

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LUIS GUILLERMO IBARRA
IBARRA

ESPECIALIDAD EN:
AUDIOLOGÍA, FONIATRÍA Y OTONEUROLOGÍA

ANÁLISIS ACUSTICO DE LA VOZ EN PACIENTES HIPOACÚSICOS DE 2 A 5 AÑOS DE EDAD EN EL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN “LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA”

TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE MÉDICO ESPECIALISTA EN
AUDIOLOGÍA, OTONEUROLOGÍA Y FONIATRÍA

PRESENTA:
DR. RICARDO AGUSTÍN GARCÍA ZALAPA

PROFESOR TITULAR:
DRA. XOCHQUETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ

ASESORES
DR. VÍCTOR MANUEL VALADEZ JIMÉNEZ.
DR. EMILIO ARCH TIRADO.



CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO 2018



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.

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN MÉDICA

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
PROFESOR TITULAR.

DR. VÍCTOR MANUEL VALADEZ JIMÉNEZ.
ASESOR CLINICO

DR. EMILIO ARCH TIRADO.
ASESOR METODOLOGICO

ÍNDICE

1	Resumen.....	
2	Antecedentes.....	
3	Justificación.....	
4	Planteamiento del problema.....	
5	Hipótesis.....	
6	Objetivo.....	
6.1	Objetivo General.....	
6.2	Objetivos Particulares.....	
7	Material y Métodos.....	
7.1	Diseño del estudio.....	
7.2	Descripción del universo de trabajo.....	
7.3	Criterios de selección de la muestra.....	
7.3.1	Criterioso de inclusión.....	
7.3.2	Criterios de exclusión.....	
7.3.3	Criterios de eliminación.....	
7.4	Tamaño de la muestra.....	
7.5	Descripción de las variables de estudio y sus escalas de medición.....	
7.6	Análisis estadístico.....	
7.7	Recursos para el desarrollo de la investigación.....	
7.7.1.	Recursos humanos.....	
7.7.2.	Recursos materiales.....	
7.8.	Método de búsqueda de la información.....	
8	Consideraciones éticas.....	
9	Resultados.....	
10	Discusión.....	
11	Conclusión.....	
12	Referencias bibliográficas.....	

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a mis **padres** Silva y Jacinto por darme su apoyo para poder lograr mis objetivos, por ser mi respaldo y por sobre todo por ser el modelo a seguir en todos los aspectos de mi vida.

A mis **hermanos** Becken, Iván y Paty que los 3 han sido mis mejores aliados, mis compañeros de vida y porque ellos han sido otros tutores más en mi vida.

A mi **esposa** Mary que me regaló su comprensión y me ha tenido una paciencia inagotable para verme concluir con mis objetivos de vida, por caminar a mi lado ante los momentos agradables y desdichas en este viaje.

De igual manera y como mis padres, agradezco a los **médicos adscritos** del instituto que me regalaron horas de su vida para encaminarme y mostrarme lo importante de esta carrea, por sus enseñanzas, su paciencia y su comprensión, pero en especial al Dr. Víctor M. Valadez, a la Dra. Xochiquetzal Hernández y a la Dra. Daniela Tejeda por creer en mí, por su apoyo incondicional y por darme consejos como lo hacen los verdaderos amigos.

A mis **asesores metodológicos** el Dr. Emilio Arch y a Ana Lino que son de las mejores personas que he conocido en el Instituto, siempre dispuestos a ayudarme.

A mis **amigos**, que con ellos nos unimos para poder concluir este ciclo, que estaban en los momentos buenos pero sobre todo los malos, que me ayudaron a centrar mi camino y que siempre estaban para darte un abrazo en caso necesario. Principalmente a Pepe, Migue, Amy, Mony, Azu, Mary y Estep.

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN:

La audición regula del sistema fonatorio, las personas con hipoacusia carecen de esta retroalimentación, modificando las características de su voz (tono, timbre e intensidad). Existe poca evidencia acerca del comportamiento vocal en pacientes hipoacúsicos de 2 a 5 años de edad. Pregunta ¿Cuáles serán las características de la voz en pacientes con hipoacusia profunda de 2 a 5 años de edad? Hipótesis: En los pacientes con hipoacusia bilateral profunda, de 2 a 5 años de edad, el análisis acústico de la voz mostrará aumento en el Shimmer (Sh), Jitter (Ji) y de la frecuencia fundamental (F0) con poca producción de armónicos.

OBJETIVO:

Realizar el análisis objetivo de la voz (Shimmer, Jitter, frecuencia fundamental, armónicos, coeficiente de apertura y cierre) en pacientes hipoacúsicos profundos de 2 a 5 años de edad.

METODOLOGÍA:

Se realizó un estudio transversal, observacional y prospectivo. Se captaron pacientes de audiología, ambos géneros, edades entre 2 y 5 años con la posibilidad de ingresar a protocolo de implante coclear diagnosticados con hipoacusia bilateral profunda, previa explicación del estudio y firma del consentimiento informado se realizó análisis acústico de voz en el servicio de Foniatría. Se realizaron pruebas de tendencia central para las variables demográficas, etiología, la F0, armónicos, Sh, Ji y etiología, prueba de "t" de Student para comparar los promedios entre la f0 y los armónicos, se calculó la regresión lineal y correlación entre los coeficientes de apertura y cierre. La obtención de las medidas se realizó por 2 observadores para evitar sesgos de medición. El estudio cumple con los puntos del Código de Nuremberg, los principios éticos de la Declaración de Helsinki, con las pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos y la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud.

RESULTADOS:

Se estudiaron 19 sujetos, 42.1% del género masculino y 57.9% del femenino, edades entre 27 y 67 meses de edad. La etiología, 6(31.6%) hipoacusia bilateral de etiología a determinar, 3(15.8%) de patrón autosómico recesivo, 3(15.8%) por factores perinatales, 2 (10.5%) por trastorno del espectro de la neuropatía auditiva más factores perinatales, 2(10.5%) secundaria a meningoencefalitis bacteriana, 1(5.3%) postinfecciosa, 1(5.3%) por ototóxicos y 1(5.3%) por malformación de oído interno. Se observa un comportamiento creciente con respecto a la f0 y al segundo, tercero y cuarto armónicos. En índices de asimetría F0 y F4 están sesgados a la izquierda, los otros armónicos son positivos. La curtosis siendo una población pequeña el valor de F0 y F3 es muy cercano a 3 por lo que su distribución es mesocurtica. La prueba t para muestras relacionadas, obtuvo entre F0 y F1 valor de la significancia de 0.959, la diferencia entre armónicos significativa de $p=0.0001$. Se obtuvo una correlación de -0.832 para el coeficiente cierre-apertura.

CONCLUSIONES:

El análisis acústico obtuvo datos como que la F0 y F1 son mayores que la registrada en población normooyente, existe gran diferencia entre los armónicos restantes, esto porque el aparato fonoarticulador requiere de retroalimentación acústica. Este es base en la valoración objetiva de la evolución en los pacientes que inicien rehabilitación.

