

**POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE LA NEGATIVIDAD DE LA
DISCORDANCIA (MMN) EN ADULTOS CON AYUDAS AUDITIVAS**



IBEROAMERICANA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

P.J. No. 0428 del 28 de Enero 1982 - MEN | VIGILADA MINEDUCACIÓN

AUTORAS

AMANDA TERESA PAEZ PINILLA

ANA MILENA CASARES AGUILAR

OLGA PATRICIA FETECUA GARZÓN

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C

MAYO DE 2017

**POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE LA NEGATIVIDAD DE LA
DISCORDANCIA (MMN) EN ADULTOS CON AYUDAS AUDITIVAS**



IBEROAMERICANA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

P.J. No. 0428 del 28 de Enero 1982 - MEN | VIGILADA MINEDUCACIÓN

AUTORAS

AMANDA TERESA PAEZ PINILLA

ANA MILENA CASARES AGUILAR

OLGA PATRICIA FETECUA GARZÓN

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN AUDIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C

MAYO DE 2017

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
	2.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
	2.2 OBJETIVOS.....	11
	2.2.1 OBJETIVO GENERAL	11
	2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
	2.3 JUSTIFICACIÓN	12
	2.4 VARIABLES DE ESTUDIO.....	13
3.	MARCO DE REFERENCIA.....	15
	3.1 Antecedentes de Investigación.....	15
	3.2 Antecedentes Teóricos.....	16
	3.2.1 Vía Auditiva Central	16
	3.2.2 Potenciales Evocados Auditivos	22
	3.2.3 Ayudas Auditivas	29
4.	MARCO METODOLÓGICO	32
	4.1 Tipo de estudio.....	32
	4.2 Población	32
	4.3 Recursos.....	33
	4.3.1 Técnicos:	33
	4.3.2 Locativos:.....	34
	4.4 Procesos	34
	4.5 Procedimientos	36
	4.5.1 Técnica para el registro de los potenciales MNN.	36
	4.5.2 Protocolo del MNN.....	38

4.5.3	Evaluación técnica del rendimiento de los audífonos	38
4.6	Consideraciones éticas.	39
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
5.1	Análisis univariado de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en sujetos normoyentes.	42
5.2	Análisis multivariado de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN.....	44
5.2.1	Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en usuarios con y sin ayudas auditivas.	45
5.2.2	Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en usuarios con ayudas auditivas respecto al grupo control.	48
5.2.3	Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN respecto al PTA, ganancia y potencia de los audífonos.....	49
6.	DISCUSIÓN	52
7.	CONCLUSIONES	54
8.	REFERENCIAS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición conceptual y operacional de las variables en estudio	13
Tabla 2. Relación entre las ondas del PEATC y el sitio de origen. Según Davis (1979).....	22
Tabla 3. Generadores anatómicos de los diferentes componentes del complejo P1-N1-P2 de los PEAC. Fuente: Tomado de Cañete (2014).....	24
Tabla 4. Parámetros de estandarizados para la obtención de MMN. Fuente: Modificado de Escera (1997).....	27
Tabla 5. Aplicaciones clínicas de los MMN. Fuente: Tomado de Carrasco et al. (2008).	28
Tabla 6. Criterios de Inclusión y Exclusión.....	33
Tabla 7. <i>Protocolo MNN</i> . Fuente: Modificado de Manual de uso ES Eclipse. Interacoustics® (2015).38	
Tabla 8. Estadísticas asociadas a las variables de latencia para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN con auriculares TDH 39 (Monoaural)	42
Tabla 9. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN a campo libre (Binaural).	43
Tabla 10. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN en usuarios sin audífonos.	45
Tabla 11. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN en usuarios con audífonos.	45
Tabla 12. Coeficientes de correlación entre latencias y amplitudes, respecto al PTA, ganancia y salida máxima de los audífonos.	49
Tabla 13. Grado de correlación entre latencias y amplitudes, respecto al PTA, ganancia y salida máxima de los audífonos.	50
Tabla 14. Correlación entre variables de amplitud y latencia respecto al PTA, ganancia de los audífonos y salida de los audífonos.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema general de la vía Auditiva Central. Fuente: Tomado de Hernández y Polanco (2014).	17
Figura 2. Esquema ascendente del Sistema auditiva central, hasta corteza auditiva, ubicada en la Cisura de Silvio. Fuente: Tomado de Lanza, Lanza, F., Lanza, R., Matute Lanza, y Matute (2010). 20	20
Figura 3. Sistema de vías eferentes cortico-coclear. Fuente: Tomado de Terrenos et al. (2013).....	21
Figura 4. MMN: diferencia entre estímulo estándar y discrepante. A: la presencia de MMN al estímulo discrepante. B: Obtención de MMN al restar estímulos. Fuente: Tomado de Carrasco <i>et al.</i> (2008). 26	26
Figura 5. Distribución de género de participantes evaluados con y sin audífonos.....	40
Figura 6. Distribución de edad de participantes evaluados con y sin audífonos.	40
Figura 7. Características de la pérdida auditiva de los participantes evaluados con y sin audífonos. 41	41
Figura 8. Características de las ayudas auditivas de los participantes evaluados con y sin audífonos.	41
Figura 9. Bosquejo del registro de la Prueba. Fuente: Tomado de Arévalo y Pineda (2016).	37
Figura 10. Montaje de electrodos para grabación de ABR. Fuente: Modificado de Manual de uso ES Eclipse. Interacoustics® (2015).	37
Figura 11. Registro de los potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN con auriculares TDH 39 (Monoaural), en sujeto normal.	43
Figura 12. Registro de los potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN a campo libre (Binaural), en sujeto normal.	44
Figura 13. Latencia P1 con audífonos Vs sin audífonos.	46
Figura 14. Latencia N1 con audífonos Vs sin audífonos.....	46
Figura 15. Latencia P2 con audífonos Vs sin audífonos.	46
Figura 16. Amplitud P1-N1 con audífonos Vs sin audífonos.....	47
Figura 17. Amplitud N1-P2 con audífonos Vs sin audífonos.....	47
Figura 18. Latencia MMN con audífonos Vs sin audífonos.....	47
Figura 19. Amplitud MMN con audífonos Vs sin audífonos.....	47

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario de Abreviaturas	61
Anexo 2. Glosario de Términos Técnicos	62
Anexo 3. Consentimiento Informado	63
Anexo 4. Graficas MMN sin y con Audífonos en los Sujetos Estudiados.....	64

.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años ha existido la necesidad de estudiar cómo responden las estructuras cerebrales a la información que llega desde las diferentes vías sensoriales que tiene el ser humano. Estudiar cómo se transportan y procesan los estímulos auditivos, desde la percepción del sonido hasta la decodificación en la zona cerebral encargada, ha sido objeto de diferentes investigaciones.

Hernández y Polanco (2014), cuentan como viaja la información por medio de estructuras complejas y organizadas que hacen parte del sistema nervioso central, lo que se denomina como la vía auditiva central, la cual se encarga de llevar la información desde el ganglio espiral del órgano de Corti, hasta el lóbulo temporal en la corteza auditiva. En estados de alteración de este sistema auditivo, ya sea desde la captación del sonido o en su recorrido hasta la corteza pueden verse afectadas grandes situaciones cotidianas del desarrollo del ser humano.

Gómez *et al.* (2006), describe la pérdida auditiva como la reducción en la sensibilidad del sistema auditivo para escuchar sonidos, y para lograr ser percibidos, estos deben ser de una mayor intensidad a la normal, creándose la necesidad de encontrar un tipo de mecanismo que amplifique. Las pérdidas auditivas han sido una de las dificultades que el hombre ha tenido que enfrentar por muchos años, y en busca de mejorar calidad de vida y favorecer la adquisición y desarrollo de la comunicación y otras habilidades propias del sistema auditivo, se creó el uso de ayudas auditivas de amplificación, dentro de las cuales encontramos los audífonos. La misma autora define a un audífono como un sistema básico de comunicación portátil.

Delgado, Zenker y Barajas (2002), ven al audífono como un elemento cuya finalidad principal es lograr que el individuo tenga un nivel de escucha donde pueda mantener una conversación cómoda e inteligible.

Algunas pruebas como los Potenciales Evocados Auditivos han sido desarrolladas para evaluar cómo responde la vía auditiva ante estímulos sonoros, detectar pérdidas auditivas y predecir el posible sitio de lesión.

Cañete (2014) indica que los Potenciales Evocados Auditivos nos permiten evaluar la función auditiva con el registro de latencia o tiempo de aparición de respuestas, valores que clasifican a este tipo de estudio en tres grandes grupos: potenciales de latencia corta, media y tardía.

Para efectos de este trabajo investigativo y teniendo en cuenta que existe poca información científica que relacione como son interpretadas a nivel cortical las señales acústicas en pacientes con pérdidas auditivas usuarios de audífonos, son de gran utilidad los potenciales de latencia tardía, en especial el potencial de disparidad también denominado *Mismatch Negativity (MMN)*.

Según Näätänen, Paavilainen, Rinne y Alho (2007), esta prueba aporta información acerca de la comprensión de los procesos cerebrales que forman el sustrato biológico de la percepción auditiva central, la memoria auditiva y procesos de control de la atención para la información sensorial auditiva.

Carrasco, Pavez, Paul y Délano (2008), determinaron que el potencial de disparidad es utilizado enfáticamente para el estudio a nivel cortical de la discriminación de tonos y fonemas del lenguaje, lo que nos permite ver cómo reacciona la corteza auditiva ante los estímulos que recibe a través de un mecanismo de amplificación auditiva.

Escera (1997), nos explica que los MMN dan información sobre el estado a nivel de la corteza cerebral, permitiendo determinar la presencia de algún tipo de dificultad auditiva, asociada a alteraciones en la percepción del lenguaje. Kraus *et al.* (1993) también hacen énfasis en la relación estrecha que tienen los MMN con el estudio de las capacidades perceptivas del habla en usuarios con trastornos auditivos y que permiten determinar la efectividad de las diferentes ayudas auditivas y monitorear el progreso en la rehabilitación de estos usuarios.

Por lo anterior, describir los resultados de los potenciales evocados auditivos de la negatividad de la discordancia (MMN) en adultos usuarios de ayudas auditivas, nos brinda mayor información acerca de este proceso cerebral complejo y aporta significativamente al favorecimiento y monitoreo de la rehabilitación con ayudas auditivas, el pronóstico y el tratamiento. Los MMN se perfilan como una nueva alternativa electrofisiológica, útil en la labor del Audiólogo con personas quienes presentan pérdida auditiva, usuarias de audífonos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

No existe suficiente evidencia científica relacionada con la interpretación de las señales acústicas a nivel cortical en sujetos con pérdidas auditivas usuarios de ayudas auditivas. El sonido amplificado por dispositivos electrónicos cambia sus características naturales y aunque los algoritmos tecnológicos tratan de privilegiar las señales del habla sobre las del ruido, utilizando clasificadores de espectro en los micrófonos, no sabemos cuáles pueden ser los efectos de los distintos filtros acústicos utilizados, sobre el procesamiento cortical de las señales sonoras transmitidas por estos aparatos. Siendo los Potenciales de la Negatividad de la Discordancia (MMN) un instrumento que nos permite estudiar una respuesta específica del sistema auditivo, ya que refleja la operación a nivel cortical relacionada con la discriminación de estímulos auditivos y del habla, el rastreo de las latencias de los potenciales auditivos corticales MMN, puede ayudar a responder interrogantes relacionados con este tema.

De acuerdo a la situación problemática anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características de los potenciales evocados auditivos de la negatividad de la discordancia (MMN) en adultos con pérdida auditiva, cuando la señal auditiva se capta a través de ayudas auditivas electroacústicas?

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir los potenciales evocados auditivos de la negatividad de la discordancia (MMN) en adultos usuarios de ayudas auditivas.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros normativos de amplitud y latencia de los MNN para el equipo utilizado, evocados con estímulos tonales, en adultos normo oyentes.
- Determinar los valores de amplitud y latencia de los MNN, evocados con estímulos tonales, en adultos usuarios de ayudas auditivas.
- Identificar las posibles diferencias de los MNN en los sujetos usuarios de ayudas auditivas con y sin audífonos, respecto a la normativa y las características de los audífonos.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La comunicación cotidiana requiere que el sistema auditivo centre la información relevante entre los sonidos competitivos. Según Wonga *et al.* (2009), el porcentaje de personas que se queja de la dificultad de entender el habla, especialmente en ambientes auditivos desafiantes, está aumentando. De acuerdo con Moore (2002), en las pérdidas auditivas con perfil descendente hacia frecuencias agudas, bien conocidas secundarias a compromiso en el sistema auditivo periférico, el éxito de la percepción del habla depende de procesamiento de sonido a nivel subcortical y cortical. Los Potenciales Evocados Auditivos (PEA) son utilizados para estudiar niveles centrales de la vía auditiva. A nivel cortical encontramos los MMN que permiten explorar las funciones cognitivas, tales como la percepción auditiva, la atención, la discriminación de estímulos auditivos y la memoria sensorial. Tal como lo explica Escera (1997), diversas investigaciones de los MMN han dejado al manifiesto el estado a nivel de la corteza cerebral en pacientes con algún tipo de dificultad auditiva, relacionándolos con fallas en la percepción del lenguaje.

Identificar los MMN en sujetos con pérdidas auditivas amplificadas proporciona una oportunidad para evaluar el papel de las estructuras auditivas centrales en el procesamiento de estímulos acústicos. Como lo menciona el estudio de Kraus *et al.* (1993), los MMN son una herramienta prometedora para evaluar la base neurofisiológica de las capacidades de discriminación del habla. Por lo que los MMN pueden proporcionar una herramienta objetiva para evaluar el desempeño de

pacientes con ayudas auditivas e identificar cómo el cerebro discrimina parámetros acústicos codificados a través de las ayudas auditivas.

En nuestro medio se cuenta con equipos de potenciales evocados auditivos dotados con los programas MMN que no están siendo utilizados, por lo cual nos enfrentamos a tecnologías de alto costo, parcialmente empleadas. Es importante aprovechar estas herramientas tecnológicas para mejorar la atención integral de quienes consultan para atender necesidades comunicativas derivadas de las pérdidas auditivas, contando con evidencias clínicas derivadas de bases científicas, soportadas por investigación.

