



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y  
NEUROCIROLOGÍA  
Manuel Velasco Suarez**

**EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VESTIBULAR EN PACIENTES  
SOMETIDOS A COLOCACIÓN DE IMPLANTE COCLEAR**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN:**

**NEURO-OTOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**DR. MIGUEL ÁNGEL RIVACOBIA IBARRA**

**TUTOR DE TESIS:**

**DR. ALFREDO VEGA ALARCÓN**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.**

**JULIO DE 2025**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AUTORES**

Dr. Alfredo Vega Alarcón

Dr. Miguel Ángel Rivacoba Ibarra

Dra. Lourdes Olivia Vales Hidalgo

Dra. Yolanda Sánchez Jiménez

Dr. Ramón Hinojosa González

Dra. Rubí Araneth Guillén Barriga

## FICHA DE REGISTRO

<b>DATOS DEL ALUMNO</b>	
Apellido paterno	Rivacoba
Apellido materno	Ibarra
Nombre	Miguel Ángel
Teléfono	5532251497
Universidad	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad o escuela	Facultad de Medicina
Carrera	Subespecialista en Neuro-Otología
Número de Cuenta	524230303
<b>DATOS DEL ASESOR</b>	
Apellido paterno	Vega
Apellido materno	Alarcón
Nombre	Alfredo
<b>DATOS DE LA TESIS</b>	
Título de la tesis	Evaluación de la función vestibular en pacientes sometidos a colocación de implante coclear
Número de protocolo	02/25
Número de páginas	60
Año	2025

## ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

‰: porcentaje.

AICA: Arteria cerebelosa anteroinferior.

AMM: Asociación Médica Mundial.

CIOMS: Consejo internacional de Organizaciones Médicas Científicas.

cVEMP's: Potenciales miogénicos evocados vestibulares cervicales.

dB: decibeles.

ENG: Electronistagmografía.

FLM: Fascículo longitudinal medial.

Hz: Hertz.

IC: intervalo de confianza.

ICH: Conferencia Internacional de Armonización.

ms: Milisegundos.

N1: onda negativa.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

oVEMP's: Potenciales miogénicos evocados vestibulares oculares.

P1: onda positiva.

PICA: Arteria cerebelosa posteroinferior.

PTA: Promedio de tonos puros.

RIC: rango intercuartílico.

SS: Secretaría de Salud.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

VEMP's: Potenciales miogénicos evocados vestibulares.

vHIT: Prueba de video impulso cefálico.

VOR: Reflejo vestíbulo-ocular.

## ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	10
1.1.	ABSTRACT.....	11
2.	INTRODUCCIÓN .....	13
3.	ANTECEDENTES.....	14
3.1.	ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL OÍDO INTERNO.....	14
3.2.	EVALUACIÓN VESTIBULAR.....	18
3.2.1.	POTENCIALES MIOGÉNICOS EVOCADOS VESTIBULARES .....	18
3.2.2.	PRUEBAS TÉRMICAS .....	20
3.2.3.	ELECTRONISTAGMOGRAFÍA .....	21
3.3.	IMPLANTE COCLEAR .....	22
3.3.1.	IMPACTO DEL IMPLANTE COCLEAR SOBRE LA FUNCIÓN VESTIBULAR.....	24
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	28
5.	JUSTIFICACIÓN .....	29
6.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	29
7.	HIPÓTESIS .....	30
8.	OBJETIVOS .....	30
8.1.	OBJETIVO GENERAL.....	30
8.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
9.	METODOLOGÍA.....	30
11.	CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	35
12.	RESULTADOS .....	38
13.	DISCUSIÓN.....	51
13.1.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	53
14.	CONCLUSIÓN.....	54

14.1.	RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS .....	54
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección de la cóclea (izquierda) y de su giro (derecha) demostrando sus rampas y sus estructuras adyacentes. ....	14
Figura 2. Vista de la rampa coclear o media con sus estructuras. ....	16
Figura 3. Irrigación del oído interno. ....	18
Figura 4. Colocación de los electrodos para los cVEMP y los oVEMP. ....	20
Figura 5. Colocación de implante coclear donde se ve electrodo (flecha azul) en cocleostomía (flecha amarilla). ....	23
Figura 6. Distribución de los pacientes en función del sexo (n=11) *. ....	38
Figura 7. Distribución de los pacientes en función del diagnóstico que llevó a la pérdida de la audición (n=13). ....	39
Figura 8. Resultado de las pruebas térmicas pre y postoperatorias en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	42
Figura 9. Interpretación de las pruebas térmicas pre y postoperatorias en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	43
Figura 10. cVEMP's a 500 Hz en P1 pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	43
Figura 11. cVEMP's a 500 Hz en N1 pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	44
Figura 12. cVEMP's a 1000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	44
Figura 13. cVEMP's a 2000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	45
Figura 14. Interpretación de los cVEMP's y comparación pre y postoperatoria en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	45
Figura 15. Latencia de cVEMP's pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	46
Figura 16. Diferencia de amplitud intraural de los cVEMP's pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	46
Figura 17. oVEMP's a 500 Hz en P1 en los pacientes con implante coclear (n=13). ....	47

<b>Figura 18. oVEMP's a 500 Hz en N1 en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>47</b>
.....	
<b>Figura 19. oVEMP's a 1000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>48</b>
<b>Figura 20. oVEMP's a 2000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>48</b>
<b>Figura 21. Interpretación pre y postopratoria de los oVEMP's en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>49</b>
<b>Figura 22. Latencia de los oVEMP's pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>50</b>
<b>Figura 23. Diferencia de amplitud interaural de los oVEMP's pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).</b>	<b>50</b>

## 1. RESUMEN

**Antecedentes:** La disfunción vestibular postimplante coclear constituye una complicación subestimada cuyo diagnóstico requiere métodos electrofisiológicos de alta sensibilidad. El presente estudio cuantificó la afectación utrículo-sacular y canalicular secundaria a la implantación coclear mediante abordaje de ventana redonda, empleando potenciales miogénicos evocados vestibulares (VEMP) cervicales y oculares; así como electronistagmografía y pruebas térmicas como marcadores objetivos.

**Objetivo:** Determinar el impacto de la cirugía de IC sobre la función vestibular y establecer el valor comparativo de ENG, pruebas térmicas y VEMP's para la detección de daño vestibular precoz.

**Material y Métodos:** Estudio observacional, longitudinal, ambispectivo en una cohorte consecutiva de 11 pacientes (13 implantes) atendidos entre octubre de 2022 y agosto de 2024 en el servicio de Neuro-Otología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía "Manuel Velasco Suárez". Criterios de inclusión:  $\geq 15$  años, hipoacusia neurosensorial profunda, estudios vestibulares completos pre y  $\leq 30$  días postoperatorios. Se excluyeron antecedentes de cirugía otológica previa, sospecha de tercera ventana o complicaciones intraoperatorias. Variables: ENG (normal/alterada), prueba calórica (% debilidad), cVEMP y oVEMP (latencias P1/N1 500 Hz, presencia 1–2 kHz, latencia y diferencial de amplitud interaural). Pruebas estadísticas:  $\chi^2$  para variables categóricas y signos de Wilcoxon para pares cuantitativos; significancia  $p < 0.05$ .

**Resultados:** ENG preoperatoria fue normal en 100 % de los implantes; posoperatoriamente se detectó nistagmo inducido por hiperventilación en un caso (7.7 %). El porcentaje calórico aumentó de mediana 10 % (RIC 6.5–15.5) a 17 % (8.0–100), sin significancia ( $p = 0.286$ ), pero la frecuencia de arreflexia creció de 15.4 % a 38.5 % ( $p = 0.044$ ). cVEMP: latencias P1/N1 500 Hz  $14.7 \pm 0.9 / 23.8 \pm 0.9$  ms se abolieron (0 ms;  $p < 0.01$ ) y las respuestas a 1–2 kHz desaparecieron en  $> 90$  %. oVEMP: latencia P1 500 Hz se redujo de  $4.4 \pm 2.1$  ms a 0 ms ( $p = 0.012$ ), con pérdida de potenciales en 61.5 % (1 kHz) y 84.6 % (2 kHz). La prevalencia de falla sacular aumentó a 76.9 % y de falla utricular a 61.5 %.

**Conclusión:** La colocación de IC mediante ventana redonda preserva la función canalicular pero produce deterioro otolítico significativo detectable sólo con VEMP. Los resultados respaldan la implementación obligatoria de cVEMP/oVEMP pre y posoperatorios para la estratificación objetiva del riesgo vestibular, la selección de electrodos menos traumáticos y la instauración temprana de rehabilitación vestibular individualizada. Estudios multicéntricos con vHIT y posturografía complementarán estos hallazgos y optimizarán las estrategias de preservación vestibular en candidatos a IC.

**Palabras clave:** Sistema vestibular, implante coclear, potenciales miogénicos evocados vestibulares, pruebas térmicas, electronistagmografía

### 1.1. ABSTRACT

**Background:** Vestibular impairment after cochlear implantation (CI) remains under-recognised because routine laboratory tests lack otolithic sensitivity. This study quantified utricular-saccular and canal function before and after round-window CI using objective electro-physiological markers.

**Objective:** To characterise post-CI vestibular injury and to determine the comparative diagnostic performance of electronystagmography (ENG), caloric testing and cervical/ocular vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMP, oVEMP).

**Materials and Methods:** Prospective–retrospective longitudinal cohort including 11 adults (13 implants) operated between October 2022 and August 2024 at a tertiary neuro-otology unit. Inclusion:  $\geq 15$  years, unilateral or bilateral CI, complete pre- and  $\leq 30$ -day post-operative ENG, caloric test, cVEMP and oVEMP. Exclusion: previous otologic surgery, third-window syndrome, intra-operative complications. Variables: ENG (normal/abnormal), caloric weakness (%), cVEMP/oVEMP latencies P1–N1 at 500 Hz, response presence at 1–2 kHz, inter-aural amplitude difference (IAD).  $\chi^2$  and Wilcoxon signed-rank tests evaluated categorical and paired quantitative data ( $\alpha = 0.05$ ).

**Results:** Pre-operative ENG was normal in all implants; post-operatively a single case (7.7 %) exhibited hyper-ventilation nystagmus. Median caloric weakness rose from 10 % (IQR 6.5–15.5) to 17 % (8–100) without statistical significance ( $p = 0.286$ ),

although arreflexia increased from 15.4 % to 38.5 % ( $p = 0.044$ ). cVEMP latencies P1/N1 500 Hz ( $14.7 \pm 0.9 / 23.8 \pm 0.9$  ms) and IAD ( $0.11 \pm 0.06$ ) were abolished post-operatively (0 ms;  $p < 0.01$ ), with loss of acoustic responses at 1–2 kHz in > 90 %. oVEMP P1 latency fell from  $4.4 \pm 2.1$  ms to 0 ms ( $p = 0.012$ ); responses at 1 kHz and 2 kHz declined to 7.7 % and 15.4 %, respectively. Sacculo-collic failure prevalence reached 76.9 %, utricular failure 61.5 %.

**Conclusion:** Round-window CI preserves horizontal canal function but induces marked utricular-saccular dysfunction that is detectable only with cVEMP and oVEMP. Incorporating baseline and early post-operative VEMP testing into the clinical pathway enables objective risk stratification, guides selection of less-traumatic electrodes, and supports prompt vestibular rehabilitation. Multicentre studies integrating video head-impulse testing and dynamic posturography are warranted to refine vestibular-preservation strategies in patients with profound sensorineural hearing loss undergoing CI.

**Key words:** Vestibular system, cochlear implant, vestibular evoked myogenic potentials, thermal tests, electronystagmography.

## 2. INTRODUCCIÓN

La hipoacusia representa un trastorno auditivo prevalente que afecta aproximadamente a 360 millones de individuos en todo el mundo; se caracteriza por una disminución variable en la percepción sonora que puede abarcar desde grados leves hasta profundos, con consecuencias significativas en la funcionalidad comunicativa y el bienestar biopsicosocial de los pacientes (1). El desarrollo y perfeccionamiento de técnicas quirúrgicas avanzadas y dispositivos auditivos implantables, particularmente el implante coclear, han revolucionado el manejo de estos pacientes. Dicho implante reemplaza funcionalmente a las células ciliadas lesionadas del órgano de Corti mediante estimulación eléctrica directa de las fibras nerviosas del ganglio espiral, restableciendo así parcialmente la función auditiva en individuos con pérdida auditiva neurosensorial severa a profunda (2).

La inserción quirúrgica del implante coclear constituye un procedimiento indispensable en la rehabilitación auditiva, caracterizado por un perfil favorable de seguridad para el paciente; sin embargo, dado el acceso anatómico requerido al oído interno, es frecuente la afectación inadvertida de estructuras vestibulares adyacentes, particularmente el sistema laberíntico. En este contexto, el daño vestibular asociado al procedimiento alcanza prevalencias superiores al 70 %, lo que representa una incidencia clínicamente relevante. Aunque en la mayoría de los casos las manifestaciones clínicas derivadas del daño vestibular suelen resolverse espontáneamente durante los primeros meses posteriores a la intervención, en ciertos individuos estas alteraciones persisten de manera permanente, condicionando secuelas funcionales crónicas (3).

