil-Garcedo, E & Vallejo,L. (2004). *Otología*. Madrid, España: Panamericana.

9. Johnson, J. (2005). A Multisite Study to Examine the Efficacy of the Otoacoustic Emission/Automated Auditory Brainstem Response Newborn Hearing Screening Protocol: Introduction and Overview of the Study. *American journal of audiology* [1059-0889], vol: 14 iss: 2 pg: S178 -85.
10. Katz, J. (2000) *Handbook of Clinical Audiology* (5<sup>th</sup> Ed.). Philadelphia: Williams & Wilkins.
11. Kohelet, D. (2000). Brainstem auditory evoked response in newborns and infants. *Journal of child neurology* [0883-0738]. Vol: 15 iss: 1 pg: 33 -35.
12. Lasky, R. (1997). Rate and adaptation effects on the auditory evoked brainstem response in human newborns and adults. *Hearing Research* 111, 165-176.
13. López, J. (1992). *Potenciales Evocados Auditivos. Introducción a su conocimiento y valoración clínica*. Madrid, España: Edit. Ciencia S.A.
14. Moore, E. (2007). The human auditory system: A timeline of development. *International journal of audiology* [1499-2027], vol: 46 iss: 9 pg: 460 -478.
15. Morales, C. (1992). *Otoneurología Clínica*, Santiago, Chile, Ed. Universitaria.
16. Sininger, Y. (2000). Identification of Neonatal Hearing Impairment: Auditory Brain Stem Responses in the Perinatal Period. *Ear & Hearing*, 21; 383–399.
17. Swanepoel, D. (2009). Auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 266:213–219.
18. Verhaertn N. (2008). Impact of early hearing screening and treatment on language development and education level: evaluation of 6 years of universal newborn hearing screening (ALGO) in Flanders. *Belgium. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* [0165-5876], vol: 72 iss: 5 pg: 599.

19. Yin, R. (2008), No close correlation between brainstem auditory function and peripheral auditory threshold in preterm infants at term age. *Clinical Neurophysiology* 119, 791–795.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1****CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, \_\_\_\_\_, Rut: \_\_\_\_\_

acepto que mi hijo(a) participe en la tesis , de la carrera de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, que será realizada por los estudiantes Mauricio Aravena Ríos, Javier Lombardi Castro y Tonchy Vrsalovic Radovic, bajo la tutoría de las Fonoaudiólogas Daphne Marfull y Tamara Margas.

Se me ha explicado que mi pupilo deberá asistir a las evaluaciones para realizar los exámenes audiológicos indicados. Tengo conocimiento de que la información que entregaré es confidencial, respetando su identidad. Además estoy conciente de que el estudio audiológico no posee técnicas que pudiesen causar daño y que no tendrá costo alguno para mí.

Al firmar este documento doy mi autorización a los estudiantes para que utilicen en su investigación los datos obtenidos en los exámenes realizados a mi hijo(a).

---

Firma Apoderado

## ANEXO 2

### Anamnesis Audiológica

Nombre Lactante:..... Edad:.....

F. de Nacimiento:..... F. evaluación:.....

Domicilio:.....

Informante:             Padre             Madre             Ambos             Otro

Derivado desde:.....

Motivo de consulta:.....

#### Antecedentes pre-natales/natales/post-natales

Embarazo:.....

Tipo de Parto :.....

Lugar:.....

Apgar :.....            Peso :.....            Talla :.....

PEEAT:.....            OEA:.....

PEATC:.....            Impedanciometría:.....

#### Antecedentes mórbidos y otológicos

Otitis            :    NO    Otorrea    Otagia            Cirugía:    NO    O I    OD

Sordera familiar            :    NO    SI

Por parte de:.....

Audición:.....

Desde cuándo :.....

TBC   :    NO    SI            Drg. Ototóxicas:    NO    SI

Diabetes:    NO    SI            TEC:             NO    SI

Hiperbilirrubinemia:  NO  SI EPI:  NO  SI

Meningitis:  NO  SI Alergias:  NO  SI

TORCH:.....