2.4 VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables de estudio propuestas se definen operacional y conceptualmente en la tabla 1, para facilitar posteriormente el análisis de los resultados.

Tabla 1. Definición conceptual y operacional de las variables en estudio

NOMBRE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
VARIABLES INDEPENDIENTES		
AYUDAS AUDITIVAS	Staab (2002) describe los audífonos como dispositivos compuestos de micrófono, amplificador, receptor y una fuente de energía; en donde el proceso se inicia cuando las ondas sonoras, son transducidas en formas de ondas eléctricas por el micrófono del audífono y son amplificadas por el circuito electrónico. Las ondas amplificadas son transducidas nuevamente hacia ondas sonoras, y llevadas hacia el oído por el receptor.	Se mide: - Modelo de audífono (BTE, CIC), - Marca (SIEMENS, BERNAFON, HANSATON). - Matriz: Ganancia (dB SPL) y potencia (M, P).
VARIABLES DEPENDIENTES		
MMN	De acuerdo con Näätänen, Gaillard, y Mäntysalo (1978), la negatividad de la	Se mide:

	<p>discordancia (MMN) es una respuesta eléctrica del cerebro (un componente negativo del potencial relacionado con el evento, Potencial Evocado al Evento-ERP) a cualquier cambio discriminable (raro) en una secuencia repetida de estimulación auditiva (frecuente).</p>	<p>- Latencia en milisegundos, del pico negativo (MMN) resultado de la diferencia de las ondas del estímulo frecuente y el estímulo raro, sin y con ayuda auditiva.</p> <p>-Latencias previas al pico negativo, ARL picos positivos P1, P2, pico negativo N1 en msg, sin y con ayuda auditiva.</p> <p>-Amplitud en mV del componente del ARL y MMN.</p>
VARIABLES INTERVINIENTES		
<p>EDAD CRONOLÓGICA</p>	<p>Es la edad que va desde el nacimiento hasta la edad actual de la persona. Se relaciona con el número de años cumplidos (Mier, 2006).</p>	<p>Se mide con la historia clínica, registrando la fecha de nacimiento, del documento de identidad.</p>
<p>GÉNERO</p>	<p>Según la Organización Mundial de la Salud (2015), el género se refiere a las características de las mujeres y los hombres definidas por la sociedad, como las normas, los roles y las relaciones que existen entre ellos.</p>	<p>Se mide con la historia clínica, tomando el registro del documento de identidad. Registrado como masculino o femenino.</p>
<p>PÉRDIDA AUDITIVA</p>	<p>Según la Organización Mundial de la Salud (2015), Se dice que alguien sufre pérdida de audición cuando no es capaz de oír tan bien como una persona cuyo sentido del oído es normal, cuyo umbral de audición en ambos oídos es igual o superior a 25 dB HL.</p> <p>Según la American Speech Language Hearing Association (2016), la pérdida de audición se describe de acuerdo a tres aspectos: tipo de pérdida de audición, grado de la pérdida de audición y configuración de la pérdida de audición. Además, unilateral, bilateral; simétrica o asimétrica; progresiva o súbita; fluctuante o estable.</p>	<p>Se mide con la historia clínica, tomando el resultado de la audiometría tonal.</p> <p>Se mide el tipo de pérdida auditiva (conductivo, neurosensorial o mixto); el grado (leve, moderado o severo); el perfil (pérdida unilateral o bilateral; simétrica o asimétrica), el PTA para frecuencias conversacionales en dB HL (500, 1000, 2000 y 3000 Hz).</p>

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Antecedentes de Investigación

Debido a la utilidad clínica que han mostrado los MMN, a continuación se revisan las principales investigaciones en este campo, las cuales se han basado en explorar las funciones cognitivas, tales como la percepción auditiva, la atención, la discriminación de estímulos auditivos y la memoria sensorial.

Kraus *et al.* (1993), contemplan los MMN para la valoración de las capacidades perceptivas del habla en pacientes con diferentes trastornos auditivos, así como para la valoración de la efectividad de diferentes ayudas auditivas (audífonos, implantes cocleares), junto con el seguimiento de los progresos en la rehabilitación de niños y adultos con discapacidades auditivas o pacientes afásicos.

Escera (1997), explica que los MMN reportan el estado a nivel de la corteza cerebral, lo que permite identificar la presencia de algún tipo de dificultad auditiva, relacionada con fallas a nivel de percepción del lenguaje. Esta investigación presenta resultados relevantes en la actualidad, puesto que permite tomar esta prueba como base dentro del tratamiento auditivo-comunicativo del paciente.

Kelly, Purdy y Thorne (2005), encontraron que al comparar la respuesta MMN provocada por los fonemas del habla y el rendimiento de la percepción del habla entre usuarios con implante coclear y pacientes sanos de control, existe estrecha relación entre estos, puesto que las respuestas obtenidas son similares, sin encontrarse variaciones significativas.

Zhang *et al.*(2011), realizaron un análisis comparativo entre una población con implante coclear y pacientes control. Refirieron no existir diferencias significativas entre estos dos grupos en latencia y pico de los MMN, sin embargo, las respuestas MMN se encontraron ausentes en pérdidas severas. Esto los llevó a sugerir que, en las sorderas a largo plazo, la memoria auditiva y la comprensión, pueden verse alterada en los pacientes con implante coclear. De la misma manera resaltan una estrecha relación entre las funciones cognitivas de memoria de trabajo y la comprensión del lenguaje hablado, encontrándose estos más pobres en aquellos

pacientes implantados coclearmente, debido a que se ve comprometida la codificación de los estímulos necesarios para una correcta comprensión.

Cai *et al.* (2015), investigaron los trastornos auditivos en individuos con diferentes condiciones bilaterales de audición, para discriminar fuentes auditivas espaciales en la línea media y posiciones laterales. Exploraron los mecanismos centrales de procesos cognitivos, midiendo el ángulo mínimo audible (MAA) y la respuesta potencial de disparidad (MMN). Un resultado muy importante, fue encontrar reducidas significativamente las amplitudes y latencias prolongadas de la MMN en los grupos de pérdida auditiva en comparación con el grupo de audición normal. Estos hallazgos sugieren que las habilidades de discriminación espacial en la línea media y las posiciones laterales varían notablemente en las distintas condiciones de audición. Una amplitud MMN reducida y una latencia prolongada, junto con activaciones corticales bilateralmente simétricas indican posibles cambios compensatorios corticales asociados con la mala conducta de discriminación espacial en individuos con pérdidas.

3.2 Antecedentes Teóricos

3.2.1 Vía Auditiva Central

Según Burkard, Eggermont y Don (2007), la vía auditiva central que lleva la información desde la cóclea hasta la corteza auditiva en el lóbulo temporal y viceversa, es un sistema complejo de diversas estructuras organizadas y sistemáticas que transportan la información de manera precisa a través de neurotransmisores y sinapsis neuronal.

Como lo describe Hernández y Polanco (2014), la vía auditiva central tiene su inicio en las neuronas primarias del ganglio espiral del órgano de Corti (GEC), que extiende sus axones por el nervio auditivo hasta el núcleo collear; la información que llega hasta aquí cruza hasta el complejo olivar superior (COS). En esta decusación se da la binauralidad, dando lugar a la localización espacial del sonido. La transmisión continúa por el lemnisco lateral y colículo

inferior, hasta llegar a los núcleos geniculados mediales en el tálamo; de este punto, parte a la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal (Ver figura 1).

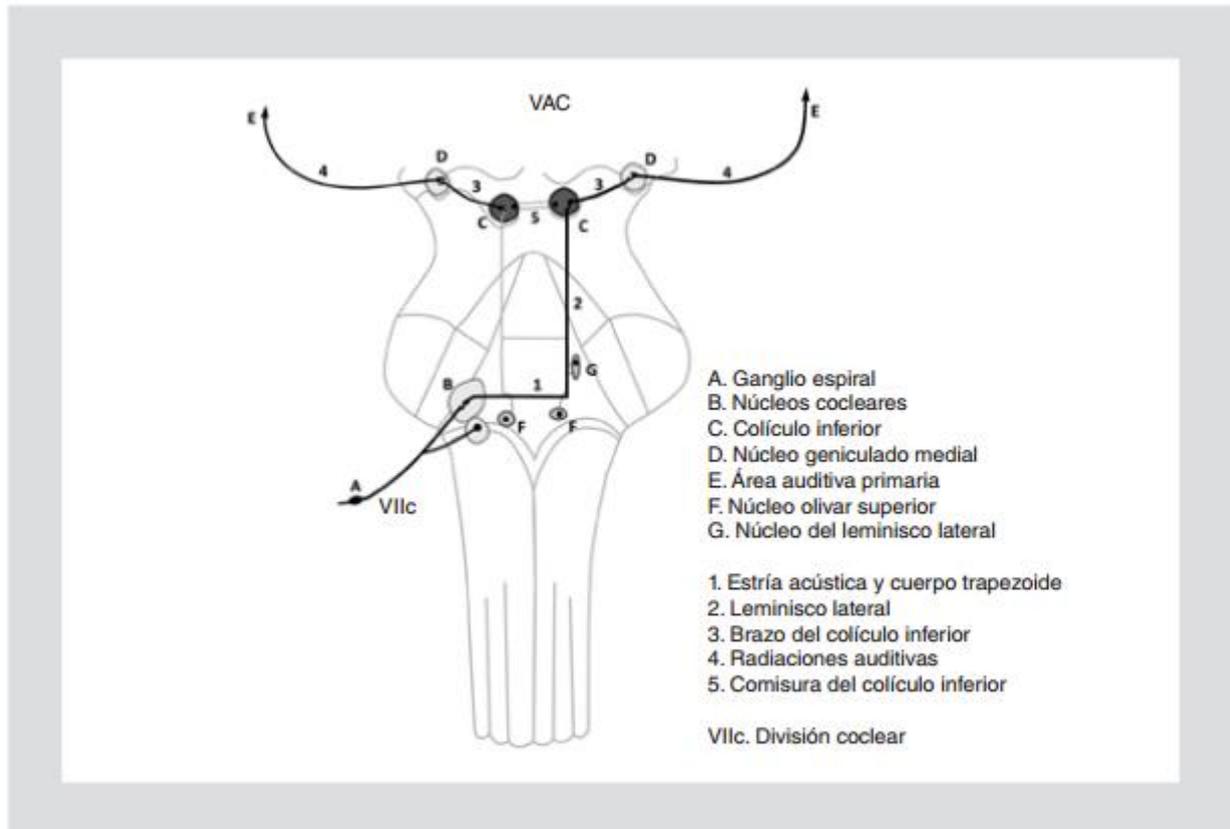


Figura 1: Esquema general de la vía Auditiva Central. Fuente: Tomado de Hernández y Polanco (2014).

3.2.1.1 Vía Auditiva Aferente

Rivas y Ariza (2007), explican que la vía auditiva aferente inicia en la periferia hasta llegar a la corteza; siguiendo un orden estricto de estructuras que la componen, que son las que permiten la trasmisión de la información recibida; en este sentido encontramos el ganglio espiral, los núcleos cocleares (NC), el complejo olivar superior (COS), el lemnisco lateral (LL), el colículo inferior (CI), el cuerpo geniculado medial (CGM) de tálamo y la corteza auditiva.

3.2.1.1.1 Núcleos Cocleares (NC)

Según Hernández y Polanco (2014), los núcleos cocleares son el primer lugar del sistema nervioso central donde se realiza el relevo de la información acústica que llega del nervio auditivo a través de sinapsis. Este núcleo se divide en tres porciones;

el anteroventral (NAV) el posteroventral (NPV) y el dorsal (ND). En el núcleo dorsal se encuentran cinco tipos de células; las fusiformes, radiadas, en abanico, en carreta y células estrelladas pequeñas. Las células de esta sección envían sus axones dentro de la estría acústica dorsal donde se cruzan hacia la línea media para llegar a la porción medial del lemnisco lateral; otra sección de los axones, llega hasta los núcleos dorsales del lemnisco lateral y el colículo inferior.

Acorde con Rivas y Ariza (2014), Los núcleos cocleares cumplen una división funcional dentro de la vía auditiva; puesto que los NV mantienen el mensaje del nervio auditivo especialmente el NAV; esta porción extrae información especial del COS; y parte del ND envía información a la porción más alta del lemnisco lateral y el colículo inferior. Estos autores mencionan que el ND cumple una función inhibitoria del ruido, lo que hace más fácil la percepción del tono.

3.2.1.1.2 Complejo Olivar Superior (COS)

Rivas y Ariza (2014), explican que en esta sección se da la binauralidad de la información, permitiendo la localización espacial de los sonidos, analizando además las características de intensidad y tiempo interaural. Este complejo esta subdividido en tres porciones fundamentales las cuales se denominan complejo olivar lateral, medial y trapezoide.

Para Hernández y Polanco 2014, desde el complejo olivar medial salen fibras bilaterales que envía información hacia la parte medial del lemnisco lateral; el complejo olivar lateral envía fibras homolateralmente hacia la porción lateral del lemnisco lateral para terminar en el núcleo dorsal del lemnisco lateral y algunas de las fibras llegan al colículo inferior Este complejo olivar superior tiene la función de la localización sonora.

3.2.1.1.3 Lemnisco Lateral (LL)

Hernández y Polanco (2014), relatan que el lemnisco lateral comienza en la unión de los axones de los NC y el COS, ascendiendo a través del pontino lateral y finalizando en el CI. En el LL encontramos axones en diferentes sentidos, ascendentes y descendentes; las cuales se entrecruzan entre sí. Las

ascendentes incluyen las fibras que provienen del NC, COS y originadas en el propio LL, las cuales llegan hasta el colículo inferior; aunque algunas suben hasta el colículo superior y otras hasta el cuerpo geniculado medial. Dentro del lemnisco lateral se encuentran tres núcleos los cuales se denominan según su posición, en ventral, intermedio y dorsal. El área ventral recibe axones contralaterales del núcleo coclear y envía ipsilateralmente información hacia el colículo inferior y una pequeña porción menor envía contralateralmente hasta el colículo inferior. La sección medial envía información ipsilateral a colículo inferior y posiblemente al cuerpo geniculado medial. El lemnisco dorsal envía información tonotópica al colículo inferior y bilateralmente hacia el colículo superior y en secciones menores envía fibras al cuerpo geniculado medial y dorsal.