La función vestibular puede ser evaluada mediante varias pruebas entre las que se encuentran la electronistagmografía, las pruebas térmicas y los potenciales miogénicos evocados vestibulares (3).

El presente trabajo tuvo el fin de determinar el impacto de la cirugía de implante coclear sobre la función vestibular de los pacientes que se sometieron a un implante coclear tanto uni como bilateral, empleando las tres pruebas mencionadas previamente y con una comparación de los resultados pre y postoperatorios.

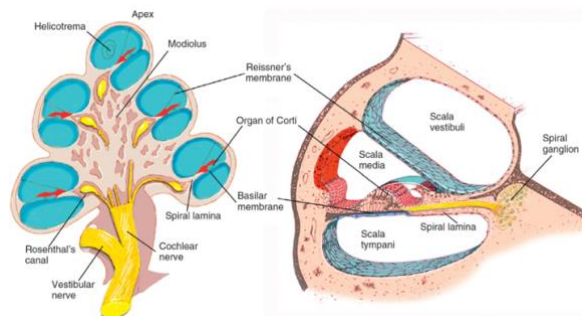
### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL OÍDO INTERNO

El oído interno se encuentra dentro de la porción petrosa del hueso temporal contenido en una estructura llamada laberinto óseo. Todo el hueso que rodea a la cóclea y al laberinto vestibular es el más duro y compacto del cuerpo humano. El laberinto está formado por dos regiones anatómica y funcionalmente bien diferenciadas: el laberinto anterior (cóclea) donde se ubica el receptor auditivo y el laberinto posterior (vestíbulo) donde se haya el órgano del equilibrio (4,5).

La cóclea tiene una forma en caracol que aproximadamente da dos giros y medio. A su porción central se le denomina modiolos por donde pasan las fibras del nervio coclear, de igual forma cuenta con una extensión llamada lámina espiral que provee una segmentación que divide a las cámaras cocleares en rampas (superior o vestibular e inferior o timpánica). La función de la cóclea es el recibir altas frecuencias en su base y bajas frecuencias en su ápice (Figura 1) (4).

**Figura 1. Sección de la cóclea (izquierda) y de su giro (derecha) demostrando sus rampas y sus estructuras adyacentes.**



Fuente: Runge C, Friedland D. Cummings Otolaryngology Head and Neck Surgery: Capitulo 127. Neuroanatomy of the Auditory System. 7a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2020. 1938-1944p (4).

El vestíbulo óseo cuenta con diferentes paredes: la pared superior donde desemboca el extremo ampollar del canal semicircular superior; pared posterior donde está el extremo ampollar del canal semicircular posterior; su pared inferior donde inicia la lámina espiral y la hendidura vestíbulo – timpánica; pared anterior donde se puede

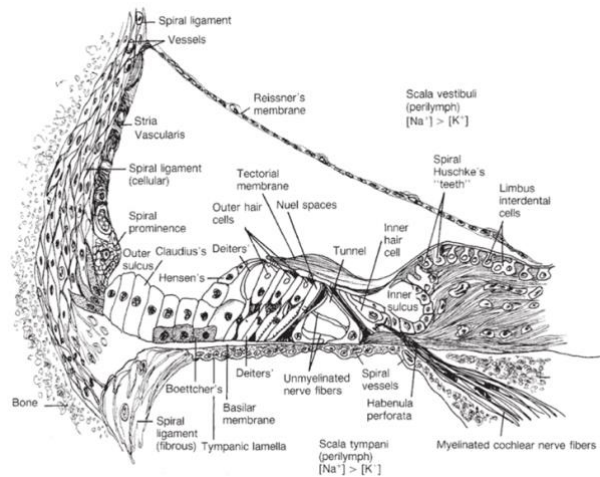
encontrar la entrada del conducto coclear. De igual forma se puede observar una pared externa ocupada por la ventana oval y los extremos del canal semicircular horizontal y la pared interna conteniendo a la fosa hemisférica (ancla del sáculo) y la fosa semiovoidea (ancla del utrículo); ambas fosas cuentan con perforaciones por donde pasan las fibras de sus respectivos nervios (6).

El laberinto membranoso sigue la misma distribución que el óseo, en la porción coclear encierra a una tercera rampa (media o coclear) cuyos límites son: superiormente la membrana de Reissner, lateralmente la pared coclear e inferiormente la membrana basilar (4).

Las tres rampas poseen dos sistemas de fluidos lo que les da su importancia fisiológica. La rampa coclear contiene endolinfa cuya característica es tener alta concentración de potasio y baja de sodio; las rampas vestibular y timpánica a diferencia tienen perilinfa cuya característica es lo contrario, baja concentración de potasio y alta de sodio (4).

El órgano de Corti descansa sobre la membrana basilar y cuenta con células pilosas internas y externas, así como células de soporte y la membrana tectoria. Las células pilosas ganan su importancia ya que se encargan de la transformación de la energía mecánica (acústica) a energía eléctrica (neural) (Figura 2). El estereocilio más largo de las células pilosas está en contacto con la membrana tectoria que resulta en una deflexión cuando es movida la membrana basilar (4,7).

**Figura 2. Vista de la rampa coclear o media con sus estructuras.**



Fuente: Weber P, Khariwala S. Bailey's Head & Neck Surgery Otolaryngology: Capitulo 141. Anatomy and Physiology of Hearing. 5a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. 2253-2273p (7).

Los órganos vestibulares terminales son tres canales semicirculares orientados en diferentes planos (dos verticales y uno horizontal) y dos máculas. Los dos canales semicirculares son el superior y el posterior y se encuentran en una disposición de  $45^\circ$  con respecto al plano sagital; el canal semicircular horizontal tiene una inclinación de  $30^\circ$  con respecto al plano horizontal. Los cinco órganos vestibulares se localizan dentro del espacio endolinfático, así mismo rodeados por el espacio perilinfático (8).

El nervio vestibulococlear se divide en el nervio vestibular el cual se dirige hacia posterior y en el nervio coclear cuya dirección es anterior. El ganglio de Scarpa (vestibular) cuenta con una rama superior que inerva al canal semicircular superior y horizontal y a la mácula utricular; y una rama inferior que inerva al canal semicircular posterior y a la mácula sacular. También cuenta con dos anastomosis: la de Voit que conecta a la rama vestibular superior con el sáculo y la Oort que va de la rama vestibular inferior al nervio coclear (8).

Al final de cada canal semicircular se encuentra una dilatación que corresponde a la cresta ampular conteniendo a su órgano neurosensorial, la cúpula. Dentro de esta se encuentran los estereocilios y el quinocilio quienes tienen un papel fundamental

fisiológico. Dentro de la cúpula se encuentra una gravedad específica de 1, similar al de la endolinfa para prevenir que flote y ocasione un nistagmo duradero, el desplazamiento de la cúpula es la que permite la despolarización, dependiendo la dirección y del canal semicircular (8).

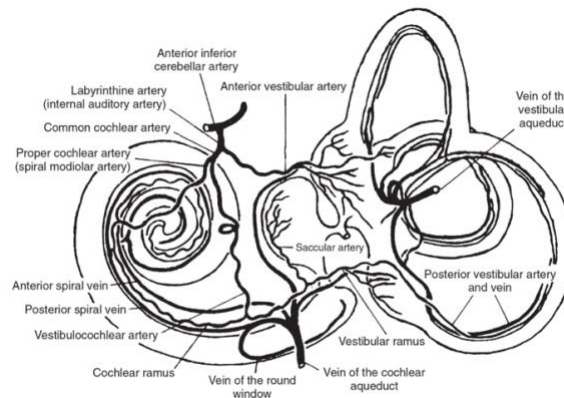
Parecido a la cresta ampular, se cuenta con la mácula utricular (plano horizontal) y mácula sacular (plano vertical) que contienen a su órgano neurosensorial respectivo, los órganos otolíticos. Los otolitos se encuentran encima de dichos órganos y son de importancia fisiológica. La gravedad específica de los órganos otolíticos es de 2.71 a 2.94. Dentro de las máculas se encuentra la región estriolar, esta disposición con respecto a los quinocilios es la que va a dar el potencial de acción, que de igual forma depende de la mácula. Las crestas y las máculas no solo responden a fuerzas gravitacionales, sino también a aceleraciones lineales (máculas) y angulares (crestas) (8).

El nervio vestibular cuenta con proyecciones a diferentes estructuras que integran diferentes reflejos complementarios para la integridad del equilibrio. Aproximadamente el 70% de las fibras vestibulares van al cerebelo para la coordinación de los ojos y de la cabeza (reflejo vestíbulo-cerebeloso); otra conexión es con los movimientos oculares (reflejo vestíbulo-ocular) organizado específicamente en el núcleo vestibular superior; el núcleo vestibular lateral se encarga principalmente del reflejo vestíbulo-espinal y vestíbulo-cólico (8).

La irrigación del laberinto anterior da inicio en las arterias vertebrales que se anastomosan para formar la arteria basilar, de esta nacen muchas ramas, una de ellas denominada arteria cerebelosa anteroinferior (AICA) que da a la arteria auditiva interna (arterial laberíntica). Esta arteria da lugar a una rama para la porción coclear llamada arteria coclear común, y otra para la porción vestibular. Finalmente se dan dos arterias terminales, la arteria coclear propia que irriga las dos vueltas apicales de la cóclea, y la arteria vestibulococlear que irriga a la parte basal de la cóclea (9,10).

El laberinto posterior está irrigado por la arteria cerebelosa posteroinferior (PICA), AICA y cerebelosa superior de forma bilateral, ramas de la arteria basilar (Figura 3) (8,10).

**Figura 3. Irrigación del oído interno.**



Fuente: Lysakowski A. Cummings Otolaryngology Head and Neck Surgery: Capítulo 129. Anatomy of the Vestibular System. 7a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2020. 1958–1976 p (8).

## **3.2. EVALUACIÓN VESTIBULAR**

### **3.2.1. POTENCIALES MIOGÉNICOS EVOCADOS VESTIBULARES**

Los potenciales evocados miogénicos vestibulares (VEMP's) es un reflejo vestibular de corta latencia recolectado de dos sitios anatómicos, el músculo esternocleidomastoideo (VEMP's cervicales o cVEMP), y el músculo oblicuo inferior (VEMP's oculares u oVEMP) utilizando diferentes métodos de estimulación siendo los más utilizados los sonidos mediante conducción aérea y las vibraciones mediante conducción ósea (11).

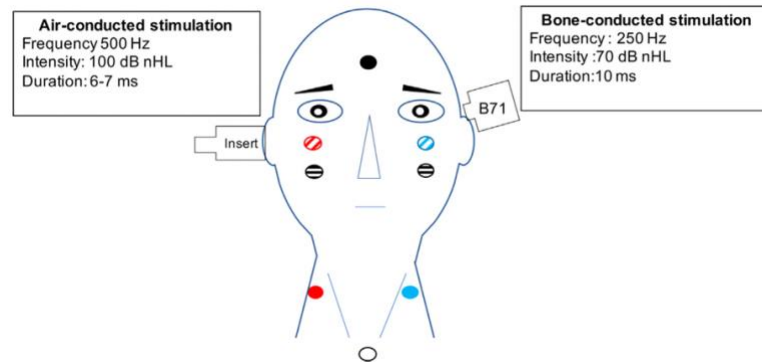
Los cVEMP exploran la función sacular (nervio vestibular inferior) y los oVEMP exploran la función utricular (nervio vestibular superior). El propósito principal de este estudio es la documentación electrofisiológica como un auxiliar diagnóstico de la dehiscencia del canal semicircular superior, sin embargo, se ha vuelto una herramienta muy útil para la evaluación y diagnóstico de las vestibulopatías (12).

Una estimulación mediante conducción aérea condiciona tener un oído medio intacto por lo que se ha reportado que incluso padecer una hipoacusia conductiva superficial puede resultar en una respuesta anormal de los VEMP's; de lo contrario el utilizar un estímulo mediante vibración (conducción ósea) se puede aprovechar en casos de una hipoacusia conductiva (11). La estimulación auditiva (generalmente en baja frecuencia y alta intensidad) se presenta en el conducto auditivo externo y viaja a través del oído medio hasta llegar al vestíbulo mediante el desplazamiento de la endolinfa; en el caso de una estimulación conductiva esta llega directo al vestíbulo sin pasar por el oído externo y el oído medio (12).

Los cVEMP evalúan la función sacular mediante la vía vestibuloespinal; el electrodo positivo (rojo) es colocado en el tercio superior del borde anterior del músculo esternocleidomastoideo derecho y el otro electrodo (azul) se coloca en el mismo sitio del lado contralateral (izquierdo). El electrodo que da la tierra (negro) se coloca en la frente y el electrodo negativo (blanco) se coloca en el esternón. El paciente debe de elevar su cabeza 30° y voltear al lado contralateral del oído que está siendo evaluado. Las respuestas registradas deben ser una deflexión positiva (P13) con una latencia de 10ms seguida de una deflexión negativa (N23) con una latencia de 20 ms; la amplitud normal en los adultos debe de encontrarse entre los 100 – 220V (12).