2. ANTECEDENTES.

La audición es la capacidad de percibir las vibraciones sonoras emitidas por un cuerpo, objeto u artefacto, dichas ondas viajan mediante el aire o los huesecillos hasta el órgano periférico auditivo y posteriormente al central, donde se convierte en un estímulo auditivo. Al ser la audición uno de los procesos fisiológicos que nos mantiene en contacto permanente con el medio que nos rodea, es el regulador de otros sistemas, como el de la fonación, el cual es totalmente dependiente de la retroalimentación que otorga el sistema auditivo. La hipoacusia influye tanto en el emisor como en el receptor, alterando tanto la calidad de las emisiones vocales como la recepción de su mensaje.

Para lograr el objetivo de una comunicación óptima, se requiere de la integridad de diversos sistemas, inicialmente el auditivo, ya que es el que provee información sensorial fundamental para retroalimentar el sistema fonatorio, utilizando dicha información para la corrección y/o mejora de comandos musculares asociados con la producción vocal, de tal manera que sea capaz de lograr las modificaciones necesarias para lograr una comunicación inteligible con el medio (1). Al carecer de esta retroalimentación auditiva, el sistema fonatorio también se verá afectado. El proceso fonatorio es el resultado de la asociación funcional de estructuras y procesos diferentes para la obtención de un fin común: la voz y por lo tanto la comunicación. (2)

Las personas hipoacúsicas no pueden controlar la producción de la voz a través de la retroalimentación auditiva, esta alteración en la función auditiva ejerce cambios en la voz, ya que está en relación directa con el porcentaje de pérdida auditiva y por lo tanto el deterioro de la función fonatoria (2). Estas alteraciones varían en gran medida dependiendo del momento de instauración de la hipoacusia, ya que no se observaran las mismas alteraciones en la población infantil con hipoacusia prelingual, que en pacientes de la tercera edad con hipoacusia poslingual. Las cualidades de la voz que experimentan dichos

pacientes poseen características hiperfuncionantes fonatorias como resultado de mecanismos neuromusculares compensatorios. (2)

Las características vocales que se ven afectadas son el tono, el cual puede ser grave o agudo, resultando en una calidad monótona o dando lugar a rupturas y cambios abruptos; la intensidad puede ser aumentada o disminuida, el timbre se caracteriza por ser opaco, hiporrinofónico, hiperrinofónico y la producción de armónicos es pobre. La resonancia en este tipo de pacientes tiende a ser hipernasal, por el uso incompleto de resonadores o la incompetencia velofaríngea posterior (3). Por una acción sinérgica de la fonación y de la articulación, ya que se sostiene entre sí, se añadan deformaciones en la articulación, llevando así, a una deformación en la posición de la laringe, de la actitud de las cavidades supralaríngeas y de la envoltura acústica de las vocales. La fluidez, frecuentemente entrecortada, lenta y escandida, explica la ausencia de ritmo y de melodía que caracteriza la voz de los hipoacúsicos(4).

Podemos llegar a encontrar alteraciones estructurales como menores movimientos de lengua, mandíbula y labios, esfuerzo excesivo en la emisión por aumento de tensión muscular laríngea, musculatura supralaríngea y faríngea, como resultado de un mal control en el tono vocal las cuales culminan en patologías laríngeas. Los pacientes hipoacúsicos no tienen la posibilidad de autocontrol de una emisión vocal, ya que no controlan la vía aérea, pero experimentan una sensación vibratoria a nivel de las cavidades de resonancia, teniendo una retroalimentación parcial por vía ósea. Todo sin que el sujeto, desprovisto de los medios de remediarlo, tenga conciencia de ello.

El análisis acústico de la voz es un instrumento de utilidad el cual nos brinda datos objetivos respecto a las características que presenta la voz de los pacientes hipoacúsicos. Los parámetros que evalúa este auxiliar diagnóstico es la frecuencia fundamental, Jitter, y Shimmer (5). El Jitter indica la estabilidad de la vibración de la cuerda vocal y el Shimmer refleja la regularidad de la dinámica glótica,

especialmente el cierre glótico. (6) La perturbación de la frecuencia puede medirse con vocales sostenidas. Las medidas de la frecuencia fundamental (F_0) hablada proveen información relacionada con la manera en que la persona usa su voz. Sin embargo, las mediciones de la inestabilidad (Jitter) son variaciones relativas en tiempos pequeños. Por lo tanto, la inestabilidad (Jitter) es una medida de la variabilidad de la frecuencia sin tener en cuenta los cambios voluntarios de la frecuencia fundamental.

Los valores pequeños de inestabilidad (Jitter) se consideran normales, mientras que los relativamente grandes son patológicos. Las medidas de la perturbación de la amplitud en general se llaman Shimmer (brillo) y son análogas a las perturbaciones de la frecuencia fundamental Jitter. Las mediciones del (brillo) Shimmer sirven para cuantificar pequeños lapsos de inestabilidad de la señal vocal. La perturbación de la amplitud es una medida basada en la amplitud de cada ciclo fonatorio (7).

El Shimmer y el Jitter (Yoshiyuki, 1982) en el flujo glótico son dos fuentes de perturbación en los parámetros en la forma de la onda glótica. (8). El Jitter se altera principalmente con la falta de control de vibración de los pliegues vocales como sucede en las disfonías neurológicas y el Shimmer se altera fundamentalmente en situaciones de reducción de la resistencia glótica como sucede en las parálisis laríngeas y también en las lesiones de masa (Behlau, 2004) (9). En cuanto a la F_0 se ha observado que en hipoacúsicos es significativamente más alta respecto a personas normooyentes, esto debido al pobre control de la tensión de las cuerdas vocales y la presión subglótica. La F_0 elevada es un mecanismo que utilizan los hipoacusicos para amplificar la sensación auditiva, facilitando así la detección de su propia voz, incluso en presencia de un ambiente inteligible.

En la contraparte la F_0 aumentada refleja un mal control de la laringe, así como su elevación, esfuerzo fonatorio y la incapacidad para controlar la tensión de las

cuerdas vocales y la presión subglótica. Por otro lado, algunos investigadores no han encontrado diferencias importantes entre las voces de los sordos y los sujetos con audición normal. (7) Leder et al. Observaron que cuando se proporciona adecuada retroalimentación auditiva, la Fo es uno de los primeros parámetros que se modifica, aproximándose a los valores normales de sujetos normoventes.

En un grupo de nueve adultos implantados, la F0 fue significativamente menor después del primer día de uso de IC, mientras que la intensidad de expresión no fue significativamente diferente de los valores pre-implante. La implantación coclear tiene menos influencias en la calidad de la voz en los adultos que en los niños hipoacúsicos. Como era de esperar, la sordera prelocutiva en niños mejoró significativamente el control de su fonación después de 6 a 12 meses de uso del implante coclear, sin embargo, en los adultos hipoacúsicos postlocutivos, sólo se detectó una ligera mejora en algunos parámetros de voz después de la implantación. (10)

El autor encontró estos resultados en investigaciones previas:

Tabla 1. Comparación entre el grupo de pacientes hipoacúsicos y pacientes control.

Parámetros	Normal		Hipoacúsicos		Valor P
	M	DE	M	DE	
F0	258.18	9.67	396.11	15.21	<0.05
Jitter (%)	0.18	0.036	0.74	0.045	<0.05
Shimmer (%)	1.62	0.31	4.02	0.16	<0.05
Armónicos	23.53	1.29	13.74	0.77	<0.05

Tabla 2. Datos normativos para voces normales en niños reportados en la literatura.