3.2.1.1.4 Colículo Inferior (CI)

Rivas y Ariza (2014), describen que en el colículo inferior se encuentran neuronas activas por estimulación auditiva y somestésicas las cuales pueden participar en la coordinación de movimientos permitiendo el desplazamiento hacia la fuente sonora. Este se encuentra ubicado en el mesencéfalo, sitio donde converge la vía auditiva. El colículo inferior es considerado como una estación de gran sinapsis para la gran mayoría de las fibras auditivas aferentes, las cuales ayudan al procesamiento auditivo del tronco cerebral. El núcleo central del CI recibe fibras auditivas eferentes, pero la información que se envía hacia la corteza y núcleos paracentrales también recibe información somatosensoriales descendentes.

3.2.1.1.5 Cuerpo Geniculado Medial (CGM)

Para Rivas y Ariza (2014), este es un centro de nivel alto de integración ya que en este se producen cambios sinápticos activadores e inhibidores que permiten el paso de a información de manera organizada, este núcleo geniculado hace combinaciones con el colículo inferior de toda información multisensorial recibiendo información vestibular, somestésicas y visuales.

Hernández y Polanco (2014), explican que este núcleo es un relevo hacia la corteza auditiva; que consta de tres divisiones, donde las proyecciones más lejanas de CI suben hasta el núcleo geniculado medial y de aquí parten hacia el colículo

superior y hacia otros centros neuronales más bajos. La parte más inferior del núcleo geniculado medial tiene pequeños cuerpos neuronales que transmiten información hacia la corteza auditiva primaria; la porción anterior tiene su fin en la porción rostral de la corteza auditiva primaria y la porción posterior en la sección caudal de la corteza auditiva.

3.2.1.1.6 Corteza Auditiva

Rivas y Ariza (2014), nos relatan que la corteza auditiva está ubicada en el giro temporal, superior sobre la cisura de Silvio, campo que corresponde a las zonas de Broadman 41 y 42 y se encuentra dividida en corteza auditiva primaria y corteza auditiva secundaria. Las neuronas de la corteza auditiva primaria responden a las altas y bajas frecuencias; estudios realizados han demostrado que esta es una actividad compleja que en donde participan redes neuronales. Muchas de las neuronas responden a la estimulación binaural y otras son sensibles a la estimulación monoaural. Esta se analiza y se procesa la información recibida desde la periferia (Ver figura 2).

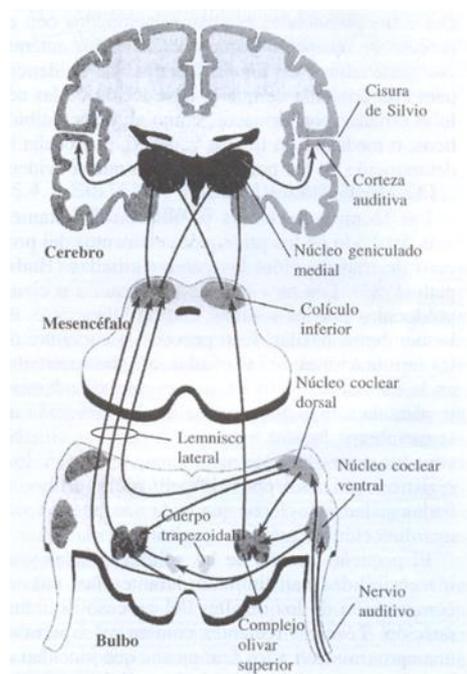


Figura 2. Esquema ascendente del Sistema auditiva central, hasta corteza auditiva, ubicada en la Cisura de Silvio. Fuente: Tomado de Lanza, Lanza, F., Lanza, R., Matute Lanza, y Matute (2010).

3.2.1.1.7 Vía Auditiva Eferente

Según Terreros, Wipe, León, Paul y Délano (2013), está dividida en tres principales estructuras, denominadas fascículo olivococlear cruzado, fascículo olivococlear no cruzado y fascículo reticulococlear. Tras la unión de estos tres se da origen al fascículo de Rasmussen; es muy poco descrita la función de esta vía eferente, pero la información que se tiene es que esta realiza un proceso de retroalimentación por las CCE ayudando en el proceso de amplificación coclear y participando en un proceso conocido como teoría cíclica de la audición. La vía eferente se describe en la figura 3.

Las vías eferentes se proyectan a través de dos circuitos: el primero sinapta con neuronas del tálamo auditivo (cuerpo geniculado medial) y la segunda se dirige a otros núcleos subcorticales, tales como el colículo inferior, el núcleo coclear y el complejo olivar superior. En la parte medial de la oliva superior emergen fibras neuronales que proyectan de manera contralateral a la cóclea generando las fibras MOC, mientras que las fibras LOC inervan principalmente a las fibras ipsilaterales del nervio auditivo.

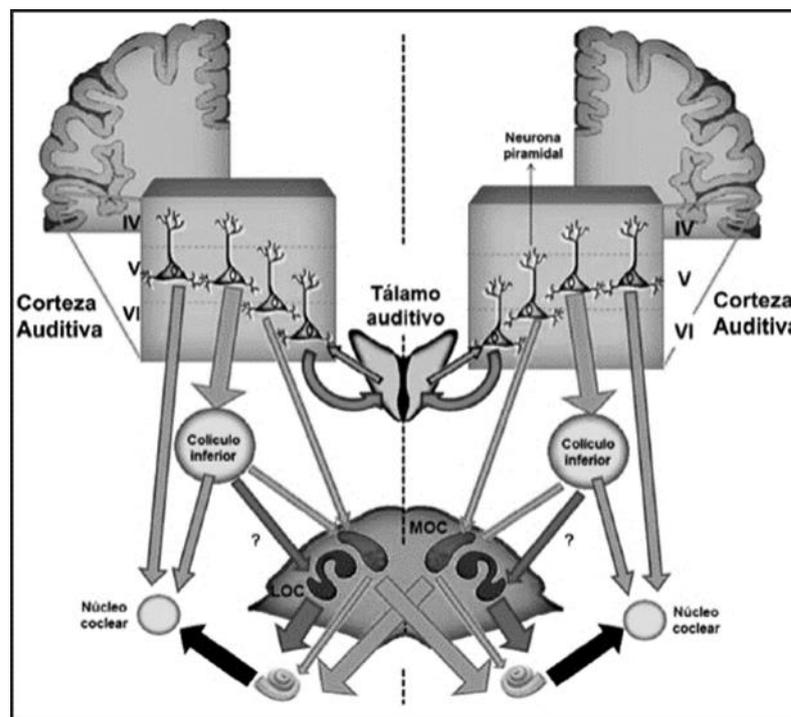


Figura 3. Sistema de vías eferentes cortico-coclear. Fuente: Tomado de Terrenos et al. (2013).

3.2.2 Potenciales Evocados Auditivos

Para comprender la historia de los potenciales evocados auditivos corticales de latencia larga, es importante realizar un recuento incluyendo adicionalmente a los de latencia corta y media. Al agrupar a los PEAs por latencias, los componentes estudiados en los de latencia temprana son: Ondas I, II, III, IV y V (Jewett y Willinston, 1971); En latencia media: Pa, Na, Nb y Pb; y en latencia tardía: P1, N1, P2 (Davis, 1979); P300 (Campbell, 1977) y el potencial de disparidad también denominado *mismatch negativity (MMN)* (Näätänen *et al.*, 1978).

Davis (1979) relacionan las ondas de los potenciales evocados de tallo cerebral, con sitios de origen en la vía auditiva, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Relación entre las ondas del PEATC y el sitio de origen. Según Davis (1979).

Onda	Sitio de Origen
I	Nervio Auditivo
II	Nervio Coclear
III	Núcleo Olivar Superior
IV	Núcleo ventral del lemnisco lateral
V	Colículo Inferior

Según Stach (1997) los Potenciales Evocados Auditivos (PEA) se clasifican según la aparición de la respuesta, en:

- Latencias cortas: 10 ms, órgano de Corti al tallo cerebral
- Latencias Media: 10 - 50 ms, sobre el tallo cerebral
- Latencias tardías: 50 - 500 ms, estructuras corticales.

Cañete (2014), expone las principales utilidades de estos diferentes potenciales; explica que aquellos de latencia temprana son utilizados frecuentemente para estimar umbrales auditivos y topodiagnóstico en lesiones que afectan el sistema auditivo. Los potenciales de latencia media permiten el

estudio de aquellas funciones auditivas centrales, además de esto son de gran utilidad para algunos estudios de neurodiagnóstico para el sistema nervioso central. Los potenciales de latencia larga, han sido de utilidad en el estudio objetivo de la discriminación auditiva de tonos y fonemas en poblaciones como en autismo, usuarios de implante coclear, así como índice para el pronóstico de recuperación en pacientes en coma. Es así como utilizando diferentes Potenciales Evocados Auditivos es posible estudiar niveles centrales de la vía auditiva.

3.2.2.1 Potenciales Evocados Auditivos de latencia corta y media

Weber y Bray (1930), fueron los primeros en realizar publicaciones acerca de las respuestas electrococleares (ECoG). Su investigación realizada en gatos arrojó información relevante en la actualidad acerca de la presencia de los microfónicos cocleares.

Jewett y Willinston (1971), realizaron potenciales auditivos de tallo cerebral (PEATC) en seres humanos, registrando respuestas a nivel subcortical y cortical. Esta actividad es representada en gráficos de ondas con números romanos, siendo cinco en total: Onda I, Onda II, Onda III, Onda IV y Onda V.

En cuanto a los Potenciales Evocados Auditivos de latencia media (AMLR) Hall (2007), los define como una actividad eléctrica evocada por un estímulo acústico, la cual es originada en las vías talamocortical, es decir, el tálamo, las fibras nerviosas y la corteza auditiva primaria. Tiene dos componentes: ondas de voltaje negativo (N) y ondas de voltaje positivo (P), las cuales se señalan alfabéticamente (Na, Pa, Nb, Pb).

3.2.2.2 Potenciales Evocados Auditivos Corticales (ARL)

Pratt y Lightfoot (2012), nos explican que los potenciales evocados auditivos de latencia larga (ARL) se observan entre los 50 y 300 ms. Esta respuesta se encuentra determinada por las características físicas y temporales del estímulo que la evoca (potencial exógeno). Este complejo se caracteriza por presentar tres componentes: P1 (alrededor de los 50 ms), N1 (alrededor de 100 ms) y P2 (entre los 150-200 ms), en sujetos adultos, ya que en los niños las latencias son mayores y se van acortando con la maduración.

Los generadores anatómicos en la corteza auditiva involucrados se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Generadores anatómicos de los diferentes componentes del complejo P1-N1-P2 de los PEAC. Fuente: Tomado de Cañete (2014).

Componente	Generador
P1	Primario: - Corteza auditiva primaria (Area de Heschl) Contribuciones: - Planum temporale - Hipocampo - Corteza temporal lateral - Areas neocorticales
N1	Principal: - Corteza auditiva primaria y secundaria
P2	Principal: - Corteza auditiva primaria y secundaria Contribuciones: - Sistema reticular

3.2.2.3 Potenciales de la negatividad de la discordancia (MMN)

Uno de los Potenciales Evocados Auditivos que se genera en la corteza auditiva, son los Potenciales Evocados Auditivos de la Negatividad de la Discordancia (MMN).

Según Näätänen *et al.* (1978); Näätänen, Pakarinen, Rinne y Takegata (2004), la negatividad de la discordancia (MMN) es una respuesta eléctrica del cerebro (un componente negativo del potencial relacionado con el evento, ERP) a cualquier cambio discriminable (desviado) en una secuencia repetida de estimulación auditiva (estándar). Este cambio distinguible puede ser de diferentes tipos: Frecuencia, duración, intensidad, localización de fuente de sonido, silencio en lugar de un tono o un fonema sustituido por otro.

Näätänen *et al.* (2007), reportan que el MMN permite llegar a un nuevo nivel de comprensión de los procesos cerebrales que forman el sustrato biológico de la percepción auditiva central, las diferentes formas de la memoria auditiva, así como los procesos de control de atención para el acceso de la información sensorial auditiva

Según los estudios realizados por Giard, Perrin, Pernier y Bouchet (1990); Alho (1995), los generadores anatómicos del MMN se encuentran bilateralmente en la corteza temporal. Además, hay pruebas de generadores en la corteza prefrontal, que suele ser más fuerte en el hemisferio derecho con los cambios de tono y en el hemisferio izquierdo con los cambios del lenguaje.

Según Näätänen *et al.* (1978), una característica importante del MMN es que puede ser detectado incluso cuando el sujeto no está prestando atención. El MMN se puede medir sin requisitos de tareas y se produce incluso cuando el sujeto realiza una tarea que no está relacionado con el estímulo. Näätänen (2000) nos relata que para evitar la superposición con otros componentes ERP, algunos autores argumentan que la mejor condición para observar un MMN es cuando la atención del sujeto se aleja del estímulo.

Sallinen, Kaartinen y Lyytinen (1994), relatan que el MMN puede ser obtenido con independencia de la atención, durante los estados no atento como el sueño, o incluso en estado de coma.

Carrasco *et al.* (2008) describen la prueba como una secuencia de estímulos auditivos, con características acústicas similares, los cuales van siendo alternados de manera aleatoria con otros estímulos que difieren en frecuencia, intensidad, duración, etc. Estos estímulos, tanto el estándar como el discrepante producen un potencial evocado sensorial (P1, N1 y P2), pero es el estímulo discrepante el que ocasiona un desplazamiento negativo. Los MMN se obtienen del resultado de la resta entre los potenciales promediados del estímulo estándar y los discrepantes (Ver figura 4).