Los oVEMP estimulan al utrículo, la señal es transmitida a través del nervio vestibular superior llegando al núcleo vestibular ipsilateral, esta señal es transmitida mediante el fascículo longitudinal medial (FLM) al músculo oblicuo inferior contralateral atravesando la línea media; el electrodo de tierra se puede colocar ya sea en la frente o en el esternón, los electrodos activos invertidos son colocados en la región infraorbitaria en la línea media pupilar y finalmente el electrodo de referencia se coloca de 1 – 2 cm debajo del electrodo activo (Figura 4). El paciente debe optar por una posición supina con una elevación de la mirada para la contracción del músculo oblicuo inferior. Los registros de las respuestas son del electrodo contralateral al oído estimulado, primero con una onda negativa (N1) aproximadamente a los 10ms seguida de una onda positiva (P1) a los 15 ms. Las amplitudes de estas ondas son menores y sus latencias son más cortas a comparación de los cVEMP (12).

**Figura 4. Colocación de los electrodos para los cVEMP y los oVEMP.**



Fuente: Dorbeau K, Bourget L, Renard C, Calais C, et al. Vestibular evoked myogenic potentials. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis. 2021;138(6):483-488 (12).

Los VEMP's pueden tener diversas aplicaciones clínicas, entre ellas pueden ser como auxiliar diagnósticos de vestibulopatías tanto periféricas como centrales (síndromes de tercera ventana, hidrops endolinfático, neuronitis vestibular, vestibulopatía bilateral idiopática, schwannoma vestibular, posterior a la colocación de un implante coclear). Como se menciona en el estudio de Dorbeau et al., tanto en los cVEMP como en los oVEMP se puede observar un incremento de la asimetría en su rango posterior en la colocación de un implante coclear traduciendo una lesión sacular durante el procedimiento quirúrgico (12). En la revisión de Papathanasiou se menciona que la colocación del implante coclear puede generar complicaciones como es el caso del mareo y este secundario a lesión de los órganos vestibulares terminales, predominantemente el sáculo, por ende, se espera que tanto los cVEMP como los oVEMP se encuentren con anomalías (11).

### **3.2.2. PRUEBAS TÉRMICAS**

Las pruebas térmicas es una herramienta muy útil para la evaluación del mareo. Permite la cuantificación y la valoración de sistemas vestibulares utilizando el reflejo vestibulo-ocular (VOR) para la identificación de déficits periféricos. Debido a que el VOR requiere de un tallo cerebral íntegro, también este estudio se puede utilizar para la evaluación de pacientes quienes se encuentran en estado de coma (13).

El registro se puede llevar a cabo mediante electro-oculografía o video-oculografía. Se debe de colocar al paciente en decúbito supino con una inclinación de 30° para verticalizar el canal semicircular lateral. Inicialmente se irriga el oído que se sospecha ser el afectado con agua caliente (44°C) obteniendo como respuesta un nistagmo aproximadamente a los 30 segundos con posterior intensificación; al terminar se debe de evaluar el oído contralateral. Posteriormente se debe de repetir el mismo proceso solo que esta vez con agua fría (30°C). En el caso que no exista respuesta en alguna de las pruebas térmicas se debe de considerar el uso de agua de deshielo (13).

El nistagmo obtenido es producto del desplazamiento de la endolinfa dentro de canal semicircular lateral, cambiando su fase rápida dependiendo de la temperatura aplicada, siendo la fase rápida ipsilateral al oído evaluado en la temperatura caliente y contralateral al oído evaluado en el caso de la temperatura fría (13).

El registro que se lleva a cabo es la medición de la velocidad de la fase lenta del nistagmo por cada irrigación obteniendo una diferencia entre ambos oídos; el límite superior para identificar una preponderancia direccional o una asimetría vestibular es de 20% (14).

### **3.2.3. ELECTRONISTAGMOGRAFÍA**

La electronistagmografía es un auxiliar diagnóstico que mide la actividad eléctrica de los músculos extraoculares y provee mucha información del estado del sistema vestibular; de igual forma nos permite ser más precisos con respecto a la clasificación de vértigo del paciente (periférico, central, mixto) logrando obtener información diagnóstica importante e incluso apoyar en la toma de decisiones trascendentales para el paciente (15).

El objetivo de la electronistagmografía es el detectar y/o medir el nistagmo que puede llegar a presentar el paciente dentro de siete diferentes pruebas; estas pruebas son las siguientes (16):

- Prueba de posicionamiento: Se realiza la maniobra de Dix-Hallpike para la detección de un vértigo posicional paroxístico benigno.
- Prueba posicional: A diferencia del previo, determina si hay nistagmo con diferentes posiciones de la cabeza, no con movimientos cefálicos.
- Prueba de la mirada: Detecta si existe un nistagmo espontáneo o evocado a la mirada, en caso de ser positivo se sospecha de alguna lesión central.
- Pruebas térmicas
- Sacadas: Esta mide la precisión, latencia y velocidad ante cambios bruscos de la mirada, alteraciones en esta prueba nos orientan a lesiones centrales (principalmente en cerebelo o ganglios de la base).
- Seguimiento lento de la mirada: Alteraciones descubiertas en esta prueba pueden orientar hacia la vía vestibulocerebelar, sin embargo, puede involucrar muchas otras vías, por lo que topográficamente es difícil encontrar un diagnóstico.
- Optoquinético: El seguimiento de la mirada es de suma importancia para esta prueba por lo que de igual forma no es preciso localizar una lesión.

### **3.3. IMPLANTE COCLEAR**

Es un dispositivo protésico electrónico colocado dentro del oído interno (cóclea) para lograr una estimulación eléctrica de las fibras del nervio auditivo y que esta señalización sea transmitida hacia el sistema nervioso central. Es necesario contar con ciertas evaluaciones multidisciplinarias a lo largo del protocolo de estudio para la correcta aceptación de un paciente candidato para la colocación de un implante coclear, condiciones anatómicas, audiológicas y psicosociales (17).

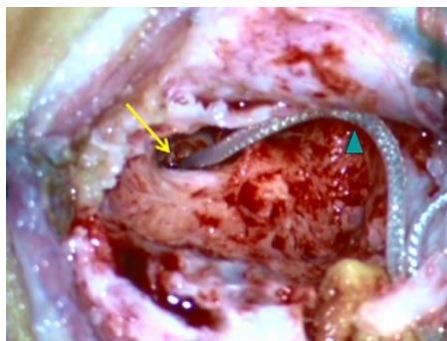
Existen ciertos criterios para poder ser candidato a la colocación del implante coclear, sin embargo, estos se encuentran en controversia y depende incluso del país. La candidatura ha estado evolucionando, así como los implantes multicanales; anteriormente los pacientes debían de contar con una hipoacusia neurosensorial bilateral total o profunda que no se han beneficiado con la aplicación de un auxiliar auditivo, hoy en día estas indicaciones han estado cambiando y se pueden considerar

otros tipos de pacientes: hipoacusias neurosensoriales bilaterales severas, hipoacusia neurosensorial unilateral profunda o una asimetría auditiva con ciertos criterios (18).

Los nuevos criterios propuestos por Vincent et al. son los siguientes: Hipoacusia unilateral donde el promedio de tonos puros (PTA) del lado afectado sea 70dB, del lado sano >30dB con un intervalo de umbral interaural de 40dB; para las asimetrías auditivas un PTA del lado involucrado de 70dB, el oído sano entre 30 – 55dB con una diferencial de umbral interaural de 15dB (19).

La técnica quirúrgica a grandes rasgos es realizar una incisión 1cm posterior al pliegue retroauricular de aproximadamente 2 – 4cm de longitud, se realiza la disección por planos hasta llegar al hueso temporal, se desperiostiza y se identifican los sitios de referencia, se procede a realizar una mastoidectomía simple aunado con una timpanotomía posterior para la correcta visualización de la ventana redonda. Para la introducción del electrodo se decide entre una cocleostomía o la introducción mediante la ventana redonda, para reducir el potencial trauma ocasionado por el fresado en la cocleostomía, la introducción mediante la ventana redonda debe de reducir el vértigo postoperatorio; la introducción del electrodo debe de ser muy sutil y lento. Finalmente se debe de asegurar el implante en el hueso temporal para impedir que se movilice (Figura 5) (20).

**Figura 5. Colocación de implante coclear donde se ve electrodo (flecha azul) en cocleostomía (flecha amarilla).**



Fuente: Mangus B, Rivas A, Tsai BS, Haynes DS, et al. Surgical techniques in cochlear implants. *Otolaryngol Clin North Am.* 2012;45(1):69-80 (20).

La cirugía de implante coclear es considerada muy segura, sin embargo, las complicaciones postoperatorias aún pueden suceder. Las complicaciones pueden estar relacionadas a la técnica quirúrgica, al cirujano, o falla del dispositivo. Las complicaciones pueden ser divididas en menores y mayores; las menores pueden ser otitis media, parálisis facial, infección de la herida quirúrgica, vértigo, fístula de líquido cefalorraquídeo intraoperatoria (Gusher), tinnitus, estimulación facial, hematoma o lesión del nervio cuerda del tímpano; entre las complicaciones mayores se encuentran la infección o dehiscencia del colgajo, falla del dispositivo, migración del dispositivo, mastoiditis, daño del electrodo o una mala colocación del electrodo (21).

### **3.3.1. IMPACTO DEL IMPLANTE COCLEAR SOBRE LA FUNCIÓN VESTIBULAR**

La posibilidad de presentar un daño en el sistema vestibular se ha descrito y debatido desde los años 70's. Una disfunción vestibular se puede esperar posterior a la colocación de un implante coclear en aproximadamente 3.1% - 77%, mientras que un mareo subjetivo se puede presentar entre un 2% - 49% dependiendo de la severidad de la disfunción (22).

Como ya se sabe, existen múltiples formas de poder evaluar la función vestibular, para los síntomas que se pueden llegar a presentar en el postoperatorio a la colocación de un implante coclear, es importante revisar si existe alguna disfunción de alguno de los órganos que integran al sistema vestibular. Este puede ser evaluado inicialmente mediante métodos clínicos como es el impulso cefálico y se puede auxiliar con la electronistagmografía / videonistagmografía, potenciales miogénicos evocados vestibulares, pruebas térmicas e incluso con la posturografía (23).

Generalmente los síntomas que se han reportado posterior a la colocación de un implante coclear son mareo, vértigo e inestabilidad, aun así, este cuadro clínico puede ser de corta duración y no está claro si dicha sintomatología es secundaria al procedimiento quirúrgico o se deba a otras causas no vestibulares (24).

Dentro de otros potenciales mecanismos de daño se ha sugerido que la disfunción vestibular sea secundaria a una lesión traumática, fibrosis en el vestíbulo, estimulación eléctrica indirecta a los órganos otolíticos, fístula perilinfática, hasta una laberintitis secundaria a una reacción de cuerpo extraño. Incluso el tipo de electrodo puede considerarse un factor; se han visto reportes que mencionan que los electrodos rectos son menos traumáticos que los perimodiolares dentro del oído interno, esto por la probable translocación del electrodo de la escala timpánica a la perimodiolar (25). Aún así, ya que comparten el mismo entorno y la proximidad anatómica de las estructuras cocleares y las vestibulares sugieren una interacción mutua tanto con situaciones fisiológicas como las patológicas (22).

Se ha demostrado que los potenciales evocados miogénicos vestibulares y las pruebas térmicas son los auxiliares diagnósticos más utilizados para evidenciar cambios postoperatorios en los órganos vestibulares terminales (24). Principalmente los cVEMP serían los de mayor importancia para su estudio debido a que el sáculo puede estar particularmente en riesgo por la proximidad que guarda con el área quirúrgica (26).

Cuando se tiene en consideración la posible influencia de la colocación del implante coclear sobre el sistema vestibular se deben de tener en cuenta ciertas variables, una de ellas es la posibilidad que la causa que llevó a la hipoacusia al paciente sea la misma que esté provocando los episodios de mareo / vértigo (22).

En el estudio de Melvin et al., se reporta mediante los cVEMP un daño sacular en el 31% de los oídos que se implantaron mediante un abordaje de ventana redonda (27). En otro estudio conducido por Basta et al., se reportó una ausencia de los cVEMP en el 50% de los pacientes que tuvieron un abordaje por cocleostomía a comparación del 13% de los pacientes con un abordaje por ventana redonda (28).

En el estudio de Wang et al., se demuestra la tasa de deterioro de la función vestibular dependiendo del estudio realizado en pacientes postoperados de implante

coclear con hallazgos tomográficos normales siendo el 38.1% para la pruebas térmicas, 53.3% para los cVEMP, 52% para los oVEMP y finalmente 0% para la prueba de video impulso cefálico (vHIT) en todos los canales semicirculares; estos autores encontraron un mayor deterioro a nivel utricular y sacular (VEMP) con una significancia estadística. Llegaron a la conclusión que los órganos otolíticos son los que mayor probabilidad de daño pueden sufrir, en especial el sáculo, ya que puede ser más vulnerable a un daño quirúrgico por inserción de electrodo, fresado o variaciones del entorno de los fluidos dentro del oído interno (29).