Exposición ruido:  NO  SI Tiempo de exposición:.....

Tipo de fuente:.....

Otras enfermedades o agentes :.....

Tratamientos/Diagnósticos previos :.....

Exploración física y otoscópica

Pabellón auricular Izq.:  Normal  Microtia  Anotia  Asa

Pabellón auricular Der.:  Normal  Microtia  Anotia  Asa

CAE Izquierdo:  Normal  Estenosis  Agenesia

CAE Derecho:  Normal  Estenosis  Agenesia

Tapón de cerumen:  NO  SI:.....

Cuerpo extraño:  NO  SI:..... Mb

timpánica Izq.:  Normal  Cicatrizal  Inflamada  Perforada

Mb timpánica Der:  Normal  Cicatrizal  Inflamada  Perforada

Observaciones:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

\_\_\_\_\_  
Firma

## ANEXO 3

### PATRONES NORMALES EN POTENCIALES DE TRONCO CEREBRAL (P.T.C)

*López, J. (1992). Potenciales Evocados Auditivos. Introducción a su conocimiento y valoración clínica. Madrid, España: Edit. Ciencia S.A.*

Se estudia una población formada por 201 pacientes, 108 varones y 93 mujeres, sin evidencia de patología otológica y cuyas edades están comprendidas entre 1 día y superior a los dos años. Hemos procedido a distribuir la serie por períodos de 6 meses, al objeto de valorar los cambios en los diferentes parámetros en función del tiempo.

Se practica un (P.E.T.C) a todos los sujetos con los siguientes parámetros de estimulación:

Estímulo .....click  
 Intensidad ..... 80/30 dB  
 Duración del análisis ..... 20 mlsg  
 Ritmo de repetición ..... 20/sg  
 Tipo de estímulo ..... Rarefacción  
 Filtros ..... 150 Hz a 3 KHz

Situación de los electrodos:

- Electrodo activo en mastoide ipsilateral
- Electrodo de referencia en vértex
- Masa en región medio frontal

## RESULTADOS

### A) Estudio de las latencias

En la tabla 1 se reflejan los valores individuales de las latencias de cada onda en las diferentes poblaciones estudiadas, pormenorizando sus diferencias en función de la intensidad del estímulo, el sexo, su coeficiente de variación, sus valores máximos y mínimos, su desviación estándar y los valores comprendidos entre la media, y más menos dos veces la desviación estándar así como los errores de dichos valores.

Tabla. 1.

LATENCIA DE LA ONDA V EN LA POBLACION DE 1 DIA - 6 MESES																
	$\bar{x}$	$e.\bar{x}$	$Ds$	$eDs$	$+2Ds$	$-2Ds$	Máx	Mín	$\bar{x}_V$	$e.\bar{x}$	$Ds$	$eDs$	$\bar{x}_I$	$e\bar{x}$	$Ds$	$eDs$
U)	6,54	0,04	0,23	0,03	7,00	6,08	7,1	6,1	6,17	0,13	0,56	0,07	6,66	0,10	0,36	0,07
7)	6,75	0,06	0,38	0,04	7,51	5,99	8,3	6,3	6,78	0,10	0,45	0,07	6,70	0,06	0,24	0,04
6)	7,06	0,07	0,45	0,05	7,96	6,16	8,7	6,5	7,05	0,11	0,47	0,07	6,99	0,09	0,38	0,06
5)	7,41	0,08	0,48	0,05	8,37	6,45	8,5	6,3	7,36	0,11	0,50	0,08	7,40	0,11	0,48	0,08
4)	7,84	0,08	0,56	0,06	8,96	6,72	9,2	6,2	7,76	0,13	0,48	0,08	7,83	0,11	0,50	0,08
3)	8,37	0,11	0,70	0,08	9,77	6,97	10,3	7,2	8,24	0,13	0,57	0,09	8,56	0,10	0,76	0,12

En la (fig. 1), se representan gráficamente las variaciones de la latencia con respecto a la intensidad del estímulo.