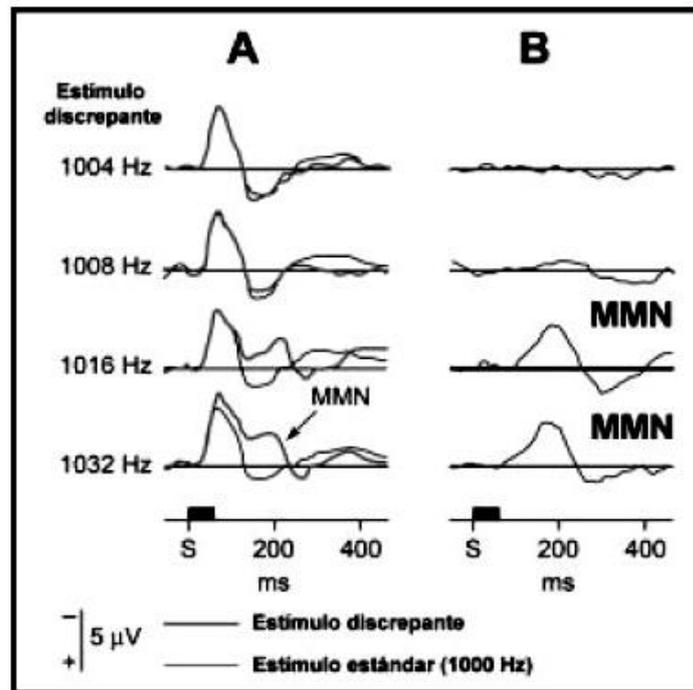


Figura 4. MMN: diferencia entre estímulo estándar y discrepante. A: la presencia de MMN al estímulo discrepante. B: Obtención de MMN al restar estímulos. Fuente: Tomado de Carrasco *et al.* (2008).

3.2.2.3.1 Ejecución de la Prueba

Gutarbay (2009), expone que para la ejecución del potencial se generan estímulos auditivos (tonos, fonemas, silabas, etc) por medio de auriculares, utilizando los estímulos estándares repetitivos e infrecuentes aleatorios. Las variaciones físicas del estímulo infrecuente que ocasionan un cambio en relación al estímulo estándar desencadena el MMN; cuyas respuestas son registradas por medio de electrodos de superficie. Durante la ejecución de la prueba los evaluados deben ignorar los estímulos auditivos y centrar su atención en otra actividad.

Escera (1997), destaca la importancia de la estandarización de los procedimientos para la obtención de los MMN, relacionados con las características del estímulo, tarea y estado de alerta de los sujetos, electrodos de registro y análisis de las ondas, etc. Este autor en sus articulo expone la estandarización sugerida por *Lang et al, 1995* y la obtenida por su experiencia,

las cual refleja en una tabla de valores de estándar para el registro de MMN, como se describe en la tabla 3.

Tabla 4. Parámetros de estandarizados para la obtención de MMN. Fuente: Modificado de Escera (1997).

	<i>ESTIMULOS</i>	
	<i>Estándar</i>	<i>Extraño</i>
<i>Número Mínimo</i>	<i>1000</i>	<i>250</i>
<i>Probabilidad</i>	<i>0.8</i>	<i>0.2</i>
<i>Frecuencia (Hz)</i>	<i>1000 Hz</i>	<i>1100 Hz</i>
<i>Duración</i>	<i>50ms</i>	<i>50ms</i>
<i>Intensidad</i>	<i>85 dB HL</i>	<i>85 dB HL</i>
	<i>ESTIMULACIÓN</i>	
<i>Intervalo entre estímulos (ISI)</i>	<i>Constante, cualquier valor entre 400 y 800 ms</i>	
<i>Presentación</i>	<i>Monoaural/Binaural</i>	
<i>Instrucciones al sujeto</i>	<i>Concentrarse en la lectura o video, e ignorar la estimulación auditiva</i>	
	<i>ADQUISICIÓN</i>	
<i>Época. Ventana o tiempo de adquisición.</i>	<i>500-600 ms, empezando 50-100 ms antes del inicio del estímulo</i>	
<i>Electrodos</i>	<i>F3, Fz, F4 LM (C3), Cz (C4), RM</i>	
<i>Referencia</i>	<i>Nasal</i>	
	<i>ANALISIS</i>	
<i>Onda diferencia</i>	<i>Substracción del PE por el estímulo estándar del PE por el estímulo extraño</i>	
<i>Valoración</i>	<i>Pico máximo negativo entre 150-250 ms en electrodos frontales y centrales</i>	
<i>Control</i>	<i>Inversión de polaridad en registro mastoideo</i>	

3.2.2.3.2 Aplicaciones clínicas de MMN

Carrasco *et al.* (2008), han propuesto el MMN como una herramienta para el estudio de diversas patologías neurológicas y auditivas, como se reporta en la tabla 4.

Tabla 5. Aplicaciones clínicas de los MMN. Fuente: Tomado de Carrasco et al. (2008).

- Evaluación objetiva del procesamiento auditivo central
- Evaluación de disfunciones fonológicas y auditivas en dislexia y trastorno específico del lenguaje
- Autismo
- Implante coclear
- Pronóstico en pacientes con traumatismo encéfalo craneano y coma
- Otras: Demencia tipo Alzheimer, enfermedad de Parkinson, esquizofrenia

Según Gurtubay (2009), los MMN se basan en la representación neuronal de las características físicas de los estímulos auditivos en la corteza auditiva primaria, comparados con los estímulos aferentes. La generación de la MMN se ha relacionado con la atención, la percepción auditiva, la discriminación automática de estímulos novedosos y la memoria sensorial auditiva, funciones que se hallan alteradas en diversas patologías neuropsiquiátricas. El potencial de disparidad resulta de gran utilidad para valorar las capacidades perceptivas del habla en pacientes con diversas patologías auditivas; realizar seguimiento y progreso continuo de la rehabilitación.

Escera (1997) menciona que la principal características del potencial de disparidad, es de ser origen endógeno, permitiendo de esta manera explorar la función cognitiva del cerebro, más allá de la actividad neuronal, relacionándolo de igual manera con la percepción auditiva, la discriminación automática y la memoria sensorial.

3.2.2.3.3 Estimulo “*Tone Burst*”

Miyara (2017) explica que el “*tone burst*” consiste en un tono puro (senoidal) limitado a un pequeño número de ciclos. Podría definirse como una onda senoidal modulada en amplitud por un “*click*”. Tiene más especificidad tonal que el “*click*”, aunque no contiene sólo una línea espectral de la frecuencia del tono puro. Así, un “*tone burst*” de 2 kHz que contenga sólo un semiciclo, se parecerá espectralmente más a un “*click*” que a un tono puro. Para evitar saltos bruscos derivados de una conmutación que no coincida con

un pasaje de la onda senoidal por 0, se suele utilizar la técnica denominada “*windowing*” (ventaneo). En esta técnica se reemplaza la modulación con un “*click*” por la modulación con una onda en forma de trapecio o similar, que asegura una transición más gradual.

Según Laukli (1983), los “*tone bursts*” son los más recomendados para registrar potenciales evocados auditivos, debido a que son más específicos en frecuencia que el estímulo “*click*” y sus espectros no dependen de la frecuencia del auricular. Algunas investigaciones como las de Kodera, Yamane, Yamada y Suzuki (1977) Munnerley, Greville, Purdy y Keith (1991); Purdy y Abbas (2002); y Stapells, (2000), realizadas para comparar los umbrales de tonos puros y los umbrales del potencial de tallo cerebral con el “*tone burst*”, indican que, al utilizar este último estímulo, se puede conocer el grado de la pérdida auditiva de manera precisa.

Sin embargo, en la actualidad para los PEATC, el estímulo “*Tone Burst*” ha sido reemplazado por el “*Tone Chirp*”, ya que Elberling y Don (2008) complementaron este estímulo, basado en ecuaciones que tienen en cuenta las propiedades mecánicas de la cóclea y en bandas derivadas de la latencia de PEATC en seres humanos. Autores como Cobb y Stuart (2016) muestran que con este estímulo las amplitudes de la onda V son mayores y las latencias son más cortas, siendo ideal para los potenciales de latencia corta.

Es importante aclarar, que para los potenciales evocados auditivos corticales el “*Tone Burst*” se sigue usando satisfactoriamente. Según Thomson, Goswami y Baldeweg (2009), a mayor tiempo de subida aumenta la fluctuación en el disparo neuronal y por consiguiente reduce la sincronía neural, lo que conduce a picos más amplios con menor amplitud, siendo ideal para este tipo de potenciales.

3.2.3 Ayudas Auditivas

González (2017) hace un breve relato de la historia y evolución de los audífonos, desde ser aparatos mecánicos a audífonos digitales:

Los primeros audífonos que emplearon electricidad para producir amplificación fueron introducidos en el siglo pasado. Algunos autores afirman que Alexander Graham Bell estaba intentando producir el audífono electrónico cuando desarrolló el

teléfono. El invento del teléfono ocurrió en 1876, la primera patente para usar este principio fue obtenida en 1880, y el primer audífono fue hecho en 1903. En 1947 se modernizó la tecnología de los audífonos en los laboratorios Bell, desarrollando transmisores pequeños que podían ser colocados encima o detrás de las orejas. En 1954 se empleó la “audiogafa” y desde allí fueron ganando relevancia los retroauriculares y a partir de los años 60 se inició el desarrollo de los audífonos intracanales. Hear-it en 1999, hace referencia a que la aparición de los audífonos digitales estuvo acompañada de tecnología poco práctica alrededor de los 80; sin embargo, diez años después estos dispositivos digitales se convirtieron en un éxito debido a la practicidad que alcanzaron para estar bien situados detrás de la oreja o en su interior.

Beaglehole, Bonita y Jellstrom (1994) definen que algunas pérdidas auditivas son por causas centrales, provocando interrupción en el paso del sonido al cerebro: lo que ocasiona que la corteza cerebral temporal reciba información incorrecta o puede estar procesada inadecuada.

Fayad, Linthicum, Otto, Galey y House, (1991) y Blamey (1997), indican que el rendimiento de las habilidades del procesamiento auditivo se correlaciona con la duración de la sordera, la edad de inicio de la sordera (pre, peri o post-lingual), la etiología de la sordera y el número de células ganglionares espirales restantes.

Según Delgado *et al.* (2002), una de las metas en el campo clínico es alcanzar un nivel de escucha del habla, cómodo e inteligible. Para lograr este objetivo se han creado señales de referencia basadas en el promedio del espectro del habla, para poder evaluar la ganancia de los audífonos. El género, la edad, la localización del micrófono o el habla misma, son variables que influyen en el registro de esta medida.

Staab, W. (2002) describe a los audífonos como dispositivos que tienen como función amplificar el sonido. Este sistema consta de un micrófono, un amplificador, un receptor y una fuente de energía; en donde el proceso se inicia cuando las ondas sonoras, son transducidas en sus correspondientes formas de ondas eléctricas (energía eléctrica) por el micrófono del audífono y son amplificadas por el circuito electrónico del audífono; a través de la utilización

de energía eléctrica adicional suministrada por una batería. Las ondas amplificadas son transducidas nuevamente hacia ondas sonoras, cada vez más intensas que aquellas que inicialmente llegaron al micrófono, y llevadas hacia el oído del usuario por el receptor.

Para Gómez *et al.* (2006), las pérdidas auditivas se caracterizan por la reducción en la sensibilidad del mecanismo auditivo; por lo tanto, los sonidos tienen que ser de intensidad mayor a la normal para que puedan ser percibidos. Refiriendo además que la primera ayuda auditiva fue aquella en la que el hombre buscó colocar su mano detrás de la oreja en forma de concha con el único objetivo de concentrar el sonido y alcanzar una mayor amplificación.

Rivas y Ariza (2007) refieren que los trastornos auditivos limitan o impiden la posibilidad de comunicación oral; la cual es una de las funciones más básicas del ser humano, llevando consecuencias negativas según el grado y tipo de pérdida auditiva, la adquisición y desarrollo del lenguaje oral, expresivo y comprensivo, social y emocional.

Hoy en día los audífonos digitales suponen una gran diferencia en la calidad de vida de las personas con dificultades auditivas, puesto que permiten el desarrollo de una vida prácticamente normal, permitiendo las relaciones interpersonales y el desarrollo de habilidades comunicativas y de aprendizaje.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

El presente estudio se enmarca dentro del paradigma **cuantitativo**, por el uso de una prueba avanzada de audiología clínica que se mide con escalas numéricas. Se considera como el más efectivo para el tipo de análisis numérico, estadístico y descriptivo que se pretende realizar a partir de medidas estadísticas (promedios aritméticos, tendencia central, porcentajes, media, valores mínimos y valores máximos y desviación estándar) (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Se usa un método **descriptivo**, que documenta los posibles efectos del estímulo sobre los MMN en usuarios de ayudas auditivas (Salkind, 1999).

Además, se utiliza una técnica **retrospectiva** documental, ya que se realiza recolección de datos de los participantes en la historia clínica virtual de la NUBE, de Audiocom IPS (Institución prestadora de servicios de salud audiológicos) (Doménech, 2008).

4.2 Población

En primer lugar, para describir las variaciones de las respuestas de acuerdo al estímulo y establecer la normativa del equipo, de forma binaural, se examinó un grupo de control conformado por 10 sujetos, con integridad de la vía auditiva periférica, sin antecedentes otoneurológicos, utilizando registros monoaurales con transductor de diadema TDH.

Posteriormente, se estableció la normativa de la prueba a campo libre con transductor de parlante (binaural), con la participación de otros 10 sujetos con las mismas condiciones normales. Para verificar la integridad de la vía auditiva periférica, los 20 participantes contaron con la evaluación audiológica básica: Historia clínica, otoscopia (Pabellón auricular, conducto auditivo externo y membrana timpánica íntegros), audiometría tonal (Umbrales auditivos menores a 20 dB HL, sin GAP óseo-

aéreo), inmitancia acústica (Tipo A bilateral) y logaudiometría tradicional (Curva logaudiométrica normal que concuerda con el audiograma).

En segundo lugar, con el fin de caracterizar y describir los MMN en sujetos con pérdida auditiva usuarios de ayudas auditivas, la muestra en estudio fue seleccionada por censo a conveniencia, entre todos los adultos que acudieron a la IPS Audiocom usuarios de audífonos. Estos usuarios se identificaron en la historia clínica virtual de la NUBE, asistieron a control y verificación de sus ayudas auditivas de septiembre a diciembre de 2016 y fueron seleccionados entre quienes desearon participar voluntariamente y firmaron el consentimiento informado para cumplir con las restricciones éticas, propias de estudios en seres humanos. El censo se depuró con los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 6. Criterios de Inclusión y Exclusión.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes mayores de 18 años y menores de 75 años. • Usuarios con pérdidas auditivas bilaterales neurosensoriales, moderadas a severas. • Usuarios de amplificación auditiva bilateral por vía aérea. • Pacientes con monitoreo de sus ayudas auditivas satisfactorio (Ganancia funcional con optimas respuestas de amplificación), de los últimos 6 meses. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adultos mayores de 75 años, jóvenes y niños menores de 18 años. • Pacientes con pérdidas auditivas leves y profundas, conductivas o mixtas. • Pacientes los cuales uno de sus audífonos se encontrara sin funcionamiento. • Usuarios sin monitoreo de ayudas auditivas en los últimos 6 meses o sin respuestas satisfactorias en la ganancia funcional.