Yokoi y colaboradores llegaron a la conclusión que la colocación de implante coclear bilateral simultánea lleva a una disminución de la función vestibular temporal, pero esta no es prolongada ya que no se mostraron diferencias significativas entre los estudios preoperatorios y los estudios de control al año de la colocación del implante coclear (30).

La evaluación de la función vestibular antes de someterse a la colocación del implante coclear puede ser incluso decisivo para valorar qué oído puede ser el implantado. Si se cuenta con una situación en el que el paciente tiene un estado auditivo muy similar en ambos oídos y no se cuenta con datos que nos inclinen hacia un oído; sabiendo que este procedimiento quirúrgico puede tener impacto sobre la función vestibular, la evaluación vestibular nos puede ayudar en la toma de decisiones de qué oído implantar (22). La función vestibular aún no es considerada dentro de los criterios de implantación, sin embargo, la prevalencia de una disfunción vestibular en pacientes candidatos a la implantación es de 71% y la incidencia de una disfunción vestibular posterior a la colocación de un implante coclear se ha reportado que va de un 20% hasta un 80%, por lo que se le debe de dar su importancia, en especial a pacientes que están considerados para una implantación bilateral. Incluso muchos autores consideran que los pacientes que portan un implante coclear desarrollarán algún tipo de disfunción vestibular asintomática o sintomática (31,32).

Existen ciertas limitantes al momento de la evaluación vestibular en los pacientes implantados. Enfocándose en los potenciales evocados miogénicos vestibulares, los que son provocados por un estímulo de conducción aérea están contraindicados en la presencia de alguna hipoacusia conductiva; así como también estos pueden estar ausentes en los pacientes adultos mayores (mayores de 60 años). Al momento de interpretar las pruebas térmicas, los resultados se pueden confundir debido a una alteración en la anatomía del hueso temporal, de forma que es difícil saber si los cambios son reflejo de la colocación del implante coclear y la alteración de la función vestibular o es secundario a alteraciones en la conducción térmica por los cambios anatómicos en la cavidad mastoidea (24).

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La colocación del implante coclear es considerada una cirugía segura; sin embargo, como cualquier procedimiento quirúrgico se pueden llegar a presentar complicaciones de esta; estas complicaciones pueden estar en relación con la habilidad del cirujano, la propia técnica quirúrgica o por una falla en el dispositivo implantado.

Alguna lesión en el sistema vestibular posterior a la colocación de un implante coclear se puede llegar a presentar como una potencial complicación, sin embargo, tiene una amplia tasa de incidencia y es muy variable su presentación. De igual forma se desconoce el motivo de su presentación clínica, existiendo múltiples teorías, lo que lo vuelve interesante para su estudio.

La función vestibular se puede evaluar de forma completa con la exploración física del paciente y con la utilidad de los auxiliares diagnósticos como son la electronistagmografía, pruebas térmicas y los potenciales evocados miogénicos vestibulares lo que vuelve factible su estudio antes y después de someter a un paciente a la colocación de un implante coclear.

Es ético y de importancia contar con la evaluación de la función vestibular antes de someter al paciente a la colocación del implante coclear para poder realizar una comparativa de esta y poder ver si son consistentes con sintomatología del paciente y en el caso de confirmarlo poder iniciar alguna estrategia terapéutica.

Se trata de un estudio relevante ya que se desconoce la real etiología de una disfunción vestibular posterior a la colocación de un implante coclear. El estudio de las diferentes variables y los cambios en los estudios auxiliares nos pueden orientar a encontrar alguna relación y poder realizar cambios para poder evitar más esta potencial complicación de forma intraoperatoria.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

En el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía «Manuel Velasco Suárez» contamos con el servicio de Neuro-Otología donde se evalúan pacientes con trastornos de audición y del equilibrio. En nuestro servicio contamos con protocolos para pacientes quienes pueden ser candidatos a colocación de implante coclear y de igual forma llevamos a cabo este mismo procedimiento quirúrgico. El departamento de Neuro-Otología también cuenta con el servicio de Audiología y Otoneurología donde se pueden realizar estudios diagnósticos auxiliares como son la electronistagmografía, pruebas térmicas y potenciales evocados miogénicos vestibulares.

Alguna lesión en el sistema vestibular se puede presentar como potencial complicación posterior a la colocación de implante coclear y este puede estar reflejado con sintomatología en el paciente o en los estudios auxiliares postoperatorios.

Los estudios auxiliares diagnósticos nos permiten detectar de forma objetiva cambios en la función vestibular en los pacientes que son sometidos a la colocación de un implante coclear y nos permite buscar variables y relaciones que nos pueden ayudar a buscar estrategias intraoperatorias para disminuir la incidencia de esta potencial complicación.

## **6. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Por lo tanto, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será el resultado de la evaluación de la función vestibular en los pacientes que son sometidos a colocación de implante coclear en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía «Manuel Velasco Suárez»?

## **7. HIPÓTESIS**

Los pacientes que son sometidos a colocación de implante coclear cuentan con alguna disfunción vestibular.

## **8. OBJETIVOS**

### **8.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la función vestibular en pacientes que fueron sometidos a la colocación de implante coclear.

### **8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las características clínicas y sociodemográficas de los pacientes, incluyendo la lateralidad del implante y la causa de la hipoacusia.
- Identificar la función vestibular pre y postoperatoria mediante la electronistagmografía, pruebas térmicas y potenciales evocados miogénicos vestibulares.
- Comparar la función vestibular antes y después de la colocación de un implante coclear.
- Demostrar qué estudio auxiliar es el que aporta más información sobre los cambios posteriores a la colocación de un implante coclear.

## **9. METODOLOGÍA**

Se llevó a cabo un estudio observacional, comparativo, longitudinal, ambispectivo, diseñado para evaluar la función vestibular en pacientes sometidos a la colocación de implante coclear atendidos en el servicio de Neuro-Otología del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía «Manuel Velasco Suárez».

Se incluyeron pacientes mayores de 15 años, de ambos sexos, que fueron sometidos a colocación de implante coclear uni o bilateral, que contarán con estudios

preoperatorios y postoperatorios de electronistagmografía, potenciales evocados miogénicos vestibulares y pruebas térmicas.

Se excluyeron pacientes con antecedentes de cirugía otológica previa al implante, oídos con sospecha o diagnóstico de síndrome de tercera ventaja y pacientes en quienes su nota postoperatoria haya reportado complicaciones postquirúrgicas.

Se eliminaron expedientes y pacientes que no acudieron a realizarse los estudios vestibulares postoperatorios, aquellos con sospecha o diagnóstico de síndrome de tercera ventana después de ingresados al estudio y pacientes con complicaciones quirúrgicas o postquirúrgicas.

La identificación de pacientes se realizó a través de la búsqueda de expedientes de pacientes sometidos a colocación de implante coclear, además durante el periodo de estudio se agregaron los pacientes que acudieron al hospital para la colocación de uno. En los expedientes físicos, se buscaron los resultados de los estudios de función vestibular (electronistagmografía, potenciales miogénicos evocados vestibulares y pruebas térmicas), tanto pre como postoperatorias, estas últimas debieron ser realizadas dentro del primer mes después del procedimiento, en aquellos que aun no contaban con las evaluaciones postoperatorias, se procedió a su realización.

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico a conveniencia, en la muestra se incluyeron a todos los pacientes atendidos entre octubre de 2022 y agosto de 2024, que cumplieron con los criterios de inclusión y no presentaron ninguno de exclusión. Se recolectaron variables sociodemográficas principales (edad y sexo), fecha del implante, diagnóstico que los llevó a la hipoacusia y el oído que fue implantado. Dentro de los estudios preoperatorios y postoperatorios de forma aislada se evaluó la electronistagmografía si esta fue normal o se encontró algún hallazgo; se reportó el porcentaje de las pruebas térmicas siendo normal  $\leq 20\%$  y colocando su interpretación clínica; los potenciales evocados miogénicos vestibulares (VEMP's) se dividieron en cervicales (cVEMP) y oculares (oVEMP) donde se reportó en milisegundos las

latencias de las ondas N1 y P1 solo de la frecuencia de los 500Hz; las frecuencias de 1000Hz y 2000Hz solo se reportaron como presentes o ausentes y se colocó su interpretación clínica. Finalmente se colocó la latencia en milisegundos de los 500Hz y la diferencia de amplitud interaural.

Se consideraron los siguientes valores como normales con respecto a cada estudio electrofisiológico:

- Pruebas térmicas:  $\leq 20\%$
- cVEMP onda N1: 23.33 – 28.33
- cVEMP onda P1: 13.67 – 18.33
- oVEMP onda N1: 8.63 – 12.33
- oVEMP onda P1: 13.33 – 17.67
- Latencia: 5 – 10 milisegundos
- Diferencial de amplitud interaural:  $\leq 0.40$  (40%)

La recolección de datos se hizo con un instrumento estandarizado creado para registrar información sociodemográfica y clínica.

El análisis estadístico se realizó utilizando IBM SPSS Statistics versión 26.0 para Windows. Se llevó a cabo un análisis descriptivo con frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas. Las comparaciones de las variables categóricas se realizaron con la prueba  $\chi^2$  (Chi cuadrada).

El estudio fue aprobado por el Comité de Bioseguridad del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Al tratarse de un estudio observacional basado en la revisión de expedientes clínicos, no se requirió consentimiento informado individual. Se garantizó la confidencialidad de la información conforme a la normativa vigente en materia de protección de datos y ética en investigación.

Las variables se operacionalizaron de la siguiente manera:

<b>Variable de desenlace (Dependiente)</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Instrumento y Unidad de Medición</b>
Electronistagmografía	Estudio que se utiliza para evaluar la función vestibular por medio del registro de los movimientos oculares.	Procedimiento que se utiliza para evaluar a las personas con mareo, vértigo y otros trastornos que afectan la audición y la visión. Consta de nistagmo espontáneo, seguimiento de la mirada, optoquinético, maniobras posicionales y de posicionamiento, sacadas y pruebas térmicas.	Cualitativa Nominal Dicotomómica	- Normal - Alterada
Pruebas Térmicas	Estudio que se realiza para diagnosticar daños en el nervio vestibular y determinar el estado de los laberintos.	Estudio que se utiliza para valorar la función del canal semicircular lateral con la aplicación de agua o aire a temperatura de 44° y 30° o con agua de deshielo.	Cuantitativa Discreta	Porcentaje (%) de función vestibular
Potenciales Evocados Miogénicos Vestibulares (VEMP's)	Estudio que mide la función utrículo-sacular a través del potencial evocado miogénico del músculo esternocleidomastoideo y del músculo oblicuo inferior.	Examen que evalúa el potencial evocado miogénico del músculo esternocleidomastoideo y del músculo oblicuo inferior a partir de una estimulación acústica o vibratoria del laberinto traduciendo la actividad del reflejo sáculo-cólico	Cuantitativa Discreta	Milisegundos (ms)

		y utrículo-ocular. Se dividen en cVEMP (cervicales) y oVEMP (oculares).		
<b>Principales Variables Independientes, Covariables y Confusoras</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Instrumento y Unidad de Medición</b>
Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Grupo de edad al que pertenece un sujeto de estudio	Cuantitativa Discreta	- 15 a 30 años - 31 a 50 años - 51 a 70 años
Sexo	Condición orgánica que distingue, masculino o femenino de los animales	Condición orgánica del sujeto de estudio	Cualitativa Nominal Dicotómica	- Femenino - Masculino
Colocación de Implante Coclear	Procedimiento quirúrgico que consiste en la introducción de un electrodo en la cóclea en los pacientes con hipoacusia profunda neurosensorial.	Procedimiento quirúrgico que consiste en la introducción de un electrodo en la cóclea para la estimulación eléctrica directa. En este estudio su técnica quirúrgica es mediante abordaje de ventana redonda.	Cualitativa Nominal Dicotómica	- Izquierdo - Derecho

## **10. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Los datos recolectados se vaciaron a una Hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, posteriormente los datos fueron codificados y se exportaron para su análisis en el programa IBM SPSS Statistics versión 26.0 para Windows. Se llevó a cabo un análisis descriptivo con frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas.

Las variables cuantitativas se describieron con medidas de tendencia central y dispersión dependiendo de la normalidad de los datos, esta última fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cuando el resultado indicó una distribución normal se describió a la variable con media y desviación estándar ( $\pm$ ), si la variable resultó con una distribución diferente se empleó la mediana y el rango intercuartílico (RIC).

Las comparaciones de las variables categóricas se realizaron con la prueba  $\chi^2$  (Chi cuadrada). Para las variables cuantitativas se empleó la prueba de los signos de Wilcoxon dado que entre los pares de las variables comparadas hubo al menos una con distribución diferente a la normal.

Un valor de  $p < 0.05$  fue tomado como significativo.

## **11. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

De acuerdo con el Título Segundo de los Aspecto Éticos de la investigación en Seres Humanos, Capítulo I Disposiciones comunes, la investigación en la que los seres humanos sean sujeto de estudio, deberán realizarse en el criterio de respeto y dignidad, así como la protección de sus derechos y bienestar. La investigación deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica.