Autor	Jitter (%)	Shimmer (%)	Instrumento
Campisi et al	1.24	3.35	PVMD
Coelho et al	1.32	3.37	PVMD
Wertzner et al	1.55	-	LCV
Cappellari and Cielo	1.02	6.40	PVMD
Zhang et al	0.25	2.68	Dr. Speech
Hall and Yairi	0.40	4.57	C-Speech

PVMD: Programa de Voz multidimensional. LCV: laboratorio computarizado de voz.

Dehaqan A, Scherer R, et al. Objective Voice Analysis of Boys With Profound Hearing Loss. Journal of Voice, Vol. 25, No. 2, 2011.

El Jitter y Shimmer han mostrado valores más elevados en pacientes hipoacúsicos, mientras que la relación ruido-armónicos muestra altos niveles espectrales. Ambas medidas de perturbación vocal son índices a corto plazo de la estabilidad del sistema fonatorio, y los valores más elevados en hipoacúsicos, puede traducir un menor control neuromuscular laríngeo. La relación ruido-armónicos (HNR) puede ser un índice sensible de la función vocal y cuantifica la cantidad relativa de ruido auditivo en la señal de voz, se ha observado que en el grupo de pacientes hipoacúsicos este resulta significativamente bajo con respecto al grupo de normooyentes. (11)

Otra alteración estructural que podemos encontrar en estos pacientes es un patrón anormal de la vibración de los pliegues vocales. Un ciclo vibratorio de las cuerdas vocales se estudia para comprender los comportamientos biomecánicos y sus correlatos perceptuales, esto se logra por medio de una electroglotografía, el cual es un método no invasivo que permite obtener información sobre los patrones

vibratorios de los pliegues vocales, obteniendo una señal llamada electroglotograma y la representación gráfica, laringograma.

Titze (1990) propone 4 tipos de onda EGG que se correlacionan con la geometría glótica: Tipo I: Onda con pulso alargado (Pulse widening), producto del incremento de aducción. Tipo II: Onda con pico inclinado (Peakskewing), resultado del incremento de convergencia en la glotis y de la diferencia de fase vertical. Tipo III: Onda con borde abombado o arqueado (Skirtbulging): Producto de la superficie medial arqueada de los pliegues vocales. Tipo IV: Onda con borde en rampa (Skitrumping): Resultado del incremento de la fase vertical. (12) Se ha observado que las personas con hipoacusia tienen una calidad de voz deficiente, lo que puede atribuirse al comportamiento vibratorio anómalo de las cuerdas vocales como resultado de la retroalimentación auditiva alterada.

Los patrones de vibración de las cuerdas vocales muestran una hipoconstricción, que es más corto debido a la fase cerrada del ciclo vibratorio. Tales patrones vibratorios son el resultado de una fase abierta más grande en el ciclo (13). La mayor cantidad de alteraciones auditivas podría causar un aumento de las perturbaciones de retroalimentación auditiva, llevando así a las cuerdas vocales a un patrón vibratorio cada vez más irregular. Se ha reportado que el cociente de contacto es anormalmente pequeño en la población hipoacúsica, la cual es directamente proporcional a la pérdida auditiva. El cociente de contacto refleja el movimiento y el estado de las cuerdas vocales durante la fonación, o "abducción de las cuerdas vocales relativa". La medida del cociente de contacto se relaciona con el grado de aproximación de las cuerdas vocales durante la fonación, es decir, a la compresión relativa en el plano horizontal, y, puede proporcionar un criterio objetivo de hipofunción o hiperfunción vocal a una intensidad dada. Por lo tanto, un cociente de contacto bajo indica una fase relativamente abierta más larga del ciclo glotal, que conduce a una calidad de voz de falsete entrecortada o con poca aducción. Al parecer, muchos otros investigadores han encontrado pruebas de

una mayor apertura de la glotis y el flujo de aire fonatorio para algunas personas con pérdida auditiva profunda pre y postlingual. (14)

Cociente de apertura: Tiempo en que los pliegues vocales permanecen abierto del total del ciclo vibratorio. Grado de abducción de los pliegues vocales.

Cociente de Cierre: Tiempo en que los pliegues vocales permanecen cerrados o juntos del total del ciclo vibratorio. Grado de aducción de los pliegues vocales. (15)

3. JUSTIFICACIÓN

Existe poca evidencia científica acerca del comportamiento vocal en pacientes hipoacúsicos severos y profundos de forma bilateral de 2 a 5 años de edad, por lo que el análisis foniátrico es útil para determinar los hallazgos de la voz antes del uso de ayuda auditiva, con ello se podrá tener Impacto en seguimiento evolutivo del paciente, este estudio es factible gracias a que en el Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra se cuenta con la infraestructura y personal capacitado.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No existen datos en México sobre las características vocales de pacientes con un grado de hipoacusia severa/profunda de 2 a 5 años de edad.

¿Cuáles serán las características de la voz en pacientes con hipoacusia severa y profunda de 2 a 5 años de edad?

5.- HIPÓTESIS

En los pacientes con hipoacusia bilateral severa y profunda, de 2 a 5 años de edad, el análisis acústico de la voz mostrará aumento en los valores tanto cualitativos como cuantitativos.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General:

Realizar el análisis objetivo de la voz en pacientes hipoacúsicos severos y profundos de 2 a 5 años de edad.

6.2. Objetivos Particulares:

- Determinación de la frecuencia fundamental en pacientes hipoacúsicos.
- Determinación del shimmer y Jitter en pacientes hipoacúsicos
- Describir las características de la frecuencia fundamental, Shimmer y el Jitter, coeficiente de apertura y cierre.
- Identificar la relación de las diferentes etiologías de la hipoacusia con las características de la voz.

7. MATERIAL Y METODOS

7.1. Diseño del Estudio

- Es un estudio descriptivo, transversal y observacional.

7.2. Descripción del Universo de Trabajo.

- Fueron seleccionados para el estudio los pacientes entre 2 a 5 años de edad que cuenten con el diagnóstico de hipoacusia bilateral severa/profunda.

7.3. Criterios de Selección de la Muestra

7.3.1 Criterios de Inclusión

- Pacientes del servicio de audiología pediátrica de ambos géneros.
- Edades entre los 2 y 5 años.
- Hipoacusia bilateral severa/profunda

7.3.2 Criterios de exclusión

- Discapacidad intelectual
- Malformación de oído externo
- Otitis media recurrente.
- Expediente incompleto

7.3.3 Criterios de eliminación

- Pacientes que no cooperen con la toma de la muestra vocal
- Decidan retirar a su hijo del estudio

7.4 Tamaño de la muestra

- Por las características del estudio y debido a que se está a expensas del número de pacientes a los cuales se les donará ayuda auditiva en 3 años, la muestra estará en base a estos factores

7.5. Descripción de las variables de estudio y sus escalas de medición.

Eficacia	Tipo de variable	Unidad de medición	Concepto
Genero	Dicotómica Nominal	Masculino Femenino	Conjunto de peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos
Edad	Continua de razón	Meses	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.
Etiología	Nominal		Causa por la cual el sujeto de estudio presenta hipoacusia.
Frecuencia fundamental	Cuantitativa continua	Hertz.	Número de vibraciones de los pliegues vocales por segundo.
Shimmer (brillo)	Cuantitativa continua	Porcentaje.	Medida de la perturbación de la amplitud y se llama shimmer (brillo), es análogo a las perturbaciones de la frecuencia fundamental jitter.
Jitter (inestabilidad)	Cuantitativa continua	Porcentaje.	Medida de la variabilidad de la frecuencia fundamental.
Cociente de apertura	Cuantitativa	Porcentaje	Tiempo en que los pliegues vocales permanecen abiertos del total del ciclo vibratorio.
Cociente de Cierre	Cuantitativa	Porcentaje	Tiempo en que los pliegues vocales permanecen cerrados o juntos del total del tiempo del ciclo.
Espectrograma	Cualitativa.	Hz	Permite descomponer una señal compleja en cada una de sus frecuencias parciales. La resolución frecuencial de análisis se calcula dividiendo la frecuencia de muestreo por el número de puntos de la transformada de Fourier.