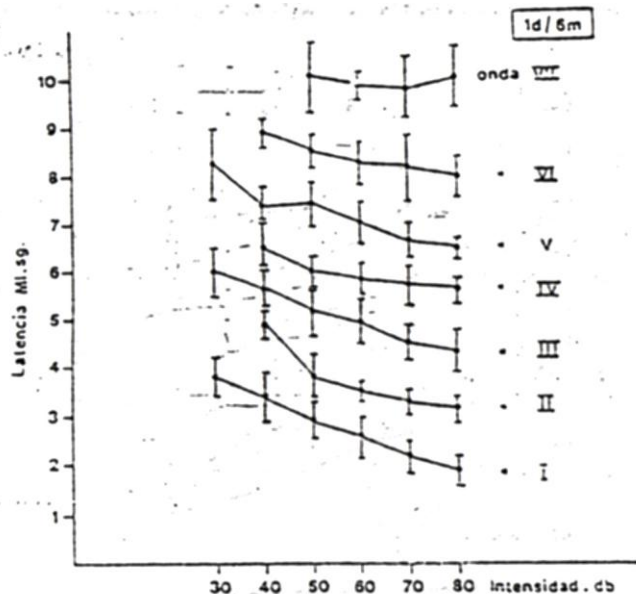


Fig. 1. Distribución de las 7 curvas de intensidad/tiempo y su desviación estándar en la población de 1 día/6 meses.



### B) Diferencias con respecto al sexo.

En la (tabla 3) se representan las diferencias en función al sexo de los diferentes parámetros estudiados; se deduce que las mismas son estadísticamente significativas, únicamente, para las ondas (III) a (VII) y en la población de edad superior a 24 meses. Se comprueba que existe una menor latencia en las hembras que en los varones de aproximadamente 0,2 mls.g.

Tabla. 2.

DIFERENCIAS CON RESPECTO AL SEXO EN LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS

206

 / 	e. 1 día	1 día - 6 meses	7 - 12 meses	13 - 18 meses	19 - 24 meses	24 meses
V/I	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
I	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
II	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
III	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	Signif. $p < 0.05$
IV	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
V	No sig.	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.	No sig.	Signif. $p < 0.05$
VI	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
VII	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
I-III	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.
III-V	Casi sig. $p < 0.1$	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.	No sig.
I-V	Signif. $p < 0.05$	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.	No sig.	No sig.
V-VI	Signif. $p < 0.05$	Signif. $p < 0.05$	No sig.	No sig.	Casi sig. $p < 0.1$	No sig.

### C) Diferencias con respecto a la edad

Para objetivarlas hemos establecido una comparación entre las medias y desviaciones estándar de las diferentes poblaciones en función de su edad. Para ellos realizamos un test de T de Student entre pares; representamos los resultados en la tabla 3.

Tabla 3. INFLUENCIA DE LA EDAD EN LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS

	<u>1 día/ 1d - 6 m.</u>	<u>1d-6m/ 7m-12m</u>	<u>7m-12m/ 13m-18m</u>	<u>13m-18m/ 19m-24m</u>	<u>19m-24m/ 24 meses</u>
V/I	Signif. p < 0.05	Signif. p < 0.01	No sig.	No sig.	No sig.
I	Signif. p < 0.01	No sig.	Cs. sig. p < 0.1	Cs. sig. p < 0.1	Cs. sig. p < 0.1
II	Signif. p < 0.05	Signif. p < 0.05	No sig.	No sig.	Cs. sig. p < 0.1
III	Signif. p < 0.001	Signif. p < 0.05	No sig.	Signif. p < 0.05	No sig.
IV	Signif. p < 0.001	Signif. p < 0.001	No sig.	Signif. p < 0.001	No sig.
V	Signif. p < 0.001	Signif. p < 0.01	Cs. sig. p < 0.1	Signif. p < 0.001	No sig.
VI	Signif. p < 0.001	Signif. p < 0.01	No sig.	Signif. p < 0.01	Cs. sig. p < 0.1
VII	Cs. sig. p < 0.1	Cs. sig. p < 0.1	No sig.	No sig.	No sig.
I-III	Signif. p < 0.001	Cs. sig. p < 0.1	Signif. p < 0.01	Signif. p < 0.05	Cs. sig. p < 0.1
III-V	No sig.	No sig.	Signif. p < 0.05	Cs. sig. p < 0.1	No sig.
I-V	p < 0.01	p < 0.05	Cs. sig. p < 0.1	Signif. p < 0.001	Signif. p < 0.001
V-VI	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.