Al tratarse de un estudio observacional, transversal, analítico y retrospectivo; únicamente con información obtenida de expedientes clínicos que cumplan los criterios de selección anteriormente mencionados y de acuerdo con el Artículo 17 del mismo reglamento, la investigación es considerada SIN RIESGO (Categoría I), ya que se emplearán *técnicas y métodos de investigaciones documentales retrospectivas y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas revisión de expedientes*

*clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.* Dicho lo anterior este protocolo cumple con los principios éticos vigentes, con la protección de datos personales, además de la declaración de no conflictos de interés; esto permite la elaboración de este protocolo sin aplicar una Carta de Consentimiento Informado por escrito y en su lugar agregar una Carta de Excepción de Consentimiento Informado.

Dentro de los aspectos éticos fundamentales en esta investigación se encuentra el respeto total hacia la integridad física, emocional y moral del paciente, principio basado en la declaración de Helsinki, Finlandia, en junio de 1964 y cuya última y actualización más reciente se situó en el año 2013, en la 64.º Asamblea General en Fortaleza, Brasil, por la Asociación Médica Mundial, donde se propone los principios éticos que sirven para orientar a los médicos y a otras personas que realizan investigación médica en seres humanos. También menciona que el deber del médico es promover y velar por la salud de las personas. Esta investigación en todas sus etapas está basada en los principios éticos del Informe Belmont de 1979, así como en las recomendaciones de la Conferencia Internacional sobre Armonización de Buenas Prácticas Clínicas (ICH GCP, por sus siglas en inglés), ya que se basa en mantener el respeto a su autonomía, confidencialidad y beneficencia, donde se asegura que durante el proceso de la investigación se evitará el daño, y se buscará intencionadamente un máximo beneficio y se procurará justicia bajo igualdad y sus necesidades individuales.

Además, de acuerdo con el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), en colaboración con la OMS, en su cuarta versión de 2016, hace referencia a las siguientes pautas, de las cuales son de importancia para el siguiente protocolo: 1) valor social, científico y respeto de los derechos, ya que la población en general confían en los resultados de las investigaciones para llevar a cabo actividades y además es considerada para tomar decisiones que repercutirán sobre la salud individual y pública, así como el bienestar social y el uso de recursos limitados; 2) investigación en entornos de escasos recursos, antes de iniciar la investigación, los investigadores y autoridades de salud pública deben asegurarse de

que la investigación responda a las necesidades o prioridades de salud de las comunidades o poblaciones donde se realice la investigación; 3) distribución equitativa de beneficios y cargas en la selección de individuos y grupos de participantes en una investigación, los grupos e individuos invitados a participar deben seleccionarse por razones científicas y no por su situación social o económica o facilidad para manipularse; 4) posibles beneficios individuales y riesgos de participar en una investigación; para justificar la imposición de cualquier riesgo a los participantes en una investigación relacionada con la salud, esta debe de tener valor social y científica; 8) asociaciones de colaboración y formación de capacidad para la investigación y la revisión de la investigación.

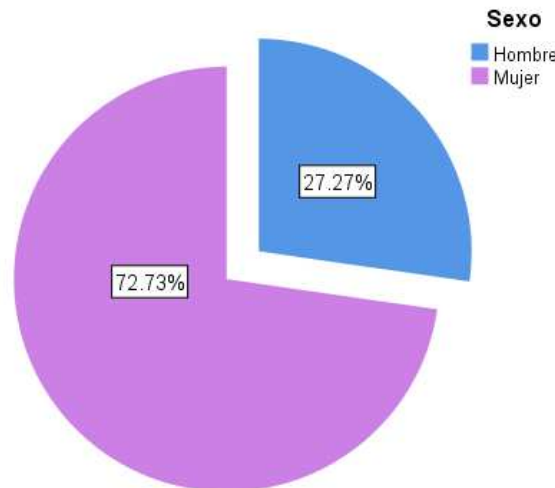
La base de datos que concentró la información personal de los pacientes, así como su información de contacto, existió en una única copia resguardada por los investigadores participantes, y fue manejada con estricta confidencialidad en concordancia con lo establecido por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados. Los investigadores declaran no poseer conflictos de intereses con los resultados del estudio.

## 12. RESULTADOS

### CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A IMPLANTE COCLEAR

La distribución etaria de la población en estudio mostró que el 18.2% (n = 2), de los pacientes se encontraban en el rango de edad de 15 a 30 años, el 27.3% (n = 3), tenía entre 31 y 50 años y el 54.5% (n = 6) entre 51 y 70 años. Respecto al sexo, el 72.7% (n = 8) de los pacientes fueron mujeres y el 27.3% (n = 3) (Figura 6), fueron hombres. 2 pacientes tuvieron un implante coclear bilateral de modo que, aunque la muestra estuvo constituida por 11 pacientes, se tuvieron 13 implantes.

**Figura 6. Distribución de los pacientes en función del sexo (n=11) \*.**

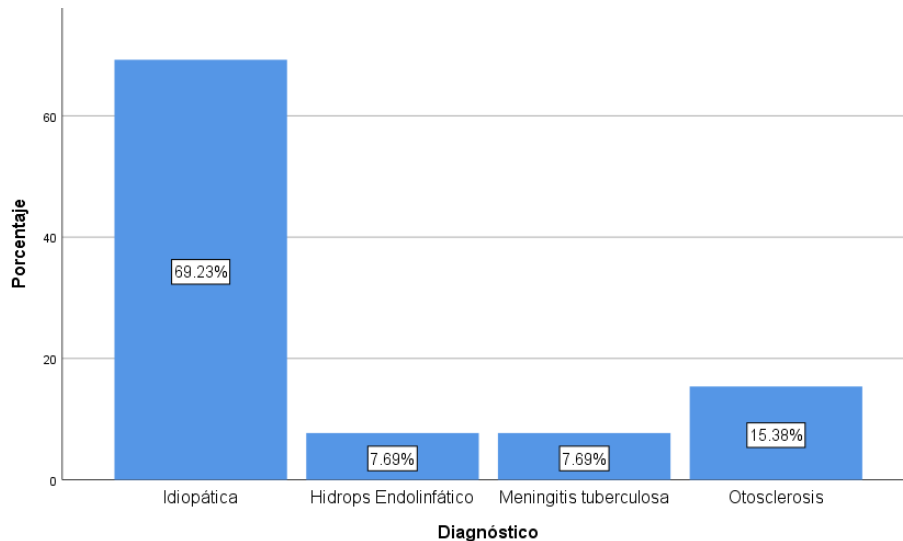


\* Se tuvieron 11 pacientes, pero en 2 el implante fue bilateral, de modo que se contó con una muestra de 13 implantes.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el diagnóstico la causa idiopática fue la más prevalente, constituyendo el 69.2% (n = 9) de los casos, la otosclerosis se encontró en el 15.4% (n = 2) y la meningitis tuberculosa y el *hidrops* endolinfático cada uno en el 7.7% (n = 1) (Figura 7).

**Figura 7. Distribución de los pacientes en función del diagnóstico que llevó a la pérdida de la audición (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al oído implantado, el derecho fue el más prevalente, observado en el 69.2% (n = 9) de los pacientes; el izquierdo se implantó en el 30.8% (n = 4).

Los implantes se realizaron entre octubre de 2022 y agosto de 2024.

## **EVALUACIONES VESTIBULARES PREOPERATORIAS**

En los exámenes preoperatorios, la electronistagmografía (ENG), mostró que el 100% (n = 13) de las muestras se encontraba normal; en las pruebas térmicas tuvieron una mediana del 10.0% con un rango intercuartílico (RIC) de 6.5 a 15.5% de función vestibular, con estos datos la interpretación arrojó que el 76.9% (n = 10) de los pacientes se encontraba normal, el 15.4% (n = 2) tenía arreflexia canalicular y el 7.7% (n = 1), hipoexcitabilidad canalicular.

Con respecto de los potenciales evocados miogénicos vestibulares (VEMP's) cervicales (cVEMP), estos tuvieron una media y desviación estándar de  $14.7 \pm 0.9$  ms a los 500 Hz en P1 y de  $23.8 \pm 0.9$  ms a los 500 Hz en N1; a los 1000 Hz en el 61.5% (n = 8), de las pruebas se encontró presente, mientras que en el 38.5% (n = 5), estuvo

ausente, a los 2000 Hz se encontró el mismo resultado, en el 61.5% (n = 8), estuvo presente, mientras que en el 38.5% (n = 5), estuvo ausente.

Esto se interpretó como cVEMP normales en el 53.8% (n = 7) de los pacientes, hipofunción sacular en el 38.5% (n = 5) y falla sacular en el 7.7% (n = 1).

La latencia tuvo una media y desviación estándar de  $9.1 \pm 0.9$  ms a los 500 Hz y la diferencia de amplitud intraural a los 500 Hz fue de  $0.11 \pm 0.06$  ms.

En cuanto a los VEMP's oculares (oVEMP), tuvieron una mediana de 15.3 ms con un RIC de 0.0 a 16.0 ms a los 500 Hz en P1 y de 10.6 ms con un RIC de 0.0 a 10.8 ms a los 500 Hz en N1; a los 1000 Hz en el 53.8% (n = 7), de las pruebas se encontró ausente, mientras que en el 46.2% (n = 6), estuvo presente, a los 2000 Hz en el 76.9% (n = 10), estuvo ausente, mientras que en el 23.1% (n = 3), estuvo presente.

Esto se interpretó como hipofunción utricular en el 46.2% (n = 6) de los pacientes, oVEMP normales en el 30.8% (n = 4) y falla utricular en el 23.1% (n = 3).

La latencia tuvo una media y desviación estándar de  $4.4 \pm 2.1$  ms a los 500 Hz y la diferencia de amplitud intraural a los 500 Hz fue de  $0.11 \pm 0.06$  ms.

## **EVALUACIONES POSTOPERATORIAS**

La ENG postoperatoria, mostró que el 12% (n = 12) de las muestras se encontraba normal y el 7.7% (n = 1), tenía nistagmo en hiperventilación; en las pruebas térmicas tuvieron una mediana del 17.0% con un RIC de 8.0 a 100 % de función vestibular, con estos datos, la interpretación arrojó que el 61.5% (n = 8) de los pacientes se encontraba normal, mientras que el 38.5% (n = 5) tenía arreflexia canalicular.

Los cVEMP tuvieron una mediana y RIC de 0 ms a los 500 Hz en P1 y de 0 ms a los 500 Hz en N1; a los 1000 Hz en el 92.3% (n = 12), de las pruebas se encontró ausente, mientras que en el 7.7% (n = 1), estuvo presente, a los 2000 Hz se encontró

el mismo resultado, en el 92.3% (n = 12), estuvo ausente, mientras que en el 7.7% (n = 1), estuvo presente.

Esto se interpretó como falla sacular en el 76.9% (n = 10) de los pacientes, hipofunción sacular en el 15.4% (n = 2) y cVEMP normales en el 7.7% (n = 1). Tanto la latencia como la diferencia de amplitud intraural a los 500 Hz fue de 0 ms.

En cuanto a los oVEMP, se observó un resultado similar, a los 500 Hz en P1 y en N1 la mediana y el RIC fueron de 0; a los 1000 Hz en el 92.3% (n = 12), de las pruebas se encontró ausente, mientras que en el 7.7% (n = 1), estuvo presente, a los 2000 Hz en el 84.6% (n = 11), estuvo ausente, mientras que en el 15.4% (n = 2), estuvo presente.

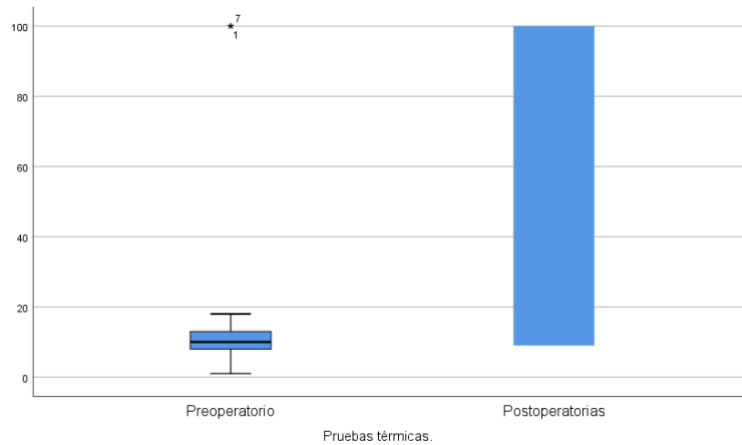
Esto se interpretó como falla utricular en el 61.5% (n = 8) de los pacientes, e hipofunción utricular en el 38.5% (n = 5). La latencia y la diferencia de amplitud intraural a los 500 Hz fue de 0 ms.

## **COMPARACIONES ENTRE LAS MEDICIONES PRE Y POSTOPERATORIAS DE LA FUNCIÓN VESTIBULAR**

Con el fin de conocer si hubo cambios significativos en la función vestibular, se compararon las pruebas pre y postoperatorias. La diferencia entre la ENG pre y postoperatoria no fue calculable debido a que todos los pacientes tuvieron un resultado normal en el preoperatorio 100% (n = 13) y para el postoperatorio solo el 7.7% (n = 1), tuvo un cambio a nistagmo en hiperventilación.

En las pruebas térmicas no se observó una diferencia estadísticamente significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -1.068$ ,  $p = 0.286$ ), a pesar de un aumento del 7.0% en las medianas de debilidad entre las evaluaciones pre y post implante (Figura 8).