7.6. Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos se realizaron pruebas de estadística descriptiva en específico de tendencia central para las variables demográficas, etiología, la frecuencia fundamental, armónicos, Shimmer, Jtter y etiología, de la misma

manera se realizó prueba de “t” de Student con la finalidad de comparar los promedios entre la frecuencia fundamental y los armónicos, por último se calculó la regresión lineal y correlación entre los coeficientes de apertura y cierre. Se utilizó el software IBM SPSS Statistics versión 19.

7.7. Recursos para el desarrollo de la investigación.

7.7.1. Recursos humanos

- Médico residente en Audiología, Otoneurología y Foniatría.
- Médico especialista en Audiología, Otoneurología y Foniatría.
- Maestro en ciencias de la Salud.
- Doctor en Ciencias de la Salud.

7.7.2. Recursos materiales

Se utilizó una computadora laptop AcerApire 5253 con procesador AMD RadeonHd propiedad del tesista para realizar el trabajo de investigación.

Los pacientes que ingresan al servicio de Audiología se someten a valoración audiológica, la cual comprende la realización de:

Audiometría tonal: Prueba fundamental básica subjetiva. Consiste en la obtención de los umbrales auditivos para las distintas frecuencias por medio de sonidos puros que abarcan el rango comprendido entre los 125 y los 8.000 Hz, con incremento de una octava entre ellas.

Logaudiometría: Tiene como objetivo evaluar la capacidad de comprensión de la palabra, es decir, la capacidad para percibir el lenguaje hablado. Da una idea mas global del potencial auditivo de una persona.

Impedanciometría: Evalúa la distensibilidad o facilidad para la progresión de la energía sonora (admitancia) del sistema timpanoosicular en dos situaciones: En función de una presión ejercida en el conducto auditivo externo (curvas de timpanometría) y con estimulaciones acústicas de intensidad elevada (estudio del reflejo estapadial).

Emisiones otoacústicastransientes: Sonidos generados en la cóclea que pueden registrarse en el conducto auditivo externo como reflejo de la integridad de los mecanismos cocleares auditivos. Puede considerarse que el registro de una otoemisión acústica provocada es como un tes de cribado para umbrales de 30 dB HL. Su resultado verifica la integridad de la micromecánica coclear.

Potenciales provocados auditivos de tallo cerebral: Representan la respuesta electrofisiológica del sistema nervioso tras una estimulación sonora. No constituyen una exploración que mida la audición en sentido estricto, sino una representación de la actividad funcional de la vía auditiva.

Potenciales evocados de estado estable: Su registro permite determinar umbrales específicos por frecuencia con un ahorro de tiempo, ya que se estimula de manera simultánea con diferentes tonos, e incluso binauralmente.

Se canalizan al servicio de foniatría para la toma de muestra para el 1er análisis de voz, mediante el análisis acústico de voz con el sistema Ling Waves Voice Clinic Suite en el laboratorio de voz del Servicio de Foniatría antes de utilizar los auxiliares auditivos.

7.8. Método de búsqueda de la información.

Se solicitó al servicio de Audiología la canalización de pacientes entre 2 a 5 años de edad que se perfilaran para a evaluación por el comité de implante coclear ya que este estudio se desprende de la línea de investigación paciente con estas características.

8. Consideraciones éticas

Este estudio cumple con todos los puntos del Código de Nuremberg, los principios éticos y directrices para la protección de sujetos humanos de investigación del Informe Belmont, los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki, con las pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos CIOMS y a la Ley General de Salud

en materia de investigación para la salud, título segundo, capítulo I, artículo 17, categoría II. Se les explicó la naturaleza del estudio con el procedimiento que se llevaría a cabo y se solicitó firmaran la carta de consentimiento informado a cada paciente.

9. Resultados.

Se estudiaron 19 pacientes con diagnóstico de hipoacusia profunda bilateral del servicio de audiología del INRLGII, 8 (42.1%) del género masculino y 11 (57.9%) del femenino (ver tabla 1), con edades comprendidas entre los 27 y 67 meses de edad con una (rango de 40) y un promedio de edad de 52.05 ± 10.73 meses (media \pm desviación estándar). Las edades más frecuentes fueron 58 meses con 3 pacientes y 47 y 64 meses con 2 pacientes respectivamente (ver tabla 2).

Con respecto a la etiología de los pacientes, 6 (31.6%) presentaron hipoacusia bilateral de etiología a determinar, 3 (15.8%) hipoacusia bilateral de patrón autosómico recesivo, 3 (15.8%) hipoacusia bilateral por factores perinatales, 2 (10.5%) hipoacusia bilateral por trastorno del espectro de la neuropatía auditiva (TENA) más factores perinatales, 2 (10.5%) hipoacusia bilateral secundaria a meningoencefalitis bacteriana, 1 (5.3%) hipoacusia bilateral postinfecciosa, 1 (5.3%) hipoacusia bilateral secundaria a ototóxicos y 1 (5.3%) hipoacusia bilateral por malformación de oído interno y medio (ver tabla 3 y gráfica 1).

Tabla 1. Género de los pacientes estudiados

Género	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	8	42.1
Masculino	11	57.9
Total	19	100

Se observa que el sexo femenino fue el más frecuente con 11 pacientes.