4.3 Recursos

4.3.1 Técnicos:

Los equipos utilizados para evaluar a los sujetos estudiados fueron:

- Otoscopio marca Welch Allyn.
- Cabina sonoamortiguada, audiómetro e Impedanciómetro marca interacoustics.

- Analizador de audífonos Affinity de Interacoustics.
- Equipo de potenciales evocados auditivos modelo Eclipse, marca Interacoustics, con transductores TDH 39 y parlante Active Speaker SP90A de la marca RadioEar, electrodos de superficie con recubrimiento de oro. Crema abrasiva Nupred y conductora Ten 20, cinta micropore, sillón, escritorio, Ipad para controlar la atención del sujeto evaluado y silla del evaluador.
- Computadores con software audiológico del equipo de potenciales (OtoAccess) y sistema de historia clínica virtual de la NUBE, de Audiocom, institución prestadora de servicios de salud (IPS).
- Ayudas auditivas de conducción aérea, modelos retroauriculares de receptor en la carcasa (BTE) y hechos a la medida (CIC), marcas Siemens, Bernafon y Hansaton.

4.3.2 Locativos:

El registro de las pruebas fue realizado en las instalaciones de la Audiocom (IPS), institución prestadora de servicios de audiología clínica, sede Bogotá, en el consultorio de electrofisiología auditiva y en la cabina sonoamortiguada.

4.4 Procesos

El estudio fue realizado en varias etapas:

- a) Revisión de fuentes bibliográficas.
- b) Elaboración de antecedentes teóricos, investigativos y marco legal.
- c) Elaboración del censo de pacientes con ayudas auditivas de Audiocom IPS: Septiembre-Diciembre 2016. Depuración del censo y selección de la muestra a conveniencia. Firma de los consentimientos informados.
- d) Ejecución de normativas (Binaural y Monoaural).
- e) Ejecución de las pruebas de valoración a sujetos en estudio, con y sin ayudas auditivas.
- f) Evaluación técnica del rendimiento de los audífonos por medio del analizador de audífonos Affinity de Interacoustics.

- g) Análisis estadístico de los resultados obtenidos en los programas computacionales Excel, R y Minitab.
- h) Planteamiento de puntos de discusión y conclusiones a partir de los resultados arrojados por el estudio.
- i) Elaboración del informe final de investigación.

4.5 Procedimientos

4.5.1 Técnica para el registro de los potenciales MNN.

Las instrucciones previas proporcionadas a los sujetos fueron: “La noche previa al examen, descansa adecuadamente y no se despierte con el sonido del despertador, con el fin de realizar los ciclos del sueño completos, para evitar dormir durante el procedimiento”.

- a) Ubicación del paciente sentado a un metro de distancia del parlante a 0° (Ver figura 9).
- b) Otoscopia para verificar integridad del pabellón auricular, conducto auditivo externo y membrana timpánica.
- c) Limpieza en la piel de las áreas de colocación de los electrodos con el uso de gasa y crema abrasiva. Posteriormente se colocan electrodos de contacto con recubrimiento de oro recubiertos por su cara de contacto con crema de conducción, en los puntos electroencefalográficos de la ubicación (Ver figura 10).
- d) Verificación de los parámetros de registro y del estímulo en el software del fabricante (*OtoAccess*), según protocolo.
- e) Indicaciones al paciente de ver un video en el IPod, sin sonido, y se le indica que mantenga su atención en él.
- f) Registro de las respuestas electrofisiológicas enviando la estimulación por el parlante.
- g) Registro de resultados en el informe de evaluación con su respectiva interpretación.

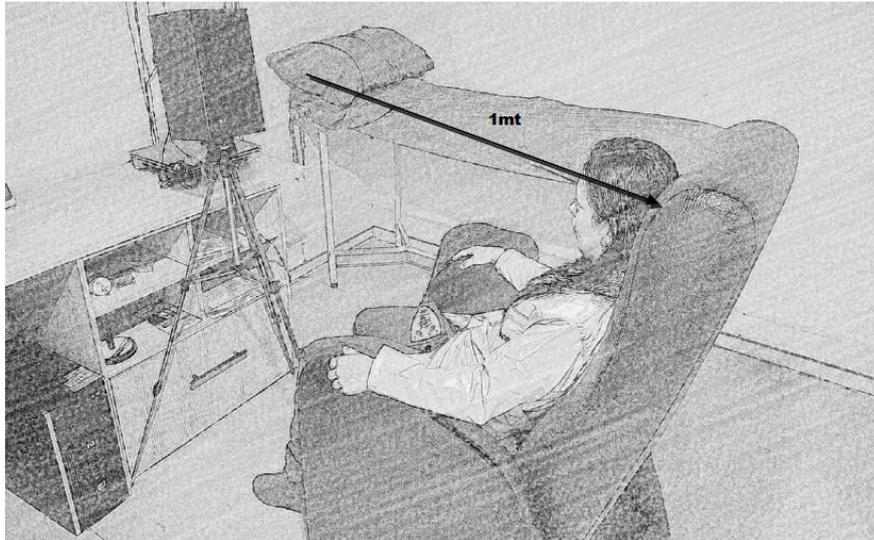
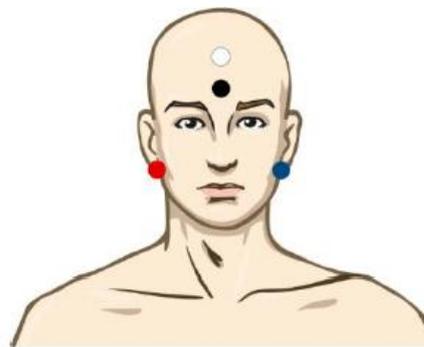


Figura 5. Bosquejo del registro de la Prueba. Fuente: Tomado de Arévalo y Pineda (2016).



ROJO	Lóbulo de la oreja derecho (Referencia)
AZUL	Lóbulo de la oreja izquierdo (Referencia)
BLANCO	Vértex (Activo)
NEGRO	Parte inferior de la frente

Figura 6. Montaje de electrodos para grabación de ABR. Fuente: Modificado de Manual de uso ES Eclipse. Interacoustics® (2015).

4.5.2 Protocolo del MNN

El protocolo de los parámetros del estímulo/registro se muestra en la tabla No. 2.

Tabla 7. Protocolo MNN. Fuente: Modificado de Manual de uso ES Eclipse. Interacoustics® (2015).

Protocolo Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Larga MMN	
Parámetros del Estímulo	
Tipo de estímulo	Tone Burst (Estímulo frecuente 1000 Hz/Estímulo raro 1500 Hz)
Tasa	0.5/seg
Intensidad	60 dB nHL (Auriculares TDH 39) 70 dB SPL (Parlante)
Polaridad	Rarefacción
Promediaciones	200
Transductor	TDH 39 / Parlante
Parámetros de Registro	
Electrodos	(+) Vértex, (tierra) superior a la ceja, (-) lóbulo derecho e izquierdo.
Canal	Ipsilateral
Ventana	450-510 msg
Filtros	Bajos 17 Hz – Altos -- Ninguno
Amplitud	2 μ V

4.5.3 Evaluación técnica del rendimiento de los audífonos

Los audífonos de cada usuario fueron analizados a través del analizador de audífonos Affinity de Interacoustics según las normas ANSI, con el fin de registrar los valores de Ganancia y Salida máxima de los audífonos y observar las posibles implicaciones en los MMN.

Para ello, cada uno de los audífonos se introdujo en la cámara anecoica insertado con el acoplador 2cc, acercando el micrófono de referencia al micrófono del

audífono en el centro de la cámara, siguiendo la secuencia de pruebas del módulo HIT basadas en las normas ANSI.

4.6 Consideraciones éticas.

De acuerdo a las disposiciones determinadas por el Ministerio de Salud de la Republica de Colombia, para el desarrollo de las actividades investigativas en salud descritas en la Resolución 008430 de 1993: Esta investigación la realizaron profesionales con conocimientos y experiencia en el tema, garantizando la fiabilidad de la investigación y el bienestar del sujeto de investigación. Se llevó a cabo con la autorización de la institución donde se realizó la investigación, Audiocom IPS, asegurando el cumplimiento de las directrices que la compañía exigió para dicho procedimiento. Los pacientes fueron previamente informados de la investigación realizada, participaron de forma enteramente voluntaria y firmaron un consentimiento informado en el cual se estableció de manera clara y precisa la justificación y objetivo de la investigación, los procedimientos realizados, la garantía de recibir respuesta a sus preguntas, la libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento si lo considera pertinente, la protección de su privacidad y la confiabilidad de la información. El consentimiento informado fue entregado momento antes de realizar el procedimiento, explicando lo anteriormente mencionado.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

El total de pacientes quienes asistieron a control y verificación de las ayudas auditivas con ganancia funcional fueron de 141, de los cuales 25 cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. De estos posibles candidatos, 15 quisieron participar voluntariamente, y finalmente fueron evaluados 11 pacientes, a quienes se les realizó la prueba con y sin audífonos. En la figura 5 y 6 se muestra la distribución de edad y género de estos pacientes.

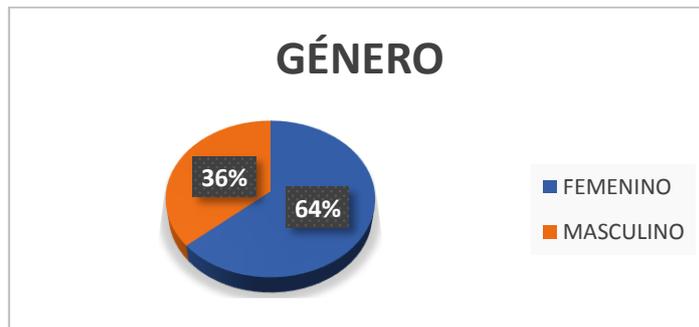


Figura 7. Distribución de género de participantes evaluados con y sin audífonos.

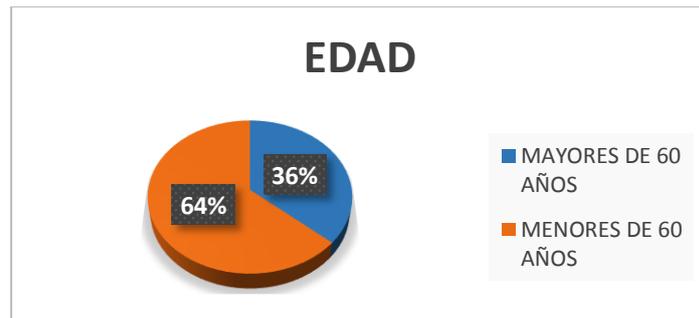


Figura 8. Distribución de edad de participantes evaluados con y sin audífonos.

Las características de las pérdidas auditivas encontradas en los usuarios evaluados fueron de tipo neurosensorial, de grado moderado y severo, de perfil tanto simétrico como asimétrico. (Ver figura 7).

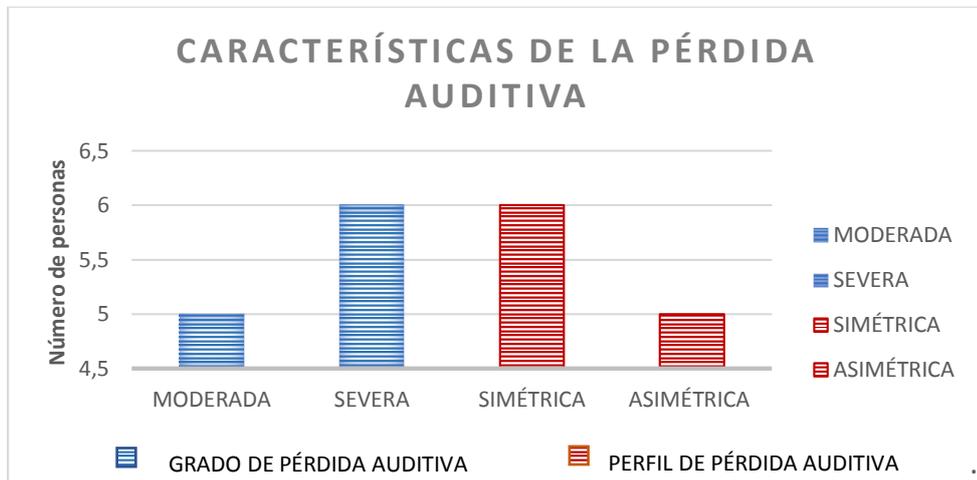


Figura 9. Características de la pérdida auditiva de los participantes evaluados con y sin audífonos.

En cuanto a las ayudas auditivas de los usuarios evaluados, se clasificaron en cuanto a modelo (BTE y CIC), Matriz (M y P) y marca (BERNAFON, SIEMENS Y HANSATON) (Ver figura 8).

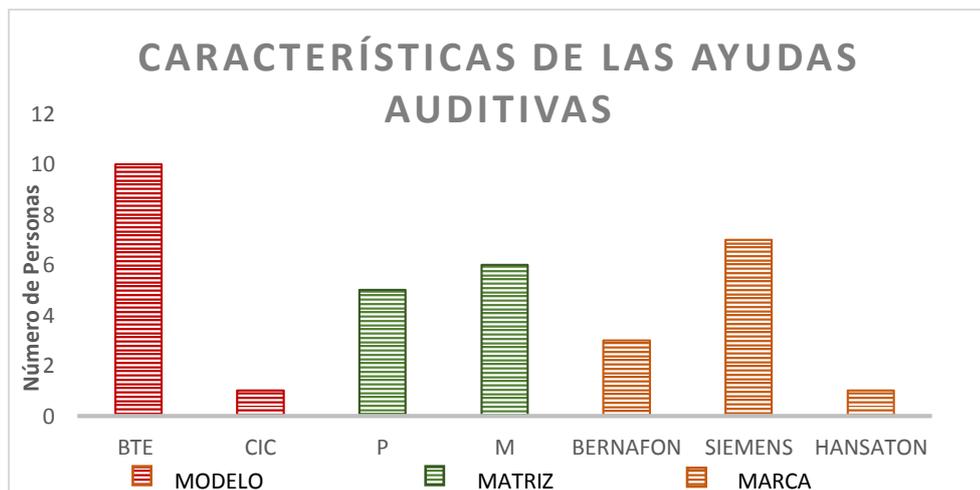


Figura 10. Características de las ayudas auditivas de los participantes evaluados con y sin audífonos.