**Figura 8. Resultado de las pruebas térmicas pre y postoperatorias en los pacientes con implante coclear (n=13).**

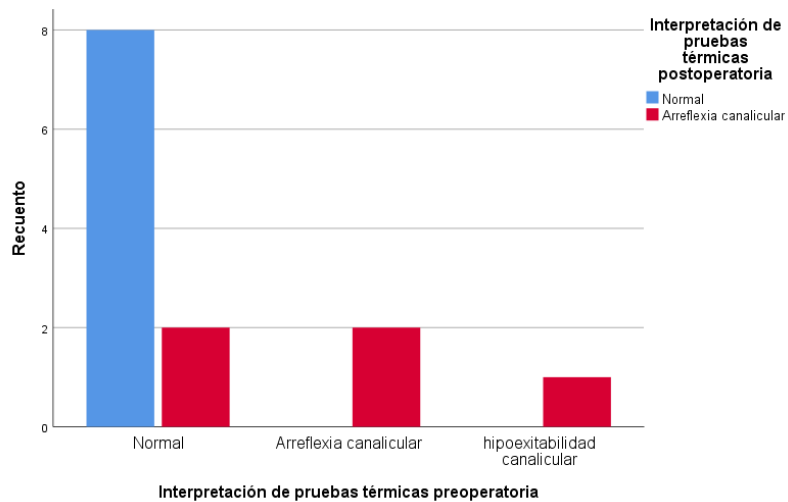


Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados arrojaron una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 6.2$ ,  $p = 0.044$ ) entre la interpretación pre y postoperatoria de las pruebas térmicas, ya que para después del implante coclear dos de los pacientes normales se redujeron y aumentaron aquellos con arreflexia y un paciente con hipoexitabilidad canalicular de igual forma pasó a arreflexia canalicular (Figura 9).

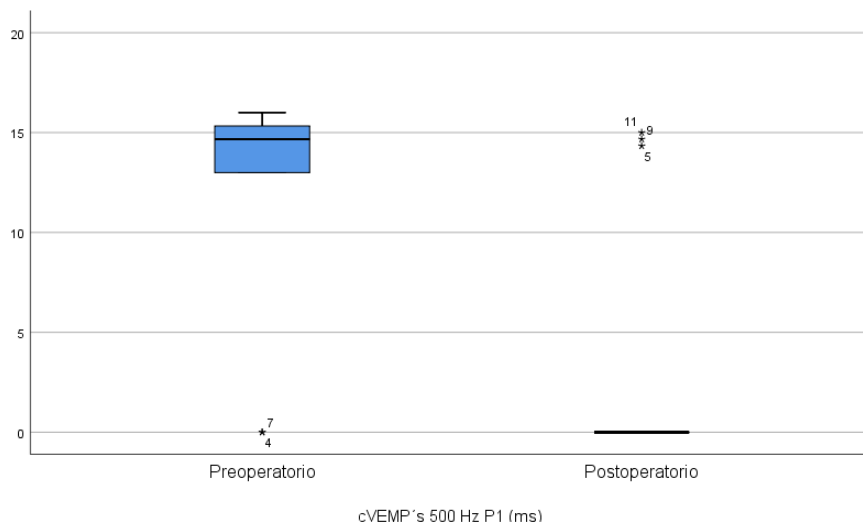
En cuanto a los VEMPs cervicales a 500 Hz, se encontró una diferencia estadísticamente significativa, tanto en P1 como en los de N1; en los primeros se observó una disminución de 14.7 a 0 (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -2.941$ ,  $p = 0.003$ ) y en los segundos la disminución fue de 23.8 a 0 (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -2.507$ ,  $p = 0.012$ ) (Figuras 10 y 11).

**Figura 9. Interpretación de las pruebas térmicas pre y postoperatorias en los pacientes con implante coclear (n=13).**



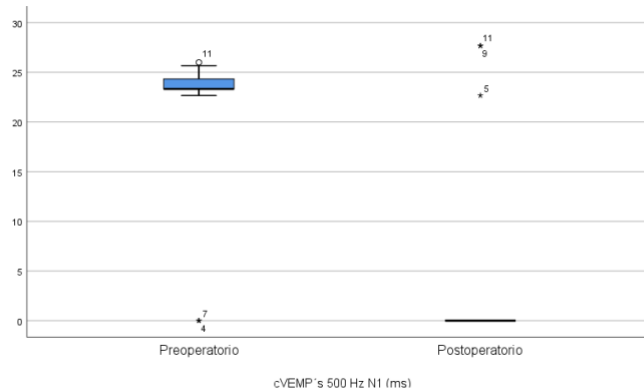
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10. cVEMP a 500 Hz en P1 pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

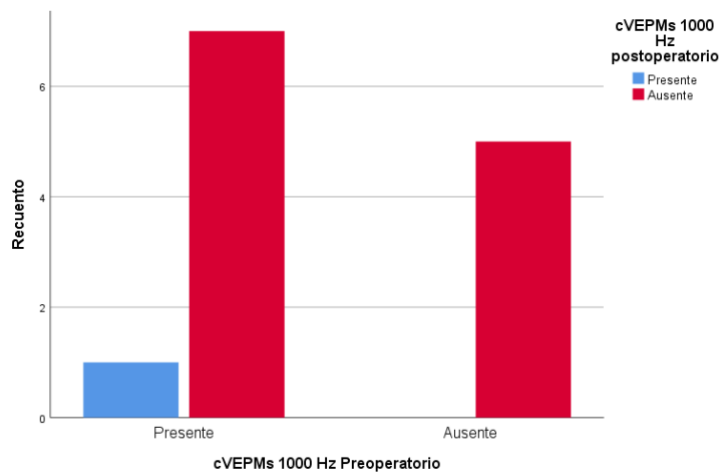
**Figura 11. cVEMP a 500 Hz en N1 pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

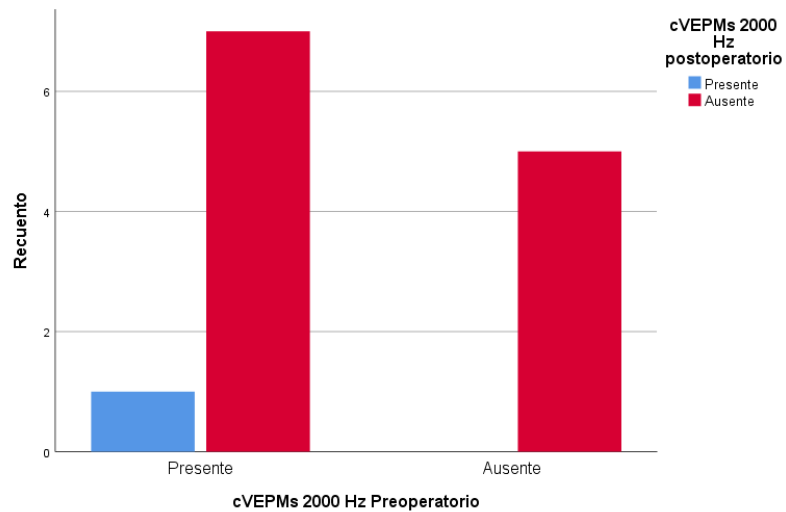
Los cVEMP a 1000 Hz no mostraron una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 6.77$ ,  $p = 0.411$ ), a pesar de que se tuvo un cambio con una disminución de 8 a 1 resultados presentes en el pre y postoperatorio respectivamente (Figura 12). A 2000 Hz tampoco se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 6.77$ ,  $p = 0.411$ ), aún cuando se tuvo el mismo cambio que a 1000 Hz (Disminución de 8 a 1 resultados presentes) (Figura 13).

**Figura 12. cVEMP a 1000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

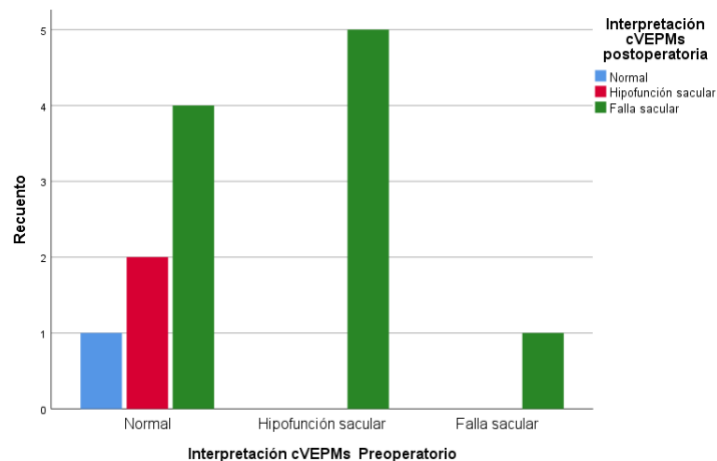
**Figura 13. cVEMP a 2000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la interpretación de los cVEMP, tampoco se tuvo una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 3.343$ ,  $p = 0.502$ ), aunque los resultados arrojaron una disminución de los resultados normales de 7 a 1 entre el pre y postoperatorio y un aumento de la falla sacular de 1 a 10 entre el pre y postoperatorio (Figura 14).

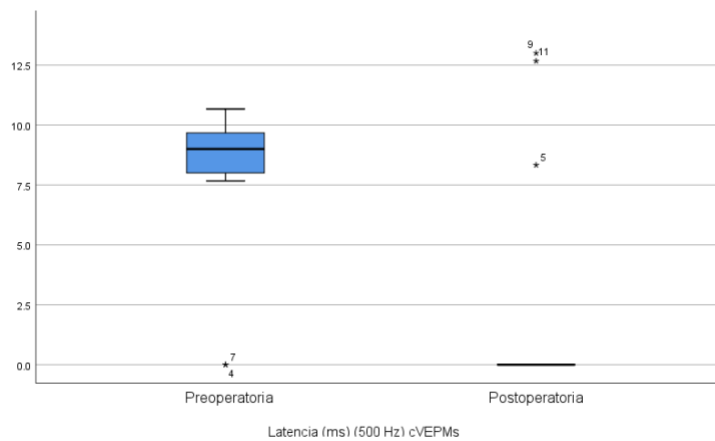
**Figura 14. Interpretación de los cVEMP y comparación pre y postoperatoria en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

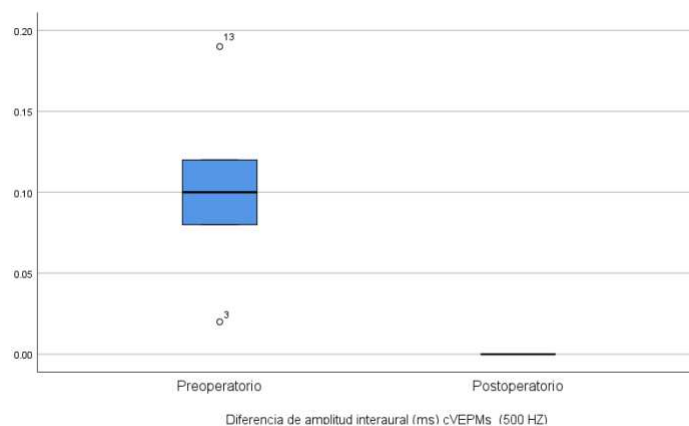
La latencia de los cVEMP a 500 Hz tuvo una diferencia estadísticamente significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = - 2.403$ ,  $p = 0.016$ ) con una disminución de 9.1 a 0 ms entre el pre y postoperatorio respectivamente (Figura 15). Así mismo la diferencia de amplitud interaural a 500 Hz (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = - 2.214$ ,  $p = 0.027$ ) con una disminución de 0.11 a 0 ms (Figura 16).

**Figura 15. Latencia de cVEMP pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

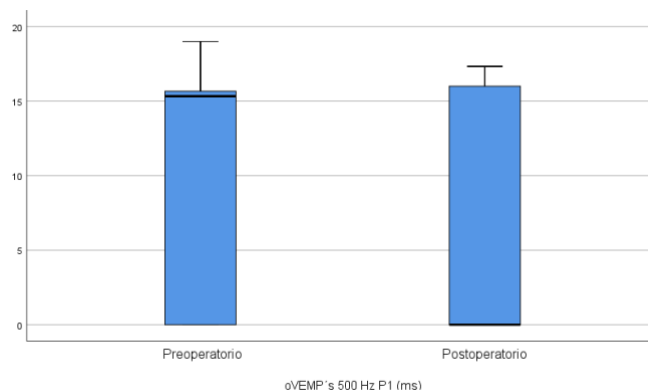
**Figura 16. Diferencia de amplitud intraural de los cVEMP pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

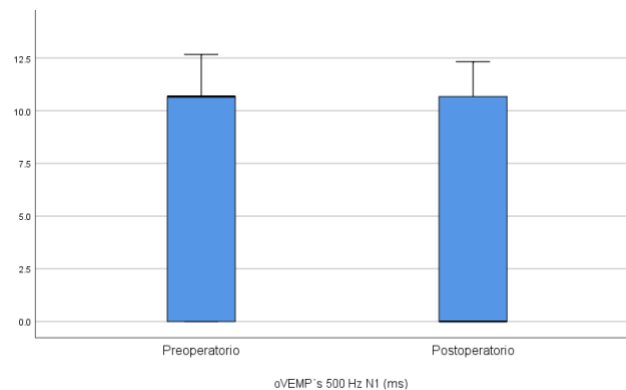
En cuanto a los oVEMP, a 500 Hz en P1 no se encontró una diferencia estadísticamente significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -1.544$ ,  $p = 0.123$ ), aún cuando se tuvo una reducción de 45.3 a 0 ms entre el pre y postoperatorio (Figura 17); en N1 tampoco se encontró una diferencia estadísticamente significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -1.489$ ,  $p = 0.137$ ), a pesar de una reducción de 10.6 a 0 ms (Figura 18).