Tabla 2. Edad de los pacientes

Edad en meses	Frecuencia	Porcentaje
27	1	5.3
36	1	5.3
40	1	5.3
42	1	5.3
46	1	5.3
47	2	10.5
49	1	5.3
53	1	5.3
54	1	5.3
55	1	5.3
58	3	15.8
59	1	5.3
64	2	10.5
65	1	5.3
67	1	5.3
Total	19	100

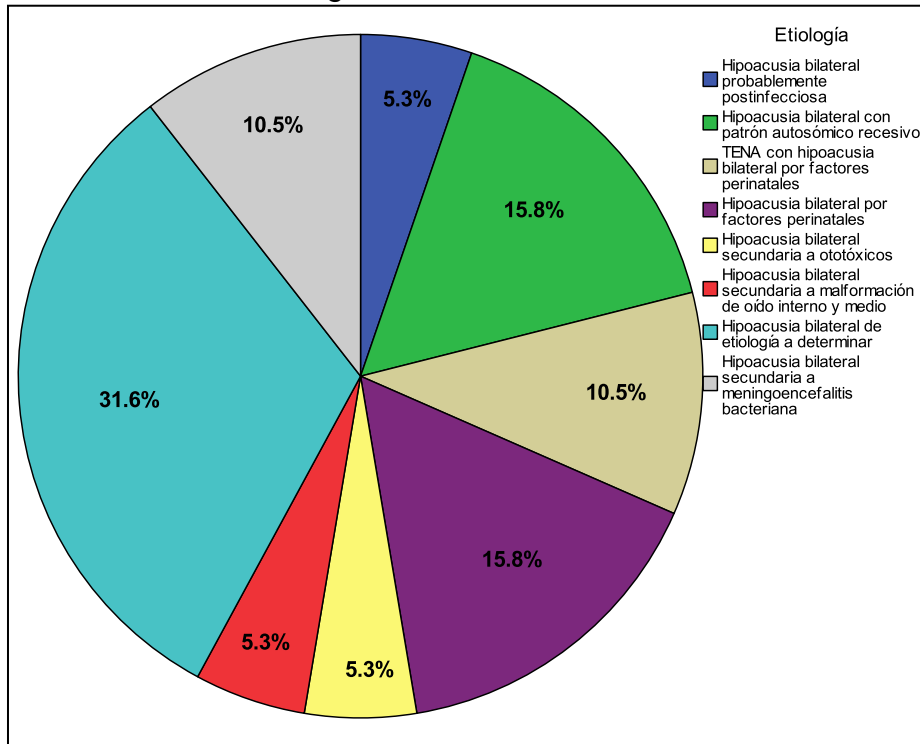
Se observa que las edades más frecuentes fueron 58, 47 y 64 meses

Tabla 3. Etiología de los pacientes estudiados

Etiología	Frecuencia	%
Postinfecciosa	1	5.3
Patrón autosómico recesivo	3	15.8
Trastorno del espectro de la neuropatía Aditiva con hipoacusia bilateral por factores perinatales	2	10.5
Factores perinatales	3	15.8
Secundaria a ototóxicos	1	5.3
Malformación de oído interno	1	5.3
Etiología nodeterminada	6	31.6
Meningoencefalitis bacteriana	2	10.5
Total	19	100

Se observa que la patología más frecuente fue hipoacusia bilateral de etiología a determinar

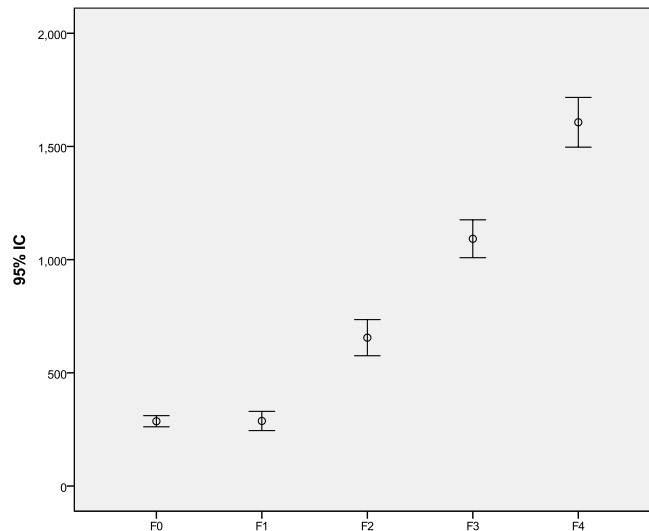
Gráfica 1. Distribución de etiología



Se observa que la etiología más frecuente fue hipoacusia bilateral de etiología a determinar

Con base a las medias y desviaciones estándar obtenidas se construyó una gráfica de dispersión con la finalidad de conocer la diferencia entre la frecuencia fundamental (F0) y sus primeros 4 armónicos (F1, F2, F3, F4) en donde se observa un comportamiento creciente con respecto a la frecuencia fundamental y al segundo, tercero y cuarto armónico. Llama la atención que F0 y F1 son iguales; esto se debe posiblemente a aspectos morfológicos del aparato fonoarticulador ya que la distancia de la boca a la laringe es pequeña en comparación con los adultos generando sonidos más complejos por la caja de resonancia existente (ver gráfica 2).

Gráfica 2. Gráfica de error estándar de la frecuencia fundamental y sus armónicos



Se observa que la dispersión entre F0 y F1 es igual

Llama la atención que en índices de asimetría F0 y F4 están sesgados a la izquierda lo que significa que tenemos valores muy por debajo de la media, los otros armónicos son positivos, lo que significa que tenemos valores alejados de la media, por lo que podemos concluir que debido al tamaño de la población encontramos datos atípicos reflejados por valores por debajo y por encima de la media, de esta manera, para estudios futuros se deberá amentar el tamaño de la muestra para evitar la presencia de este tipo de valores en el índice de asimetría. Con respecto a curtosis llama la atención que aun siendo una población tan pequeña el valor de F0 y F3 es muy cercano a 3 por lo que su distribución es mesocurtica (ver tabla 4).

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la frecuencia fundamental y armónicos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desviación estándar.	Varianza	Asimetría	Curtosis
					Estadístico	Error estándar			Estadístico	Estadístico
F0	19	251.36	153.00	404.36	286.1626	11.73775	51.16366	2617.720	-.470	2.841
F1	19	340.00	120.00	460.00	287.3684	20.24473	88.24474	7787.135	.044	-.122
F2	19	600.00	360.00	960.00	655.2632	37.98560	165.57537	27415.205	.058	-.771
F3	19	770.00	680.00	1450.00	1092.1053	39.82843	173.60808	30139.766	.145	2.006
F4	19	800.00	1180.00	1980.00	1606.8421	52.27040	227.84138	51911.696	-.086	-.915
N	19									

Se observan los valores de F0 y F4 sesgados a la izquierda

Se calculó la prueba t para muestras relacionadas con la finalidad de evaluar si existía diferencia significativa entre F0 y los armónicos en forma pareada, de esta manera, se obtuvo que entre F0 y F1 no existe diferencia significativa; llama la atención que el valor de la significancia es 0.959 lo que quiere decir considerando el valor obtenido que es una igualdad matemática. En lo que respecta a la diferencia entre armónicos la diferencia es significativa en las 3 pruebas para $p=0.0001$ (ver tabla 5)

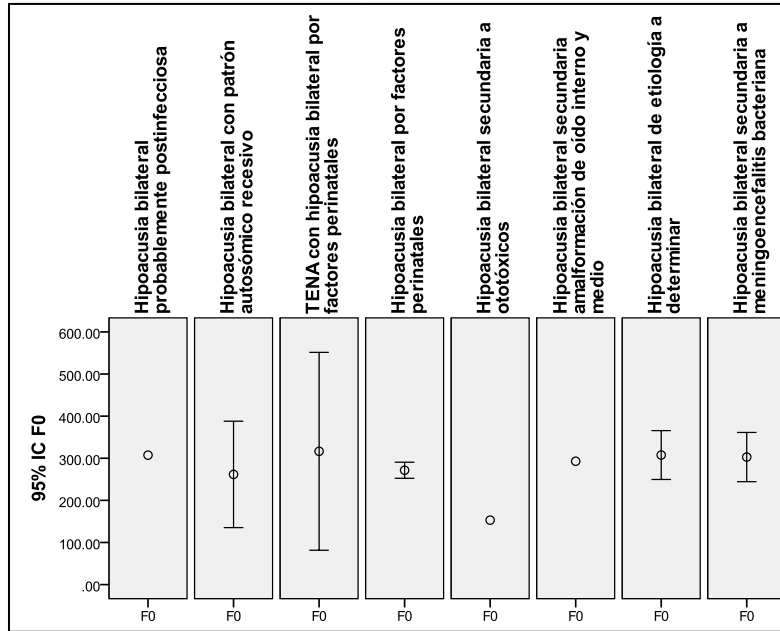
Tabla 5. Prueba t de muestras relacionadas