5.1 Análisis univariado de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en sujetos normoyentes.

Para el análisis estadístico del MMN aplicada a los 20 sujetos normoyentes, se utilizaron pruebas de estadística descriptiva: media, valores máximos y mínimos y desviaciones estándar, con el fin de establecer el rango que se aceptaría como normal, tanto con auriculares TDH 39 (10 sujetos) como con el parlante (10 sujetos).

A continuación, se presentan los resultados estadísticos obtenidos en los 10 sujetos normoyentes, utilizando los auriculares TDH 39, para establecer la normativa del equipo. El rango de edad se encontró entre 21 y 37 años, entre los cuales 7 eran de sexo masculino y 3 de sexo femenino. En la Tabla 7, se presentan los resultados estadísticos obtenidos y en la figura No. 11 se muestra un ejemplo de los registros.

Tabla 8. Estadísticas asociadas a las variables de latencia para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN con auriculares TDH 39 (Monoaural)

		COMPONENTES MMN			
		OÍDO DERECHO		OÍDO IZQUIERDO	
		LATENCIA (MS)	AMPLITUD (μ V)	LATENCIA (MS)	AMPLITUD (μ V)
Media		180,4	2,86	179,2	2,33
Mediana		174	2,83	174	2,16
Mínimo		150	1,3	142	1,12
Máximo		244	4,3	250	4,1
Desviación		28,780	0,946	31,724	1,063
Rango	1DE	151,620	1,92	147,476	1,27
	1DE	209,180	3,81	210,924	3,40

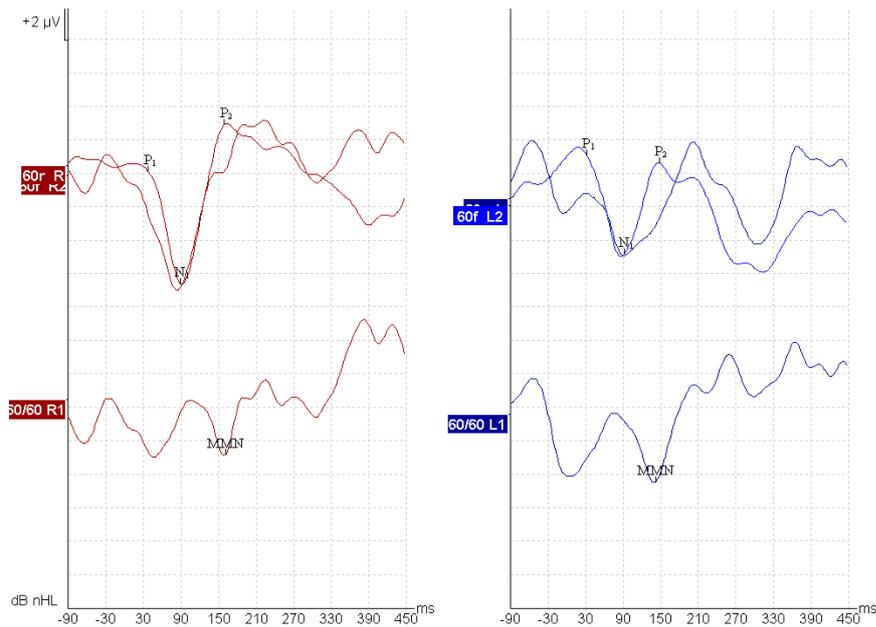


Figura 11. Registro de los potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN con auriculares TDH 39 (Monoaural), en sujeto normal.

A continuación, se presentan los resultados estadísticos obtenidos en los 10 sujetos normoyentes, a campo libre. El rango de edad se encontró entre 22 y 31 años, entre los cuales 6 eran de sexo masculino y 4 de sexo femenino. En la Tabla 8, se muestran los resultados estadísticos obtenidos y en la figura No. 12 se presenta un ejemplo de los registros.

Tabla 9. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN a campo libre (Binaural).

	COMPONENTES ARL					COMPONENTES MMN		
	LATENCIAS (MS)			AMPLITUDES (μ V)		LATENCIA (MS)	AMPLITUD (μ V)	
	P1	N1	P2	P1-N1	N1-P2			
Media	53,8	89,6	132	4,079	5,524	176,6	2,043	
Mediana	56	89	134	4,225	5,61	180	1,9	
Mínimo	46	84	110	1,98	2,02	144	0,88	
Máximo	60	96	150	7,46	9,05	204	3,61	
Desviación	4,264	3,502	11,963	1,486	2,137	24,149	0,986	
Rango	-1DE	49,536	86,098	120,037	2,593	3,387	152,451	1,057
	+1DE	58,064	93,102	143,963	5,565	7,661	200,749	3,029

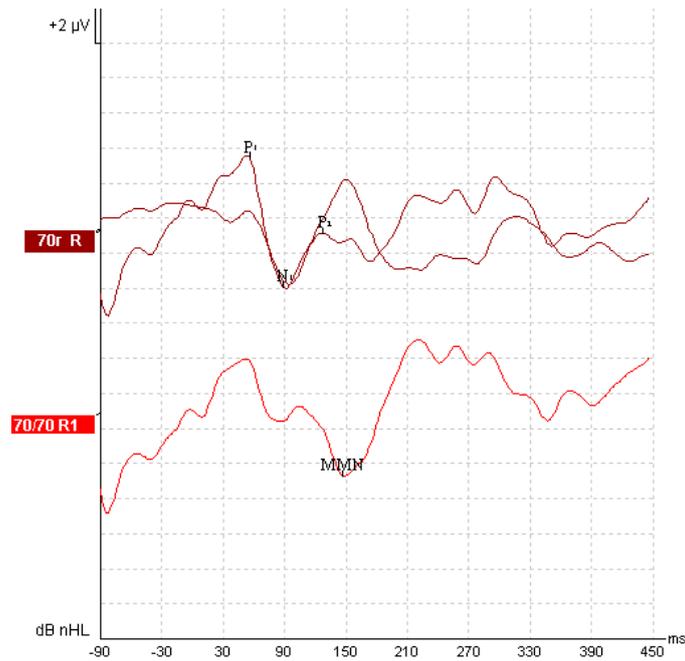


Figura 12. Registro de los potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN a campo libre (Binaural), en sujeto normal.

5.2 Análisis multivariado de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN.

Para describir las posibles diferencias de los MNN en los sujetos usuarios de ayudas auditivas con y sin audífonos, respecto a la normativa y las características de los audífonos, el análisis estadístico se realizó con la aplicación de pruebas no paramétricas de diferencias entre grupos y cálculos de correlación en los programas computacionales Excel, R y Minitab.

Acorde a la revisión teórica (Hall J. 2007), se da como mejor resultado aquellas latencias donde las medidas son menores y cuyas amplitudes sean mayores. Es decir, donde los valores P1, N1, P2 y MMN sean menores, y las amplitudes P1-N1, N1-P2 y la amplitud del MMN sean mayores.

5.2.1 Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en usuarios con y sin ayudas auditivas.

En la Tabla 9, se muestran las estadísticas descriptivas de la muestra observada de los pacientes sin audífono y en la Tabla 10, se muestran las estadísticas descriptivas de la muestra observada de los pacientes con audífono.

Tabla 10. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN en usuarios sin audífonos.

	COMPONENTES ARL					COMPONENTES MMN	
	LATENCIAS (MS)			AMPLITUD (μ V)		LATENCIA (MS)	AMPLITUD (μ V)
	P1	N1	P2	P1-N1	N1-P2		
Media	61,3	108,0	164,5	5,495	6,509	199,3	-0,982
Mediana	64	102	166	5,17	6,63	198	-1,31
Mínimo	46	80	130	1,39	0,89	152	-7,24
Máximo	74	144	188	13,03	12,91	230	5,23
Desviación	9,350	18,417	15,181	3,606	3,175	21,804	3,685

Tabla 11. Estadísticas asociadas a las variables de latencia y amplitud para los componentes de la prueba de potenciales evocados auditivos de latencia larga MMN en usuarios con audífonos.

	COMPONENTES ARL					COMPONENTES MMN	
	LATENCIAS (MS)			AMPLITUD (μ V)		LATENCIA (MS)	AMPLITUD (μ V)
	P1	N1	P2	P1-N1	N1-P2		
Media	53,81	94	144,36	7,165	8,179	157,273	-2,175
Mediana	58	92	146	5,54	7,67	150	-1,95
Mínimo	34	76	114	3,09	4,74	128	-6,99
Máximo	80	122	172	14,75	13,95	200	2,31
Desviación	14,92	12,394	19,449	3,636	2,9817	26,807	2,724

Para la latencia del ARL, P1 y P2, la media es mayor cuando los pacientes no tienen el audífono. Nótese que los valores mínimo y máximo entre las muestras de la latencia P1 y P2 corresponden a pacientes con audífono. Por esto, el rango de las

latencias P1 y P2 es más amplio cuando los pacientes usan el dispositivo (Ver figuras 13 y 15).

La media de la latencia N1 es mayor cuando los pacientes no tienen el audífono. Las observaciones tienen un rango más amplio cuando los pacientes no tienen audífono (Ver figura 14).

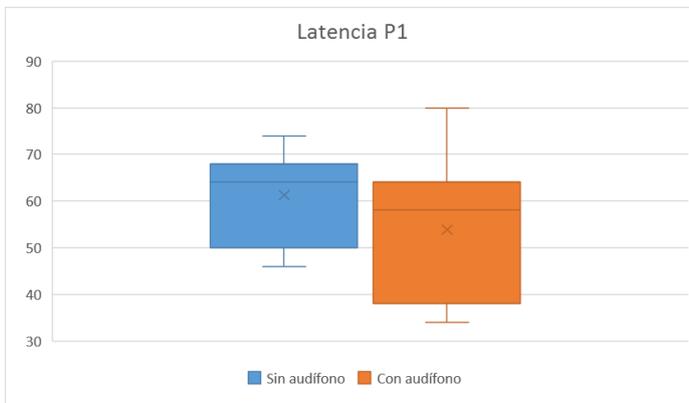


Figura 13. Latencia P1 con audífonos Vs sin audífonos.

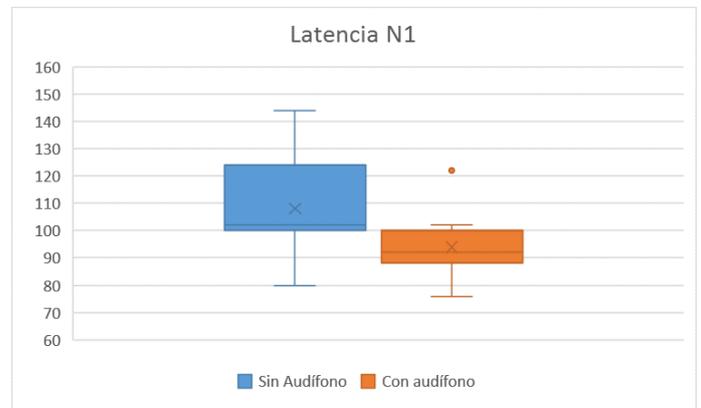


Figura 14. Latencia N1 con audífonos Vs sin audífonos.

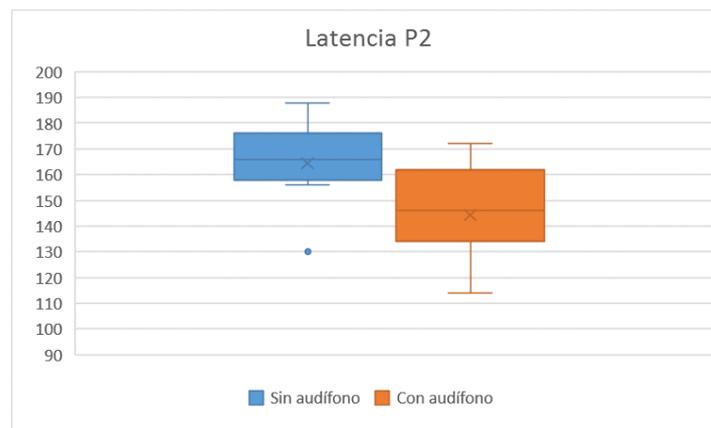


Figura 15. Latencia P2 con audífonos Vs sin audífonos.

La media de las observaciones de las amplitudes P1-N1 es mayor en la muestra de los pacientes con audífono. El rango de las observaciones y la variabilidad de los datos tienen magnitud similar. Mientras que los extremos del rango son mayores cuando los pacientes tienen el audífono (Ver figura 16).

Las mediciones de la amplitud N1-P2 tienen un valor medio mayor cuando los pacientes tienen audífono y el rango es más amplio cuando no están usando el audífono. Según se observó la variabilidad de los datos es similar en ambos casos (Ver figura 17).

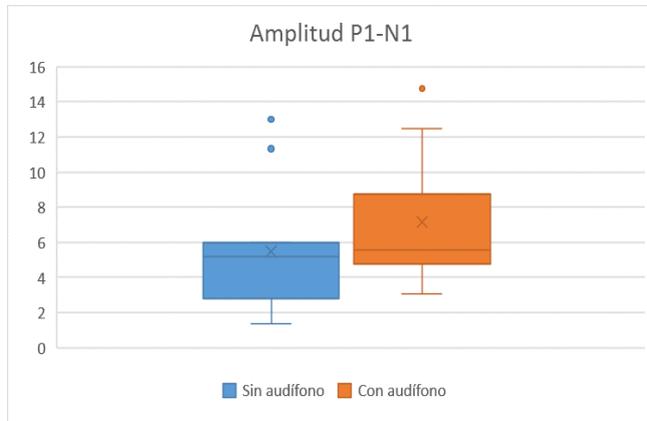


Figura 16. Amplitud P1-N1 con audífonos Vs sin audífonos.