Del estudio minucioso de la misma se infiere que la onda (I) sufre una modificación, muy drástica en su latencia durante los primeros 6 meses de vida, mostrando luego variaciones de menor cuantía hasta el segundo año de vida.

La onda (II) sufre modificaciones paralelas a las de la onda (I) aunque su maduración se continúa durante el primer año.

La onda (III), aunque sus cambios más importantes los experimenta durante los primeros seis meses de vida, sus latencias no se igualan a los valores del adulto hasta el segundo año de vida.

Las ondas (IV), (V) y (VI) parecen tener evoluciones paralelas alcanzando durante el primer año de vida valores muy próximos a los del adulto. Experimentan modificaciones de escasa cuantía durante el segundo año de vida, en cuyos últimos 6 meses se equiparan a los valores del adulto.

La onda (VII), al igual que la onda (VI), es de más difícil valoración habida cuenta la inconstancia con que se obtiene en los registros, por lo que no disponemos de una muestra estadísticamente significativa,; no obstante, es la que menores variaciones sufre con la edad puesto que sus valores se equiparan a los del adulto al primer año de vida, pero durante este año sus diferencias apenas son significativas entre sí.

#### **D) Estudio de los espacios entre las curvas**

Se estudian en función de tres puntos de vista diferentes:

- 1) Variación con la intensidad del estímulo
- 2) Variación con la edad
- 3) Diferencias con respecto al sexo

##### 1) *Variación con la intensidad del estímulo*

Se representan las modificaciones en función a la intensidad del estímulo, poniéndose en evidencia que a partir de 60 dB y hasta 40 dB, se produce un acortamiento del mismo que corresponde a modificaciones del espacio (I-III); y se hace una representación gráfica de dichas modificaciones pormenorizando en función de la edad de la población estudiada.

##### 2) *Variaciones con respecto a la edad*

Los histogramas son muy expresivos para comprender que la edad, en sí tiene un papel muy significativo en los espacios (I-III) y (I-V), mientras que las variaciones obtenidas para el resto de los espacios son de mucha menor cuantía. Se observa, asó mismo, que los cambios

más drásticos se producen durante el primer semestre de la vida para todos los espacios estudiados.

Se pone de manifiesto la significación de los cambios de dichos parámetros del que se desprende que los espacios (I-III) y (I-V) tiene diferencias significativas para todas las poblaciones estudiadas, diferencias que no presentan en los espacios (III-V) y (V- VI).

Se representan los cambios totales, en mlsg, experimentados por todos los espacios en función del tiempo.

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis de que la maduración de la vía auditiva se produce, fundamentalmente, a expensas del espacio (I-III), espacio que sufre modificaciones más intensas durante este período de tiempo.

### 3) *Diferencias con respecto al sexo*

En la tabla se representan los resultados de la comparación con respecto al sexo de los diferentes espacios estudiados, objetivándose que no existen diferencias significativas.

## **E) Estudio de la relación V-I**

Las modificaciones que produce la edad y el sexo en la relación V-I son expresadas en el estudio, poniéndose de manifiesto que respecto a la edad, las diferencias no son significativas a partir de los 6 meses; por el contrario, a partir de esta edad, se adquieren valores idénticos a la población adulta; por otra parte no se aprecian diferencias significativas respecto al sexo.

## **F) Estudio de la forma**

Existen unas morfologías determinadas y unos patrones típicos a las que, con variaciones leves, se pueden ir adaptando todas las exploraciones, en la figura 2 representamos estos valores – tipos que afectan fundamentalmente a la onda (III), y al complejo (IV – V).