Muestras relacionadas	Formantes	Significancia
Par 1	F0 - F1	.959
Par 2	F2 - F1	.0001
Par 3	F3 - F2	.0001
Par 4	F4 - F3	.0001

Se observa que no se encontró diferencia significativa entre F0 y F1

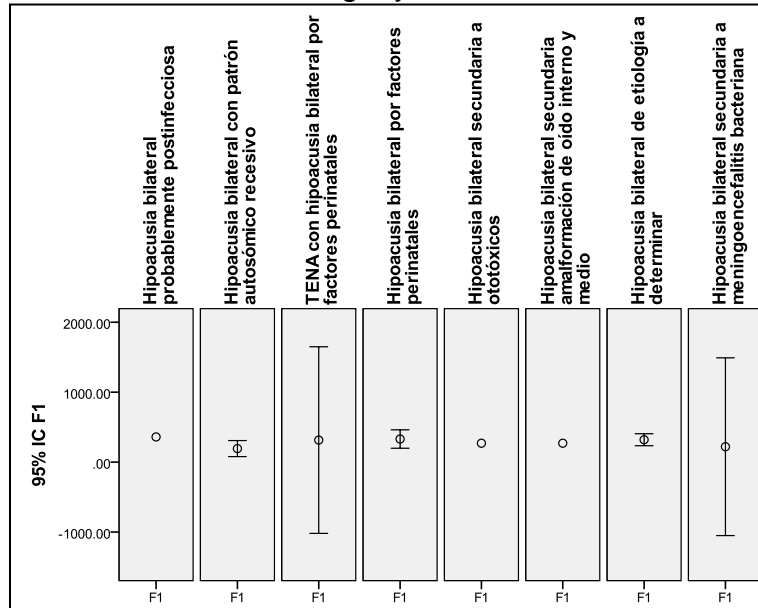
Al construir gráficas de error considerando etiología y F0 se observa menor dispersión en hipoacusia bilateral por factores perinatales, lo que significa que los valores de F0 en estos pacientes son similares (ver gráfica 3). Con respecto a etiología y F1 se destaca el hecho de que las dispersiones más pequeñas se ubicaron en los pacientes con hipoacusia bilateral con patrón autosómico recesivo y en los de hipoacusia por factores perinatales y de etiología a determinar (ver gráfica 4). En el caso de etiología y F2 la dispersión más pequeña se presentó en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar (ver gráfica 5). Al considerar etiología F3 y F4, la dispersión más pequeña se ubicó en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar y por factores perinatales (ver gráficas 6 y 7). Al analizar etiología y Shimmer se observa la dispersión más pequeña en los pacientes con hipoacusia bilateral secundaria a meningoencefalitis bacteriana (ver gráfica 8), finalmente, con respecto a etiología y Jitter la dispersión más pequeña se obtuvo en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar (ver gráfica 9).

Gráfica 3. Gráfica de error entre etiología y F0



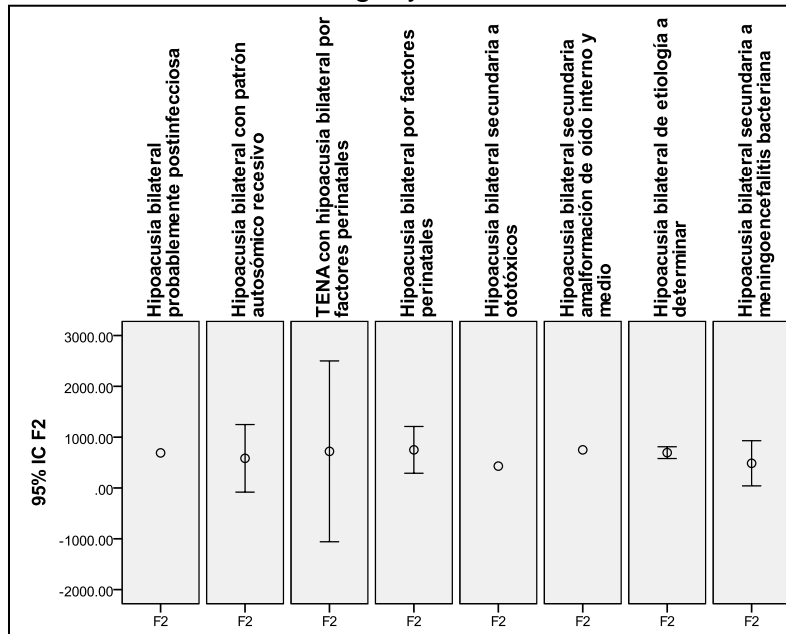
Se observa que la dispersión más pequeña se presentó en los pacientes con hipoacusia bilateral por factores perinatales

Gráfica 4. Gráfica de error entre etiología y F1



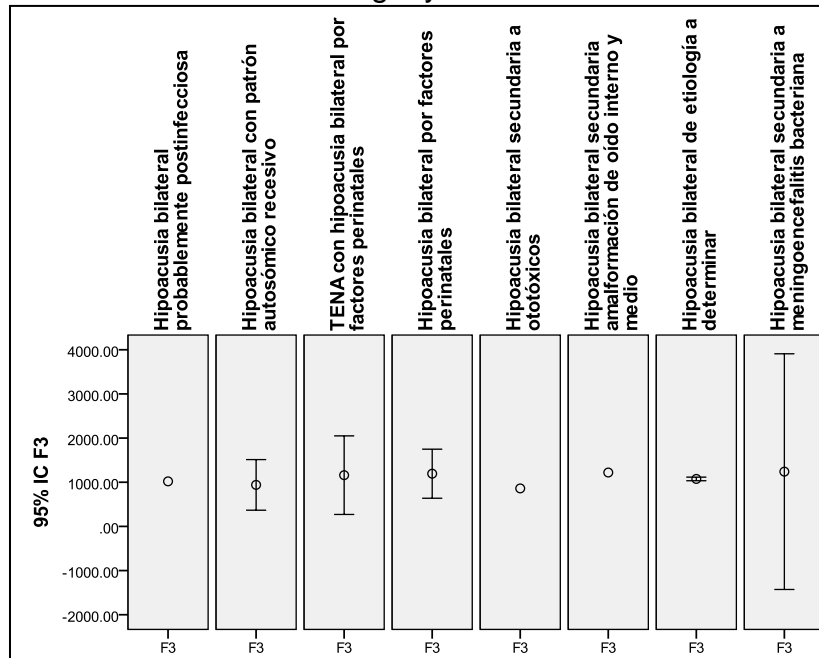
Se observa que las dispersiones más pequeñas se presentaron en los pacientes con hipoacusia bilateral con patrón autosómico recesivo, por factores perinatales y de etiología a determinar.