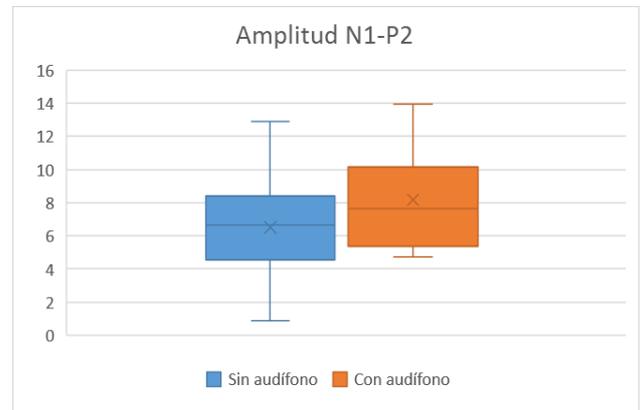


Figura 17. Amplitud N1-P2 con audífonos Vs sin audífonos.

La media de la latencia MMN medida a los pacientes sin audífonos es mayor que la media cuando lo usan. Además, el rango es más amplio para las observaciones provenientes de los pacientes sin audífono y la desviación es mayor para los pacientes con audífono. Respecto a la amplitud se observa que las mediciones para los pacientes sin audífonos se distribuyen en un rango más amplio, lo cual indica que hay mayor varianza, y las medianas son similares en los dos grupos (Ver figuras 18 y 19).

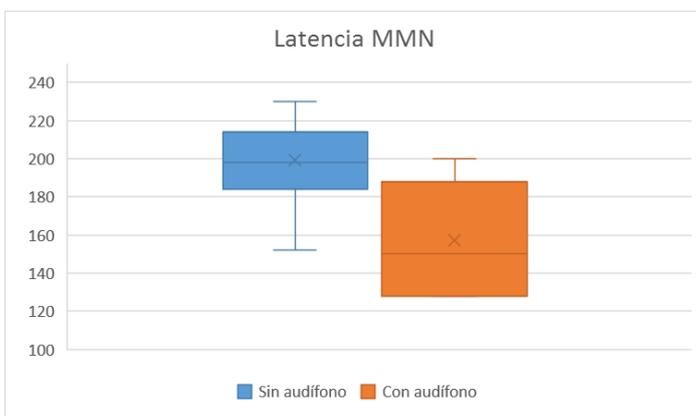


Figura 18. Latencia MMN con audífonos Vs sin audífonos.

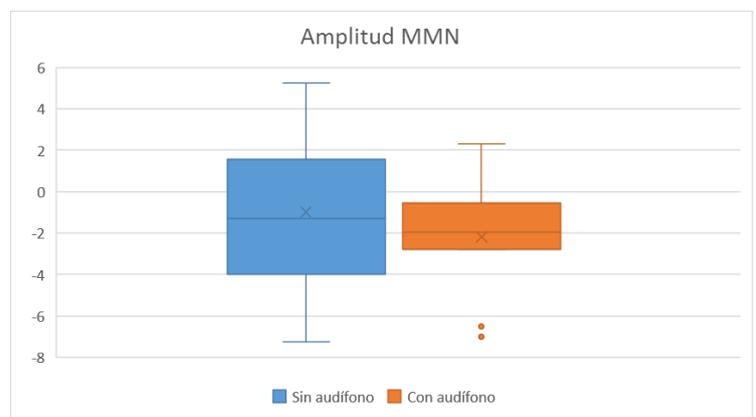


Figura 19. Amplitud MMN con audífonos Vs sin audífonos.

Al comparar las latencias y amplitudes con la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. Para las latencias del *ARL* P1, N1 y P2 con las muestras de los pacientes con y sin audífono se obtienen p-valores iguales a 0.094, 0.0133 y 0.0126 respectivamente, por lo que en cada caso se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medianas con una significancia del 10% y se puede decir que hay evidencia que las medianas de las latencias de P1, N1 y P2 de los pacientes sin audífono son mayores a la latencia de los pacientes con audífono.

Para la amplitud P1-N1 la prueba da un p-valor igual a 0.1185 y para la amplitud N1-P2 da un p-valor igual a 0.4091, lo cual indica que no se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas.

La prueba realizada para las muestras de la latencia MMN arroja un p-valor igual a 0.0014 por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas, dando evidencia a favor de que la mediana de los pacientes sin audífonos es mayor a la de los pacientes con audífono. En cuanto a la prueba realizada para las muestras de la amplitud MMN da un p-valor igual a 0.8467, lo cual indica que no se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas entre los pacientes con y sin audífono.

5.2.2 Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN en usuarios con ayudas auditivas respecto al grupo control.

Al comparar las latencias y amplitudes con la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. Para las latencias del *ARL* P1, N1 y P2 con las muestras de los pacientes con audífono se obtienen p-valores iguales a 0.7229, 0.319 y 0.1292 respectivamente, por lo que en cada caso no se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas con una significancia del 10%.

Para la amplitud P1-N1 del grupo control y de los pacientes con audífono dio un p-valor igual a 0.0041. Lo anterior indica que se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas y hay evidencia a favor de que la mediana de la amplitud P1-N1 del grupo control es superior a la del grupo de pacientes con audífono.

La prueba para las muestras del grupo control y de los pacientes con audífono para la amplitud N1-P2 dio un p-valor igual a 0.0041, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, dando evidencia a favor de la hipótesis de que la mediana del grupo control es menor a la mediana de los pacientes con audífono.

En cuanto a la latencia MMN para las muestras del grupo control y los pacientes con audífonos dio un p-valor 0.12, por lo que no se rechaza la hipótesis de igualdad de medianas. Por el contrario, respecto a la amplitud MMN con la que se obtuvo un p-valor igual a 0.0003, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medianas a favor de la hipótesis de la superioridad de la mediana de los pacientes de control, con un nivel de 10% de significancia.

5.2.3 Comparación de los resultados de los potenciales evocados auditivos MMN respecto al PTA, ganancia y potencia de los audífonos.

Se quiso ver en qué sentido se relacionan el PTA, la ganancia de los audífonos y la salida máxima de los audífonos con las latencias y las amplitudes del MMN. Para esto se calcularon los coeficientes de correlación entre cada una de las variables, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12. Coeficientes de correlación entre latencias y amplitudes, respecto al PTA, ganancia y salida máxima de los audífonos.

	Latencia P1	Latencia N1	Latencia P2	Amplitud P1-N1	Amplitud N1-P2	Latencia MMN	Amplitud MMN
Promedio PTA	0.044	0.001	0.021	0.698	0.366	0.153	-0.452
Ganancia	-0.290	-0.405	-0.113	0.563	0.340	-0.054	-0.235
Salida máxima	-0.456	-0.483	0.026	0.397	0.341	0.049	0.043

Para el promedio PTA se tiene que el coeficiente de correlación con la Amplitud MMN es negativo, mientras que los coeficientes con las latencias P1, N1, P2, MMN y las amplitudes P1-N1 y N1-P2 son positivos. Lo anterior indica que a mayor PTA, la

amplitud MMN disminuye. Mientras que cuando las latencias P1, N1, P2, MMN y amplitudes P1-N1 y N1-P2 aumentan, el promedio PTA aumenta.

Las correlaciones de la Ganancia con las latencias P1, N1, P2 y MMN son negativas, al igual que la correlación de la Ganancia con la amplitud MMN. Lo que indica que a mayor Ganancia menor son las latencias P1, N1, P2, MMN y amplitud MMN. Por otra parte, los coeficientes de correlación entre la Ganancia y las amplitudes P1-N1, N1-P2 son positivos. Esto indica que a medida que las amplitudes P1-N1, N1-P2 son mayores, mayor es la Ganancia.

Los coeficientes de correlación entre la salida máxima y las latencias P1 y N1 son negativos. Por lo que se puede decir que cuando la salida máxima crece, las latencias P1 y N1 disminuyen. Mientras que los coeficientes de correlación entre la salida máxima y las latencias P2, MMN y las amplitudes P1-N1, N1-P2 y MMN son positivos. Esto indica que a medida que aumenta la salida máxima aumenta, las latencias P2, MMN y las amplitudes P1-N1, N1-P2, MMN aumentan.

Dos variables pueden tener una correlación “muy fuerte”, “fuerte”, “débil” y “muy débil” dependiendo de sus valores. Cuando el grado es “muy débil” se dice que no hay correlación. De acuerdo a lo anterior, se puede decir que los grados de correlación de acuerdo a los resultados son las siguientes:

Tabla 13. Grado de correlación entre latencias y amplitudes, respecto al PTA, ganancia y salida máxima de los audífonos.

	Latencia P1	Latencia N1	Latencia P2	Amplitud P1-N1	Amplitud N1-P2	Latencia MMN	Amplitud MMN
PTA	Muy débil	Muy débil	Muy débil	Fuerte	Débil	Muy débil	Moderada
Ganancia	Débil	Débil	Muy débil	Moderada	Débil	Muy débil	Débil
Salida máxima	Moderada	Moderada	Muy débil	Débil	Débil	Muy débil	Muy débil

En la Tabla 13, se resume la correlación de las variables amplitud y latencia P1, N1, P2 y MMN, respecto al PTA, la ganancia y la salida máxima de los audífonos.

Tabla 14. Correlación entre variables de amplitud y latencia respecto al PTA, ganancia de los audífonos y salida de los audífonos.

CORRELACIÓN DE VARIABLES		GRADO DE CORRELACIÓN
PTA 	Amplitud P1-N1 	Fuerte
	Amplitud MMN 	Moderada
	Amplitud N1-P2 	Débil
GANANCIA 	Amplitud P1-N1 	Moderada
	Latencia P1 	Débil
	Latencia N1 	Débil
	Amplitud N1-P2 	Débil
	Amplitud MMN 	Débil
SALIDA MÁXIMA 	Latencia P1 	Moderada
	Latencia N1 	Moderada
	Amplitud P1-N1 	Débil
	Amplitud N1-P2 	Débil

6. DISCUSIÓN

Hasta la fecha, poco se sabe sobre los efectos de la amplificación de los audífonos sobre el cerebro. Aunque varios estudios se han enfocado en estudiar las respuestas de los potenciales evocados auditivos corticales en pacientes usuarios de Implante Coclear (IC), ha sido poco estudiado en usuarios de audífonos.

Es así como Kraus *et al.* (1993), al comparar las respuestas de los potenciales evocados auditivos MMN en usuarios de IC y normoyentes encontró registros similares, por lo que concluyó que independientemente si el estímulo se procesa a través de una cóclea normal o a través del IC la respuesta es relativamente normal. Al igual, Kelly *et al.* (2005), encontraron que al comparar el MMN en estos dos grupos, existía estrecha relación entre ellos, puesto que las respuestas obtenidas fueron similares. Zhang *et al.* (2011) no fueron la excepción, comparando los mismos dos grupos, refirieron no existir diferencias significativas en latencia y amplitud de los MMN.

En este estudio, comparando las respuestas de los MMN en usuarios de audífonos bilateral, encontramos que a diferencia de los resultados obtenidos en usuarios de IC, si existen diferencias significativas en los componentes del ARL y MMN con respecto al grupo control. Infiriendo así que las señales acústicas procesadas en la corteza cerebral a través de los audífonos son diferentes que cuando son procesadas en sujetos normo oyentes.

Al comparar los pacientes con pérdidas auditivas moderadas y severas, con y sin el uso de los audífonos, también se evidenciaron cambios significativos en cuanto a latencias, amplitud y morfología, al igual que el estudio realizado por Cai *et al.* (2015), en el que compararon las respuestas de los MMN en sujetos con pérdida auditiva y normo oyentes, nosotros encontramos amplitudes reducidas y latencias prolongadas en los sujetos con pérdida auditiva. Además, pese al uso de audífonos, aunque las respuestas mejoraron notablemente, se mantuvieron estas diferencias.

Como lo concluyeron Cai *et al*, esto puede deberse a posibles cambios compensatorios corticales asociados con la mala conducta de discriminación en individuos con pérdidas auditivas, que al usar las ayudas auditivas mejora en todos sus componentes, en latencia, morfología y amplitud.

De acuerdo con Investigaciones como la de Carrasco *et al.*(2008), identificar los MMN en sujetos con pérdidas auditivas amplificadas proporciona una oportunidad para evaluar el papel de las estructuras auditivas centrales en el procesamiento de estímulos acústicos, que acorde a nuestro estudio y evidenciando los cambios que se generan con el uso de las ayudas auditivas en todos los componentes a nivel cortical, esta forma de evaluación electrofisiológica aporta significativamente al favorecimiento y monitoreo para la rehabilitación de las ayudas auditivas, pronostico y rehabilitación auditiva, siendo los MMN una medida de discriminación del sistema auditivo central que puede usarse en pacientes usuarios de audífonos.

En cuanto a las respuestas obtenidas de los MMN en los usuarios con ayudas auditivas, correlacionándolas con las características de los audífonos de ganancia y salida máxima, se evidenció que estas características si interfieren en las respuestas de discriminación cortical en alguno de sus componentes. Sin embargo, haría falta estudiar más estas características de amplificación, así como la de compresión, ya que el grado de correlación no fue muy fuerte. De acuerdo con Billings, Tremblay, Souza y Binns (2007), es necesario entender la interacción entre el procesamiento de la señal del audífono sobre el sistema auditivo central, para mayor interpretación de estos potenciales.

7. CONCLUSIONES

Al comparar los potenciales evocados auditivos MMN, tomando la latencia y amplitud de los componentes del *ARL*, P1, N1 y P2, así como la latencia y amplitud del MMN, en los pacientes con y sin audífonos, podemos concluir:

- Cuando los sujetos usaron los audífonos, los componentes del *ARL*, P1, N1 y P2 presentaron menor latencia y mayor amplitud que cuando no los usaron.
- El *MMN* dio menor latencia para los pacientes con el uso de ayudas auditivas que sin ellas. Respecto a la amplitud no se encontraron diferencias significativas
- La morfología y reproducibilidad de los componentes tanto del *ARL* como del *MMN* fueron mejores cuando los usuarios tenían los audífonos.