### G) Frecuencia de reconocimiento de las curvas

Se pone de manifiesto la frecuencia de reconocimiento de cada curva, a intensidad decreciente en las poblaciones estudiadas.

Del estudio de la misma, se comprueba que la onda (V) es la de más fácil reconocimiento, encontrándose luego la onda (III) y la (I) por este orden. Sin embargo, si hacemos esta observación a 30 dB veremos que las ondas (II), (IV), (VI) y (VII), prácticamente, no son reconocidas nunca, quedando únicamente la (III) y la (I), por este orden, y con un bajo porcentaje de reconocimiento.

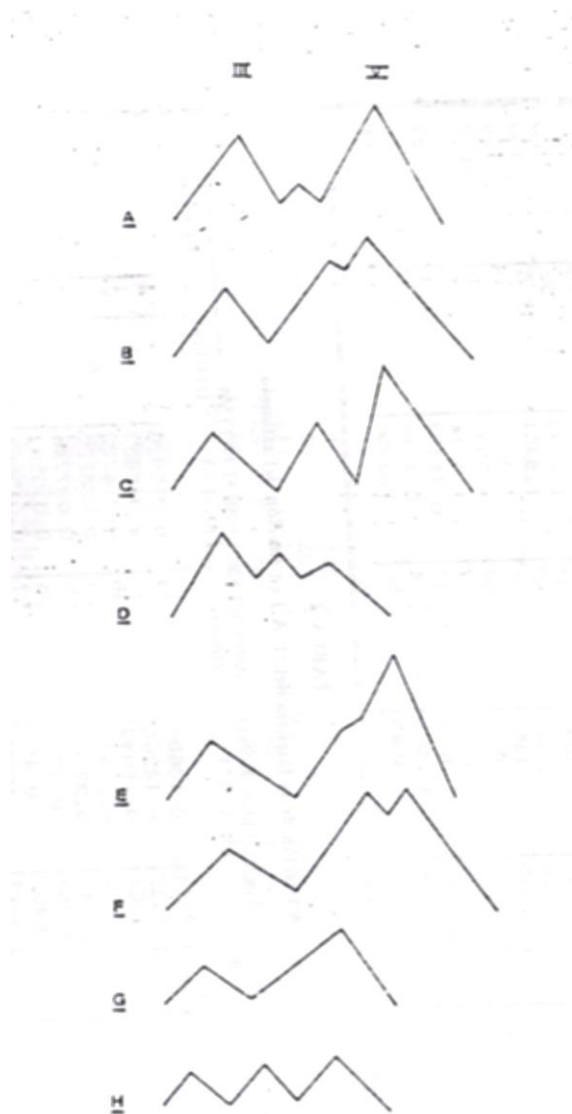


Fig. 2. → Morfología del complejo III, IV, V.

## ANEXO 4

### “Tablas Promedios y desviaciones estándar”

#### 1. Tablas promedios y desviaciones estándar de los estudios analizados.

- Latencia onda V en la población de 1 día – 6 meses del estudio de López en España en el año 1992.

<b>dB</b>	$\chi$	<b>Ds</b>	<b>-2Ds</b>	<b>+2Ds</b>
<b>30</b>	8,37	0,70	6,97	9,77
<b>40</b>	7,84	0,56	6,72	8,96
<b>50</b>	7,41	0,48	6,45	8,37
<b>60</b>	7,06	0,45	6,16	7,96
<b>70</b>	6,75	0,38	5,99	7,51
<b>80</b>	6,54	0,23	6,08	7,00

- Latencia onda V en la población de 0 día – 6 meses del presente estudio en la región de Valparaíso en el año 2009.

<b>dBnHL</b>	$x$	<b>Ds</b>	<b>+ 2 Ds</b>	<b>- 2 Ds</b>
<b>20</b>	8,74	0,4	9,54	7,94
<b>40</b>	7,89	0,37	8,63	7,15
<b>60</b>	7,08	0,42	7,92	6,24
<b>80</b>	6,54	0,32	7,18	5,9