Gráfica 5. Gráfica de error entre etiología y F2



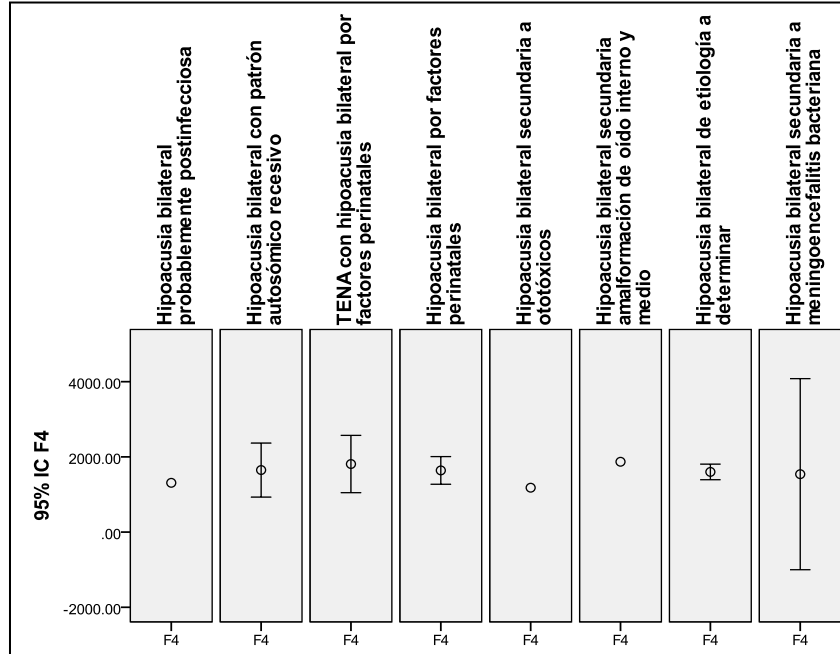
Se observa que la dispersión más pequeña se localizó en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar

Gráfica 6. Gráfica de error entre etiología y F3



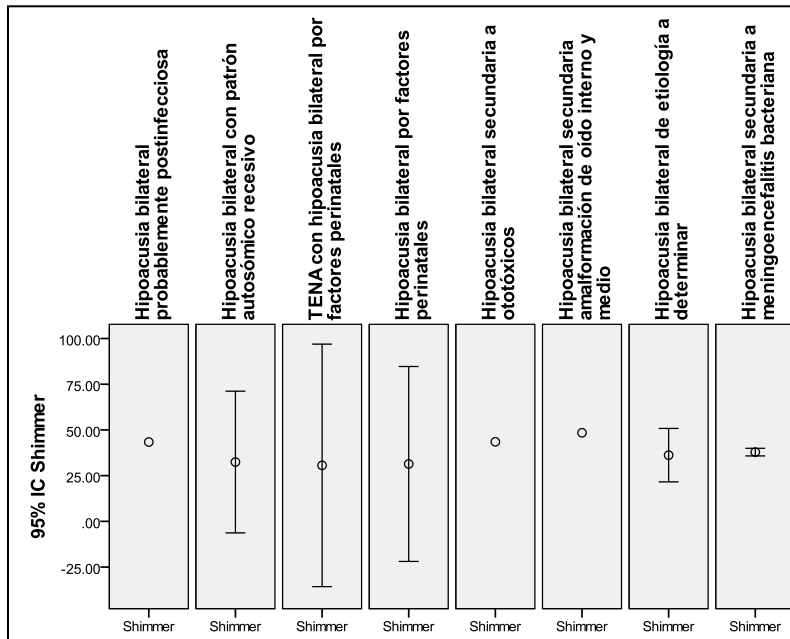
Se observa la dispersión más pequeña en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar

Gráfica 7. Gráfica de error entre etiología y F4



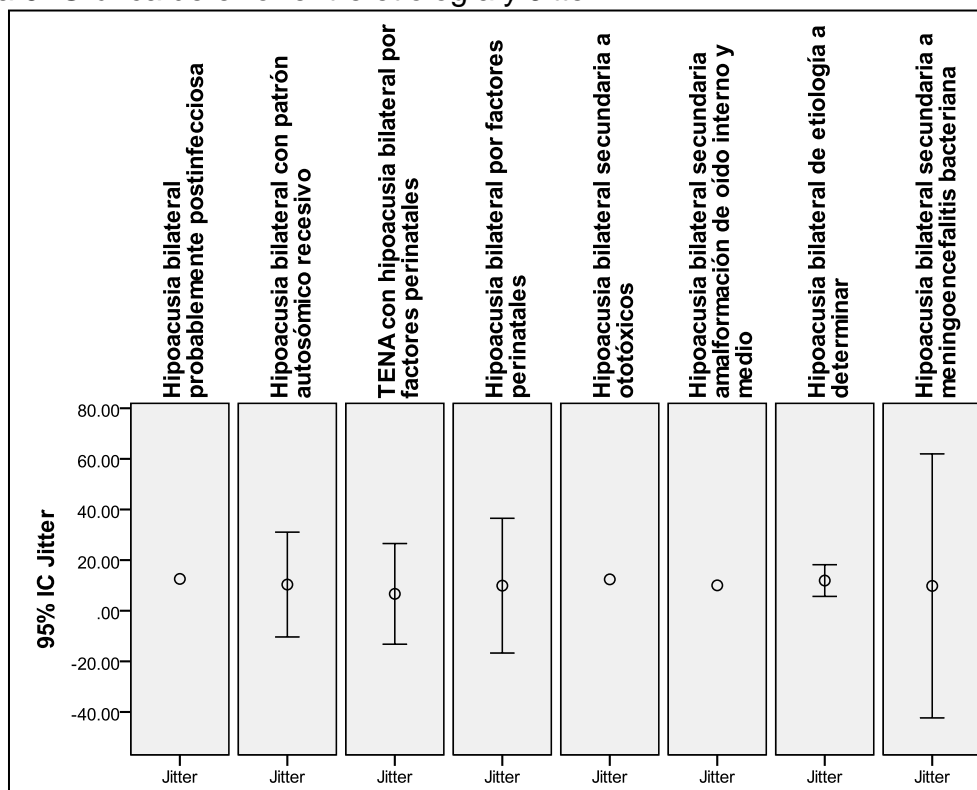
Se observa la dispersión más pequeña en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar

Gráfica 8. Gráfica de error entre etiología y Shimmer



Se observa la dispersión más pequeña en los pacientes con hipoacusia bilateral secundaria a meningoencefalitis bacteriana