Al comparar los potenciales evocados auditivos MMN, tomando la latencia y amplitud de los componentes del *ARL*, P1, N1 y P2, así como la latencia y amplitud del MMN, en los pacientes con audífonos respecto al grupo control (Normoyentes), podemos concluir:

- La amplitud P1-N1, al igual que la amplitud MMN dio mayor en los sujetos normoyentes que en los pacientes al momento de usar las ayudas auditivas.
- Por el contrario, la amplitud N1-P2, dio mayor en los pacientes con ayudas auditivas que en los sujetos normoyentes.
- Respecto a las latencias no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos.

Al comparar el potencial evocado auditivo MMN, tomando la latencia y amplitud de los componentes del *ARL*, P1, N1 y P2, así como la latencia y amplitud del MMN, en los pacientes con y sin audífonos respecto al PTA, ganancia de los audífonos y salida máxima de los audífonos, podemos concluir:

- Se encontró correlación entre el PTA (Promedio Tonal Audiométrico) y las amplitudes del ARL y MMN. A mayor PTA, es decir, entre mayor es la pérdida auditiva, las amplitudes P1-N1 y N1-P2 aumentaron, por el contrario, la amplitud del MMN disminuyó.
- No se encontró correlación entre el PTA (Promedio Tonal Audiométrico) y las latencias del ARL y MMN.
- Se encontró correlación entre la ganancia de los audífonos y las amplitudes del ARL y MMN. A mayor ganancia, las amplitudes P1-N1 y N1-P2 aumentan, por el contrario, la amplitud del MMN disminuye.
- Se encontró correlación entre la ganancia de los audífonos y las latencias del ARL, P1 y N1, siendo más cortas (mejores), cuando aumenta la ganancia. Para la latencia P2 y MMN no se encontró correlación.
- En cuanto a la salida máxima de los audífonos, se encontró correlación con las amplitudes del ARL, P1-N1 y N1-P2, y las latencias P1 y N1. A mayor ganancia de las ayudas auditivas, mayor amplitud P1-N1 y N1-P2 y menor latencia de P1 y N1.
- No se encontró correlación entre la máxima salida de los audífonos y la latencia y amplitud del MMN.

8. REFERENCIAS

- Alho, K. (1995). Cerebral generators of mismatch negativity (MMN) and its magnetic counterpart (MMNm) elicited by sound changes. *Ear Hear*, 16 (1), 38-51.
- American Speech Language Hearing Association. (2016). Tipo, grado y configuración de la pérdida de la audición. *Serie informativa de Audiología*. Recuperado de <http://www.asha.org/uploadedFiles/Tipo-grado-y-configuracion-de-la-perdida-de-audicion.pdf>
- Arevalo, J. y Pineda, J. (2016). *Efectos del Estímulo Sobre los Potenciales Evocados Auditivos en Sujetos Usuarios de Ayudas Auditivas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Beaglehole, R., Bonita, R. y Jellstrom, T. (1994). *Epidemiología básica*. Washington, Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud.
- Billings, C., Tremblay, K., Souza, P. y Binns, M. (2007). Effects of hearing aid amplification and stimulus intensity on cortical auditory evoked potentials. *Audiology and Neurotology*, 12 (4), 234-246.
- Blamey, P. (1997). Are spiral ganglion cell numbers important for speech perception with a cochlear implant?. *American Journal of Otolaryngology*, 18 (6), 11–12.
- Burkard, R., Eggermont, J., y Don, M. (2007). *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application*. New York, Estados Unidos: Lippincott Williams y Wilkins.
- Cai, Y., Zheng, Y., Liang, M., Zhao, F., Yu, G., Chen, Y., y Chen, G. (2015). Auditory Spatial Discrimination and the Mismatch Negativity Response in Hearing-Impaired Individuals, *Plos One*, 10 (8).
- Campbell, F. (1987). Estimation of auditory thresholds using evoked potentials. A clinical screening test. *Progr Clin Neurophysiol*.
- Cañete, O. (2014). Potenciales evocados auditivos de corteza: Complejo P1-N1-P2 y sus aplicaciones clínicas. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 74 (3), 266-274.

- Carrasco, L., Pavez, E., Paul, H., y Délano, R. (2008) Potencial de disparidad. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 68(2), 185-92.
- Davis, H. (1979). United States-Japan seminar on auditory responses from the brain stem. *Laryngoscope*, 89 (8), 1336-1339.
- Delgado, J., Zenker, F. y Barajas, J. (2003). Normalización de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral: Resultados en una muestra de adultos normoyentes. *Auditio*, 2, 13-18. Recuperado de <http://www.auditio.com/docs/File/vol2/1/020104.pdf>.
- Doménech, J (2008). *Fundamentos de Diseño y estadística*. Barcelona, España: Signo.
- Elberling, C., y Don, M. (2008). Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124 (5), 3022-3037.
- Escera, C. (1997). Potencial de Disparidad (Mismatch Negativity): características y aplicaciones. *Anuario de Psicología*, 72, 63-80.
- Fayad, J., Linthicum, J., Otto, S., Galey, F. y House, W. (1991). Cochlear implants: histopathologic findings related to performance in 16 human temporal bones. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, 100 (10), 807–11.
- Giard, M., Perrin, F., Pernier, J., y Bouchet, P. (1990). Brain generators implicated in the processing of auditory stimulus deviance: a topographic event-related potential study. *Psychophysiology*, 27(6), 627-640.
- Gomez, O., Angel, F., Casas, A., Guzmán, A., Pérez, M., Restrepo, C., Zuluaga, J. (2006). *Audiología Básica*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gonzalez, L. (2006). *Historia y Evolución de los Audífonos como Ayuda para las Personas con Pérdida Auditiva*. Artículo Universidad del Valle: Escuela de Rehabilitación Humana. Recuperado de http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/simpsons/onceavo/Chatain/nuevas_tendencias_en_la_amplificacion_auditiva.pdf.

- Gurtubay, I. (2009) Cognitive evoked potentials. Perspectives for mismatch negativity. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 32 (3), 61-68.
- Hall, J. (2007). *New handbook of Auditory Evoked Responses*. Boston, Estados Unidos: Pearson.
- Hernandez, E., y Polanco, A. (2014). La vía Auditiva: Niveles de integración de la información y principales neurotransmisores. *Revista Gaceta Médica De México*, 150 (5), 450-60.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación, México: Mc Graw Hill.
- Jewett, D. & Williston, J. (1971). Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. *Brain*, 94 (4), 681-696.
- Kelly, A., Purdy, S., y Thorne, P. (2005). Electrophysiological and speech perception measures of auditory processing in experienced adult cochlear implant users. *Clinical Neurophysiology*, 116 (6), 1235-1246.
- Kodera, K., Yamane, H., Yamada, O., Suzuki, J. (1977). Brain stem response audiometry at speech frequencies. *Audiology*, 16: 469–479.
- Kraus, N. M., Koch, D., McGee, T., Carrell, T., Sharma, A., Wiet, R., y Weingarten, C. (1993). The mismatch negativity cortical evoked potential elicited by speech in cochlear-implant users. *Hearing Research*, 65 (1-2), 118-124.
- Lanza, F., Lanza, R., Matute, H. (2010). Octavo Par Craneal: Nervio Auditivo. Recuperado de <https://myblog8parcraneal.wordpress.com/category/uncategorized/>.
- Laukli, E. (1983). Stimulus waveforms used in brainstem response audiometry. *Scandinavian Audiology*, 12 (2), 83-89.
- Manual de uso ES Eclipse. Interacoustics (2015).
- Mier, G. (2006). La Tercera Edad: presencia social indiscutible. México: Decisio. Recuperado de: http://www.crefal.edu.mx/decisio/images/pdf/decisio_15/decisio15_saber_1.pdf

- Miyara, F. (6 de enero 2017). Seminario Taller Sobre Potenciales Evocados Auditivos, Nociones Técnicas. Universidad de Chile. Recuperado de <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/evocado.pdf>.
- Moore, J. (2002). Maturation of human auditory cortex: Implications. *Annals of Otolology, Rhinology y Laryngology*, 189, 7-10.
- Munnerley, G., Greville, K., Purdy, S., Keith, W. (1991). Frequency-specific auditory brainstem responses relationship to behavioural thresholds in cochlear-impaired adults. *Audiology*, 30 (1): 25–32.
- Näätänen, R. (2000). Mismatch negativity (MMN): perspectives for application. *International Journal of Psychophysiology*, 37 (1), 3-10.
- Näätänen, R., Gaillard, A., y Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42 (2), 313-329.
- Näätänen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., y Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 115 (1), 140-144.
- Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., y Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. *Clinical Neurophysiology*, 118(12), 2544-2590.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2015). Género. Nota descriptiva N° 403. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs403/es/>.
- Pratt, S. y Lightfoot, G. (2012). Physiological mechanisms underlying MLRs and cortical EPs. En: Tremblay K y Burkard R (ed). *Translational perspectives in auditory neuroscience: Hearing across the life span-assessment and disorders* (243-82). San Diego, CA: Plural Pub.
- Purdy, S. y Abbas, P. (2002). ABR thresholds to tonebursts gated with Blackman and linear windows in adults with high-frequency sensorineural hearing loss. *Ear Hear*, 23 (4): 358–368.
- Rivas, J. y Ariza, H. (2007). *Tratado De Otolología Y Audiología, Diagnóstico y tratamiento Médico Quirúrgico*. Bogotá, Colombia: Amolca.
- Salkind, N. (1999). *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall.

- Sallinen, M., Kaartinen, J., & Lyytinen, H. (1994). Is the appearance of mismatch negativity during stage 2 sleep related to the elicitation of K-complex? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91(2), 140-148.
- Staab, W. (2002). Characteristics and Use of Hearing Aids. En Jack, K. *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 631-686). Baltimore, Maryland: Lippincott Williams y Wilkins,.
- Stach, B (1997). *Comprehenstre Dictionary of Audiology*. Baltimore, Maryland:Lippincott Williams & Willkins,
- Stapells, D. (2000). Threshold estimation by the tone-evoked auditory brainstem response: a literature meta-analysis. *Journal of Speech, Language, Pathology and Audiology*, 24 (2): 74–83.
- Terreros, G., Wipe, B., León, A., Paul, H. y Délano, R. (2013). Desde la corteza auditiva a la cóclea: Progresos en el sistema eferente auditivo. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 73 (2), 174-188.
- Weber, E. y Bray, C. (1930). . *Science*, 71, 215.
- Wonga, P., Jin, J., Gunasekera, G., Abel, R., Lee, E., y Dhara, S. (2009). Aging and cortical mechanisms of speech perception in noise. *Neurophysiology*, 47(3), 693-703.
- Zhang, F., Hammer, T., Banks, H., Benson, C., Xiang, J., & Fu, Q. (2011). Mismatch negativity and adaptation measures of the late auditory evoked potential in cochlear implant users. *Hearing Research*, 275 (1-2), 17-29.

Anexo 1. Glosario de Abreviaturas

- ASHA:** Asociación Americana De Habla y Lenguaje
- BTE:** Audífono detrás de la oreja
- CA:** Corteza Auditiva
- CCE:** Células ciliadas externas
- CGM:** Cuerpo geniculado medial
- CI:** Colículo Inferior
- COS:** complejo olivar superior
- dB:** Decibel
- ECoG:** Electrocoqueares
- GAP:** Diferencia audiometría ósea-aérea
- HL:** Nivel de audición
- Hz:** Hercios
- LL:** Lemnisco lateral
- MAA:** Angulo mínimo audible (por sus siglas en ingles)
- MMN:** Mismatch Negativity (por sus siglas en inglés) Potenciales de la negatividad de la discordancia
- MS:** Milisegundo
- NAV:** Núcleo anteroventral
- NC:** Núcleos cocleares
- ND:** Núcleo dorsal
- NHL:** Normativa de nivel de audición
- NPV:** Núcleo posteroventral
- OMS:** Organización Mundial de la Salud
- PEA:** Potencia Evocado auditivo
- PEAC:** Potencial evocado auditivo cortical
- PEAT:** Potencia Evocado auditivo de tronco cerebral
- PEATC:** Potencia Evocado auditivo de tallo cerebral
- PTA:** promedio tonal audiométrico
- RIC:** Audífono detrás de la oreja con receptor en el canal
- SL:** nivel de sensación
- SPL:** nivel de presión sonora

Anexo 2. Glosario de Términos Técnicos

Amplitud: Es el tamaño de la respuesta y se mide en microvoltios

Electrodo: Conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito

Intensidad: es la cantidad de energía acústica que contiene un sonido

Frecuencia: número de ciclos que se producen en una unidad de tiempo

Duración: Tiempo que tarda en desaparecer un estímulo.

Binauralidad: Capacidad de percibir el sonido por ambos oídos

Monoauralidad: Percibir el sonido por un solo oído

Transductor: Dispositivo que recibe energía acústica, para suministrar energía, de características dependientes de la que recibió.

Filtros: Proceso de separar tipos de sonidos para el registro de potenciales auditivos.

Polaridad: Movimiento inicial de cómo se envía el estímulo (+/-) para obtener respuesta.

Anexo 3. Consentimiento Informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____, identificado con C.C. número _____ de _____, estoy de acuerdo con participar en el estudio “Potenciales Evocados Auditivos de la Negatividad de la Discordancia (MMN) en Adultos con Ayudas Auditivas”.

Declaro que se me ha informado(a) de manera clara que el objetivo de este estudio es medir las señales acústicas que recibe el cerebro cuando se están usando las ayudas auditivas.

Se me proporcionó la información necesaria de los procedimientos realizados para este estudio: El examen se realizará sentado frente a un parlante a un metro de distancia, el cual emitirá un sonido a un intensidad media y las respuestas auditivas serán captadas por electrodos fijados a la piel de la frente y los lóbulos de las orejas, con cinta adhesiva, mientras se observa un video.

Se me explicó que este estudio no tendrá ningún tipo de riesgo para la salud, es una prueba no es invasiva, no ocasiona dolor y no tiene ningún riesgo para su salud auditiva, en compensación por su participación recibirá un informe escrito.

FIRMA _____
C.C _____
TELÉFONO _____
FECHA _____

Anexo 4. Graficas MMN sin y con Audífonos en los Sujetos Estudiados