**Figura 17. oVEMP a 500 Hz en P1 en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18. oVEMP a 500 Hz en N1 en los pacientes con implante coclear (n=13).**

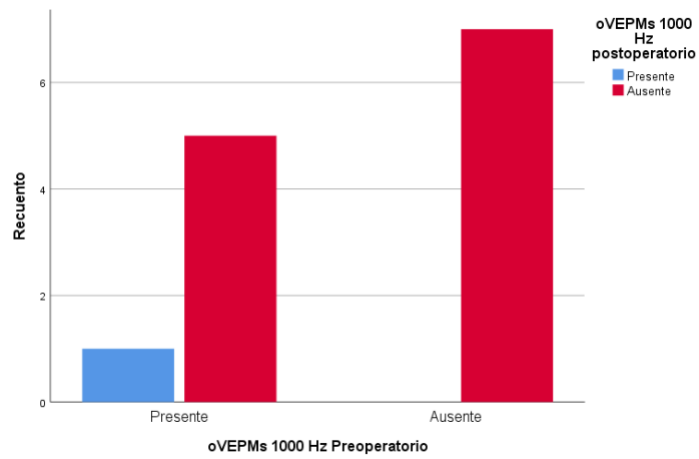


Fuente: Elaboración propia.

Los oVEMP's a 1000 Hz no mostraron una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 1.264$ ,  $p = 0.261$ ), a pesar de que se tuvo un cambio con una disminución de 6 a

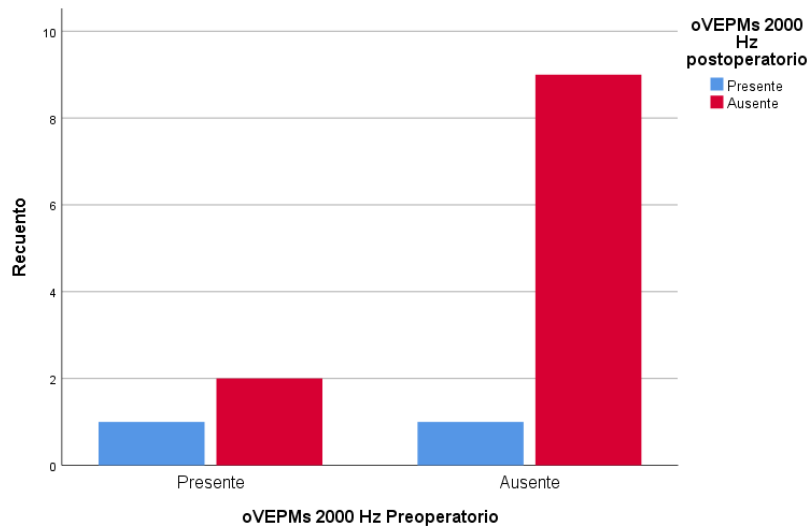
1 resultados presentes en el pre y postoperatorio respectivamente (Figura 19). A 2000 Hz tampoco se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 0.965$ ,  $p = 0.326$ ), aún cuando se tuvo un cambio con una disminución de 3 a 2 resultados presentes (Figura 20).

**Figura 19. oVEMP a 1000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

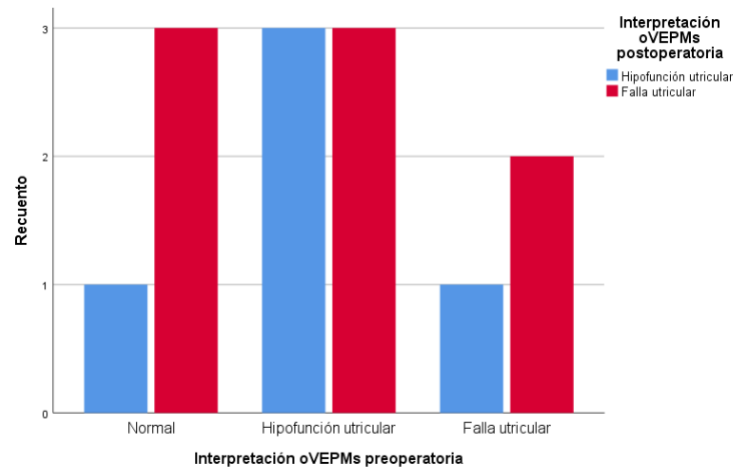
**Figura 20. oVEMP a 2000 Hz pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la interpretación de los oVEMP, no se tuvo una diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 0.677$ ,  $p = 0.713$ ), aunque los resultados arrojaron un ligero aumento de los resultados normales de 4 a 5 entre el pre y postoperatorio y un aumento de la falla utricular de 3 a 8 entre el pre y postoperatorio (Figura 21).

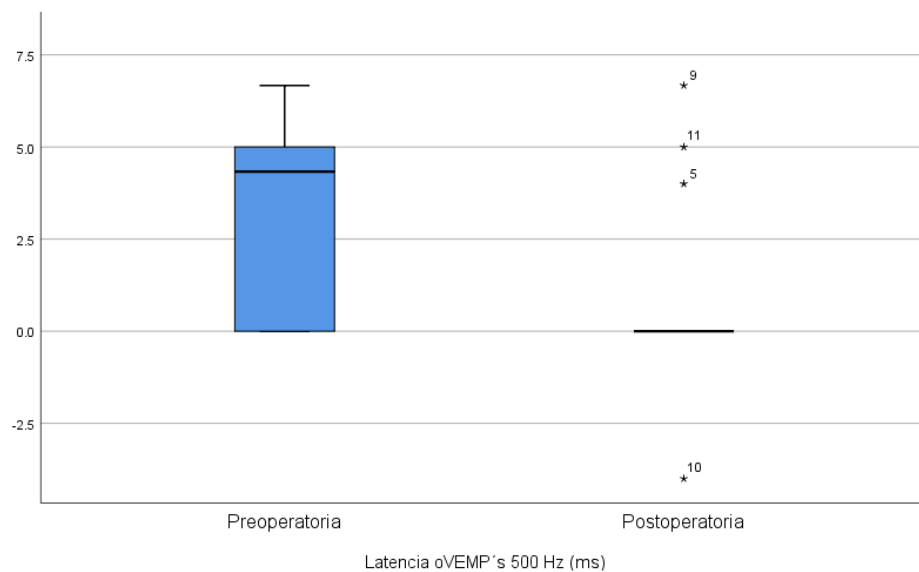
**Figura 21. Interpretación pre y postoperatoria de los oVEMP en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

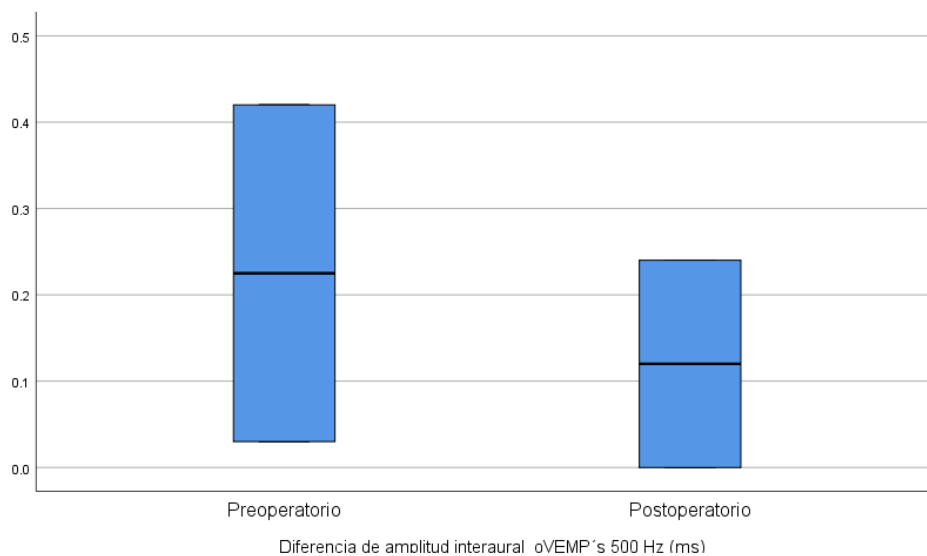
En la comparación de la latencia de los oVEMP pre y postoperatorios se observó una diferencia estadísticamente significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -2.499$ ,  $p = 0.012$ ), observando una disminución de 4.4 a 0 ms (Figura 22). No obstante, en la diferencia de amplitud interaural, no se encontró una diferencia significativa (Prueba de los signos de Wilcoxon,  $Z = -0.447$ ,  $p = 0.655$ ) con una disminución de 0.11 a 0 ms (Figura 23).

**Figura 22. Latencia de los oVEMP pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23. Diferencia de amplitud interaural de los oVEMP pre y postoperatorios en los pacientes con implante coclear (n=13).**



Fuente: Elaboración propia.

### **13. DISCUSIÓN**

La cirugía de colocación de implante coclear es un procedimiento efectivo para pacientes con hipoacusia severa a profunda; su realización depende de varios factores como la duración de la hipoacusia, la edad del paciente, el uso de ayuda auditiva y consideraciones anatómicas, entre otros. A pesar de las grandes ventajas y el aumento de la calidad de vida del paciente al mejorar su audición, durante la colocación del implante se puede provocar un trauma al oído interno, lo que lleva a la presencia de disfunción vestibular. Esta disfunción se puede manifestar principalmente a través de mareo y desequilibrio (33,34).

Los síntomas vestibulares pueden remitir en semanas o hasta meses; no obstante, en algunos pacientes se vuelven permanentes, lo que ocurre en aproximadamente un 33% de los individuos; dicha situación hace necesario el cuestionamiento sobre la utilidad de la evaluación vestibular preoperatoria, para guiar la toma de decisiones, en especial en pacientes con hipoacusia bilateral y presencia de síntomas vestibulares en uno o ambos lados, pues esta situación puede llevar al paciente a tener disfunción vestibular bilateral (33).

En los pacientes del presente estudio, se observó una tendencia hacia la normalidad en la evaluación preoperatoria, la ENG clasificó a todos como «normal» los VEMP's en su mayoría se encontraron dentro de los valores de referencia normales excepto por la latencia de los VEMP's oculares y las pruebas térmicas tuvieron un porcentaje dentro de lo normal, aunque algunos pacientes mostraron alteraciones canaliculares. Los cambios en las evaluaciones postoperatorias difirieron en función de la prueba, la ENG solo se modificó en un paciente, lo que indicó que la mayoría no tuvo un daño vestibular; sin embargo, en las pruebas térmicas el porcentaje indicó un aumento de la debilidad que, aunque no fue significativo, en los resultados cualitativos arrojó un incremento importante de pacientes con arreflexia, un indicativo claro de lesión vestibular. Así mismo en los VEMP's se observó una disminución radical con respuestas postoperatorias de 0 ms prácticamente en todos, y con un aumento importante de la ausencia de

respuesta a 1000 y 2000 Hz, aunque en todos hubo disminuciones, solo los cVEMP mostraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones lo que indica un daño sacular en el nervio vestibular inferior; en especial al tener resultados de 0 ms.

Como se puede observar, los resultados de los VEMP's y de las pruebas térmicas coinciden en la presencia de una lesión vestibular lo que las ratifica como las pruebas más importantes para determinar los cambios vestibulares, como se ha observado en la literatura (24).

Un estudio con resultados similares en especial en los VEMP's cervicales, fue el realizado por Rasmussen *et al.*, quienes observaron una disminución del 50% en las respuestas a 500 Hz en los oídos en los que se colocó un implante coclear e incluso observaron pérdidas en los oídos no implantados (35). El-Rasheedy *et al.*, también observaron resultados similares a los del presente trabajo en los cVEMP, aunque ellos compararon dos técnicas quirúrgicas para la colocación del implante coclear, los resultados mostraron que entre la evaluación preoperatoria y la postoperatoria el 69% de los pacientes no tuvo respuestas en los cVEMP (sin importar la técnica) (36).

En cuanto a las pruebas térmicas, Kuang *et al.*, observaron resultados similares, en una revisión sistemática con metaanálisis que incluyó a 439 pacientes, el 37% mostró una reducción en la velocidad de respuesta y 34% tuvieron asimetría en las pruebas después del implante (37). Así mismo Solci *et al.*, observaron un aumento del 15% en las anomalías de las pruebas térmicas después del implante coclear (66% preoperatorio y 81% postoperatorio) (38).

Por otro lado, los resultados de la ENG fueron diferentes de lo obtenido en otros estudios, un metaanálisis de Hänsel *et al.*, encontró una reducción significativa de las respuestas del reflejo vestíbulo-ocular después del implante coclear en 27 estudios publicados entre 1982 y 2015, con un riesgo de hasta 2 veces más (IC

95% 0.18 – 22.06) de pérdida o reducción del reflejo sobre oídos no implantados (39).

Con estos resultados, las pruebas que más información ofrecen son las pruebas térmicas y los potenciales evocados miogénicos vestibulares, con una mayor aportación de estos últimos.

### **13.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

El presente estudio presentó diversas limitaciones metodológicas que condicionan el alcance y la generalización de sus resultados. Destacó particularmente el tamaño muestral reducido obtenido mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia, situación que limitó la potencia estadística y aumentó la probabilidad de errores tipo II, particularmente en la detección de diferencias vestibulares menos evidentes entre las evaluaciones pre y postoperatorias. Asimismo, el carácter ambispectivo del diseño generó heterogeneidad en los registros obtenidos de forma retrospectiva, implicando un riesgo potencial de sesgo en la recolección de información clínica y electrofisiológica.

Además, al tratarse de pacientes atendidos exclusivamente en un centro hospitalario de alta especialidad, los resultados no son directamente extrapolables a poblaciones generales ni a pacientes tratados en instituciones con menor experiencia en implantes cocleares y estudios vestibulares avanzados.

La ausencia de un seguimiento longitudinal más extenso impidió la evaluación de la evolución clínica a largo plazo del daño vestibular identificado, aspecto relevante dado que la sintomatología puede cambiar o resolverse espontáneamente con el paso del tiempo. Por otra parte, aunque la batería de estudios vestibulares empleados fue integral, no se incorporaron otras evaluaciones complementarias como el video impulso cefálico (vHIT), la prueba rotatoria o métodos posturográficos, los cuales podrían haber aportado información adicional sobre alteraciones funcionales específicas no capturadas con las técnicas empleadas.

Finalmente, no se controlaron variables potencialmente confundidoras como la técnica quirúrgica específica o el tipo de implante coclear utilizado, que pudieron influir directamente en la magnitud y el tipo de daño vestibular observado en los pacientes.

## **14. CONCLUSIÓN**

La evidencia obtenida demuestra que la implantación coclear, aún mediante abordaje de ventana redonda y electrodos de perfil estrecho, induce compromiso vestibular otolítico temprano y clínicamente relevante.

El análisis de los trece implantes reveló que la función canalicular evaluada con electronistagmografía permaneció globalmente íntegra, mientras que las pruebas calóricas sólo registraron un incremento no significativo en la frecuencia de arreflexia; en contraste, los potenciales evocados miogénicos vestibulares mostraron un descenso abrupto y estadísticamente significativo de la excitabilidad sacular y utricular.

Las latencias cervicales P1/N1 y oculares P1 a 500 Hz, así como la relación interaural de amplitud, pasaron de valores fisiológicos a ausencia total de respuesta en la mayoría de los casos, lo que confirma lesión otolítica subclínica ineludible vinculada a la inserción del electrodo.

En conjunto, estos hallazgos subrayan el papel de los VEMP's como biomarcadores electrofisiológicos superiores para la detección precoz del daño utrículo-sacular y justifican su incorporación obligatoria al protocolo perioperatorio.

La identificación temprana de hipofunción otolítica permitirá seleccionar estrategias quirúrgicas menos traumáticas en sujetos de riesgo y prescribir programas de rehabilitación vestibular específicos antes de que se consolide el deterioro postural; asimismo, sienta las bases para diseñar estudios multicéntricos que integren vHIT y posturografía dinámica, con el fin de perfilar modelos predictivos de preservación vestibular y optimizar la práctica otoneuroquirúrgica.

### **14.1. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS**

Los resultados obtenidos sugieren la conveniencia de realizar estudios prospectivos con mayor tamaño muestral que permitan evaluar con mayor detalle el comportamiento clínico de las alteraciones vestibulares secundarias a la cirugía de implante coclear, especialmente considerando variables específicas como la técnica quirúrgica, el diseño del electrodo implantado y características anatómicas individuales que pudieran influir directamente en el riesgo de lesión vestibular.

Desde la perspectiva clínica, se recomienda establecer protocolos multidisciplinares que integren otorrinolaringólogos, neurofisiólogos y rehabilitadores vestibulares con el fin de implementar programas personalizados de rehabilitación precoz, orientados a reducir la morbilidad asociada al daño vestibular inducido por el implante coclear. La incorporación rutinaria de pruebas complementarias, tales como el vHIT, la prueba rotatoria y estudios posturográficos dinámicos, es recomendable para proporcionar información adicional sobre la magnitud y características funcionales específicas del compromiso vestibular.

Asimismo, sería relevante explorar a profundidad la relación entre los hallazgos electrofisiológicos y los síntomas clínicos subjetivos percibidos por los pacientes, utilizando escalas validadas de calidad de vida y discapacidad vestibular, lo que podría contribuir a establecer correlaciones clínico-electrofisiológicas más precisas.

En términos metodológicos, es recomendable ampliar el período de seguimiento postoperatorio para evaluar de manera longitudinal la evolución temporal del daño vestibular y su impacto funcional a largo plazo, incluyendo la posible recuperación espontánea o la progresión hacia secuelas permanentes. Esto permitiría identificar marcadores tempranos de daño vestibular persistente y diseñar intervenciones oportunas para minimizar el impacto clínico negativo en esta población.

Por último, futuras investigaciones deberían considerar el uso de herramientas avanzadas, tales como el análisis mediante inteligencia artificial y modelos predictivos basados en aprendizaje automático, capaces de integrar múltiples variables clínicas, quirúrgicas y electrofisiológicas con la intención de anticipar el riesgo individual de daño vestibular postoperatorio. Estas iniciativas no solo contribuirían a la optimización del proceso de selección de candidatos al implante coclear, sino también permitirían desarrollar intervenciones preventivas específicas y mejorar significativamente la atención integral de estos pacientes en unidades especializadas.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz DRAC, Goycoolea M, Cardemil F. HIPOACUSIA : TRASCENDENCIA , INCIDENCIA Y PREVALENCIA HEARING LOSS : TRANSCENDENCE , INCIDENCE AND PREVALENCE. Rev Clínica Las Condes [Internet]. 2016;27(6):731–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.11.003>
2. Isela R, González B, Castillo S, Lee R. Parámetros de programación del implante coclear. 2017;74(1):65–9.
3. Dhanasingh A, Hochmair I, Dhanasingh A, Hochmair I. Bilateral cochlear implantation Bilateral cochlear implantation. Acta Otolaryngol [Internet]. 2021;141(S1):S1–21. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00016489.2021.1888193>
4. Runge C, Friedland D. Cummings Otolaryngology Head and Neck Surgery: Capítulo 127. Neuroanatomy of the Auditory System. 7a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2020. 1938–1944 p.
5. Loyzaga G. Tratado de Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial: Capítulo 2. Anatomía y Fisiología Aplicadas de la Cóclea y de sus Vías centrales. España: Elsevier Masson; 2009. 17–26 p.
6. Arruñada F. Anatomía del aparato vestibular. Vol. 22, Federación Argentina de Sociedades de Otorrinolaringología. 2015. 47–56 p.
7. Weber P, Khariwala S. Bailey's Head & Neck Surgery Otolaryngology: Capítulo 141. Anatomy and Physiology of Hearing. 5a ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. 2253–2273 p.
8. Lysakowski A. Cummings Otolaryngology Head and Neck Surgery: Capítulo 129. Anatomy of the Vestibular System. 7a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2020. 1958–1976 p.
9. Escajadillo J. Oídos, nariz, garganta y cirugía de cabeza y cuello: Capítulo 1. Embriología y anatomía del oído. 4ta ed. México: El Manual Moderno; 2014. 1–14 p.
10. Rouviere H, Delmas A. Tomo I Cabeza y Cuello: Vasos de la Cabeza y el Cuello. 11a ed. París: Elsevier Masson; 2005. 238 p.
11. Papathanasiou ES, Straumann D. Why and when to refer patients for vestibular

- evoked myogenic potentials: A critical review. *Clin Neurophysiol.* 2019;130(9):1539–1556.
12. Dorbeaua K, Bourgetc L, Renarda C, Calais C. Vestibular evoked myogenic potentials. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2021;138(6):483–488.
  13. Murphy KA, Anilkumar AC. *StatPearls: Caloric Testing.* Florida: StatPearls; 2024.
  14. Starkov D, Strupp M, Pleshkov M, Kingma H. Diagnosing vestibular hypofunction: an update. *J Neurol.* 2021;268(1):377–386.
  15. Saha S, Haldar A, Mondal H. Evaluation of Types of Vertigo With Electronystagmography: An Experience From a Tertiary Care Hospital in West Bengal, India. *Cureus.* 2023;15(2):e35496.
  16. Noreikaite G, Winters R, Shermetaro C. *VNG/ENG Testing.* Florida: StatPearls; 2024.
  17. Dazert S, Thomas JP, Loth A, Zahnert T. Cochlear Implantation. *Dtsch Arztebl Int.* 2020;117(41):690–700.
  18. Achena A, Achena F, Dragonetti AG, Sechi S. Cochlear Implant Evolving Indications: Our Outcomes in Adult Patients. *Audiol Res.* 2022;12(4):414–422.
  19. Vincent C, Arndt S, Firszt JB, Fraysse B. Identification and Evaluation of Cochlear Implant Candidates with Asymmetrical Hearing Loss. *Audiol Neurotol.* 2015;20:87–89.
  20. Mangus B, Rivas A, Tsai BS, Haynes DS. Surgical techniques in cochlear implants. *Otolaryngol Clin North Am.* 2012;45(1):69–80.
  21. Garrada M, Alsulami MK, Almutairi SN, Alessa SM. Cochlear Implant Complications in Children and Adults: Retrospective Analysis of 148 Cases. *Cureus.* 2021;13(12):e20750.
  22. Barbara M, Talamonti R, Benincasa AT, Tarentini S. Early Assessment of Vestibular Function after Unilateral Cochlear Implant Surgery. *Audiol Neurotol.* 2020;25(1–2):50–59.
  23. De Castro F, Petrus L, Rodrigues W, Monteiro I. The effect of cochlear implant surgery on vestibular function in adults: A meta-analysis study. *Front Neurol.* 2022;13:947589.
  24. Piker E, Riska K, Garrison D, Kaylie DM. Vestibular function after cochlear

- implantation: A test battery and case-by-case approach. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2020;5(3):560–571.
25. Koyama H, Kashio A, Fujimoto C, Uranaka T. Alteration of Vestibular Function in Pediatric Cochlear Implant Recipients. *Front Neurol.* 2021;12:661302.
  26. Dhanasingh A, Todt I, Editorial HL. Alterations of Vestibular Function in Cochlear Implantation. *Front Neurol.* 2021;12:740690.
  27. Melvin TA, Della Santina CC, Carey JP, Migliaccio AA. The effects of cochlear implantation on vestibular function. *Otol Neurotol.* 2009;30(1):87–94.
  28. Basta D, Todt I, Goepel F, Ernst A. Loss of saccular function after cochlear implantation: the diagnostic impact of intracochlear electrically elicited vestibular evoked myogenic potentials. *Audiol Neurootol.* 2008;13(3):187–192.
  29. Wang R, Chao X, Luo J, Zhang D. Objective vestibular function changes in children following cochlear implantation. *J Vestib Res.* 2022;32(1):29–37.
  30. Yokoi J, Fujita T, Uehara N, Iwaki S. Vestibular function after simultaneous bilateral cochlear implantation in adults. *Front Neurol.* 2023;14:1304927.
  31. Chan Y. The Need to Consider Vestibular Function in Cochlear Implantation. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2021;14(1):7–8.
  32. Deng J, Zhu Q, Zhang K, Xie D. Vestibular function in children with cochlear implant: Impact and evaluation. *Front Neurol.* 2022;13:938751.
  33. Nayak N, Kellermeyer B, Dornton L, Heyd C, Kim CS, Wazen JJ. Vestibular dysfunction in cochlear implant candidates: Prevalence and outcomes. *Am J Otolaryngol* [Internet]. 2022;43(1):103171. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196070921002726>
  34. Tapia-egoavil R, Cabrera-iturrizaga ML. Frecuencia de atenciones por disfunción vestibular periférica en hospitales de nivel III , Perú. 2019;87–93.
  35. Møller K, Rasmussen B, West N, Tian L, Cayé-thomasen P. Long-Term Vestibular Outcomes in Cochlear Implant Recipients. 2021;12(August).
  36. Khashaba A, Elshafai A, Ezzat W, Nafie Y. Effect of cochlear implantation on the cervical vestibular evoked myogenic potentials. 2020;33(2).
  37. Article R. Impairment of Caloric Function After Cochlear Implantation. 2016;58(August 2015):1387–95.

38. Solci A, Alvez O, Domingues L, Bortoleto R, De Freitas K. Vestibular function in cochlear implant users. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2008;74(2):273–8.
39. Gauger U, Bernhard N, Behzadi N. Meta-Analysis of Subjective Complaints of Vertigo and Vestibular Tests After Cochlear Implantation. 2018;128(9):2110-2123.