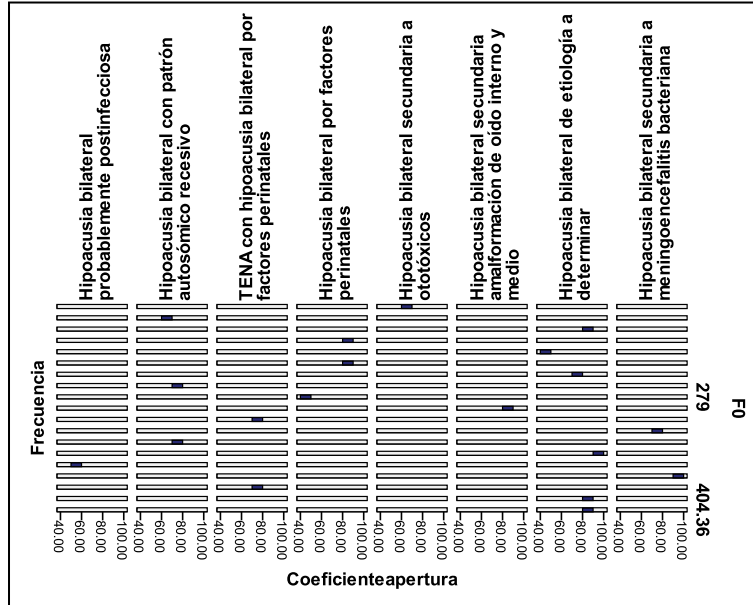
Gráfica 9. Gráfica de error entre etiología y Jitter



Se observa la dispersión más pequeña en los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar

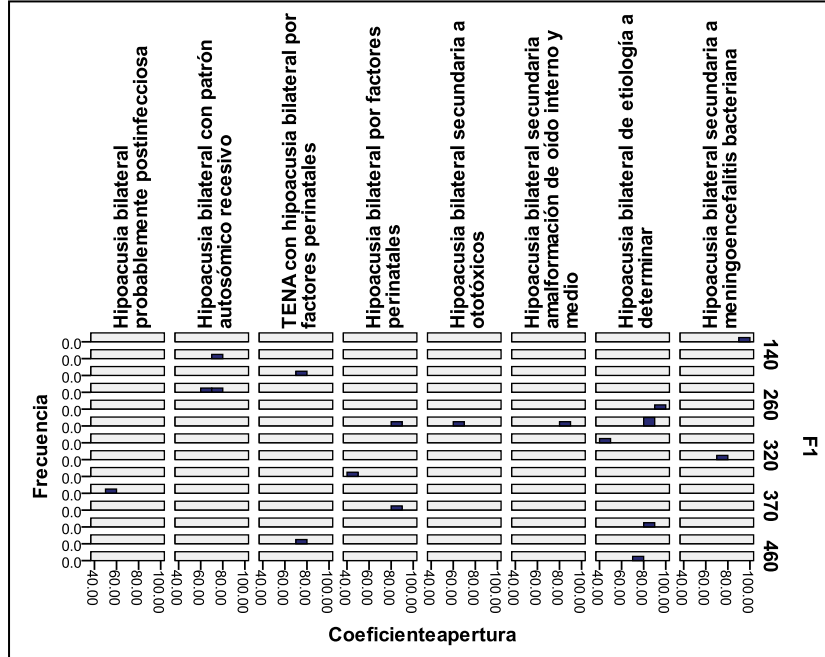
Se construyeron histogramas con la finalidad de determinar la relación entre las variables coeficiente de apertura, F0, F1, F2, F3, F4 y etiología, obteniendo que los pacientes con hipoacusia bilateral con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva obtuvieron coeficientes de apertura similares en todas las formantes, no así en el caso de los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar, en la que se obtuvieron los valores menos uniformes (ver gráficas 10, 11, 12, 13 y 14).

Gráfica 10. Histograma de las variables coeficiente de apertura, F0 y etiología.



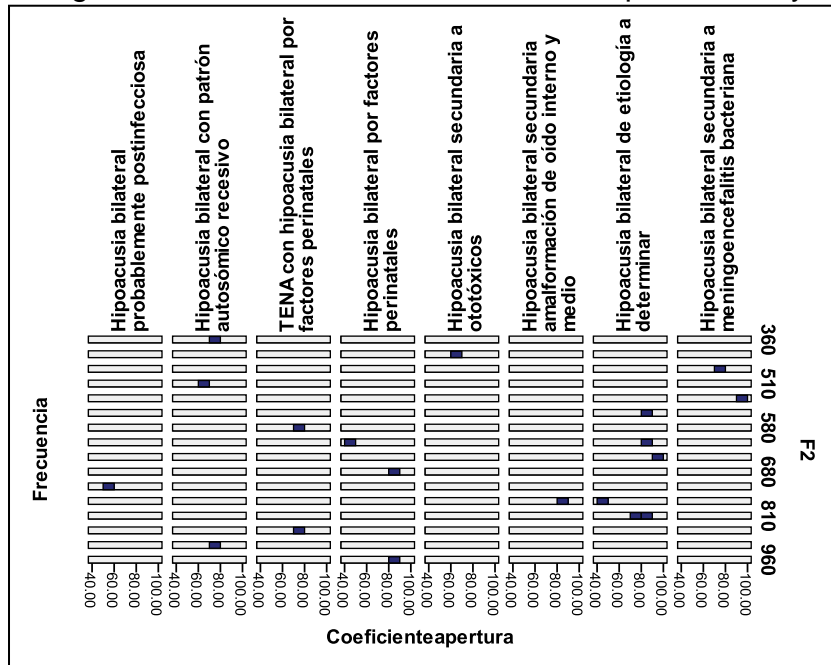
Se observan coeficientes de apertura similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 11. Histograma de las variables coeficiente de apertura, F1 y etiología.



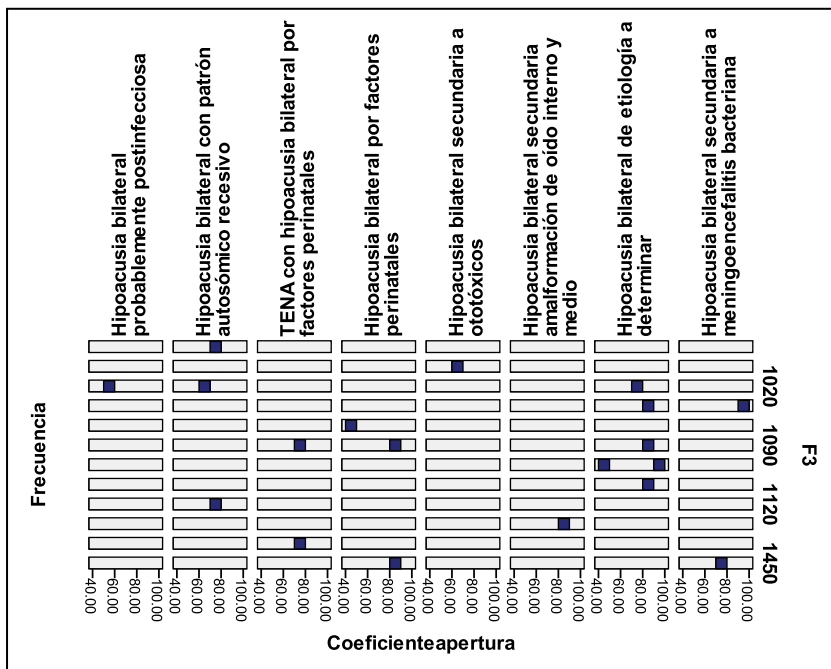
Se observan coeficientes de apertura similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 12. Histograma de las variables coeficiente de apertura, F2 y etiología.



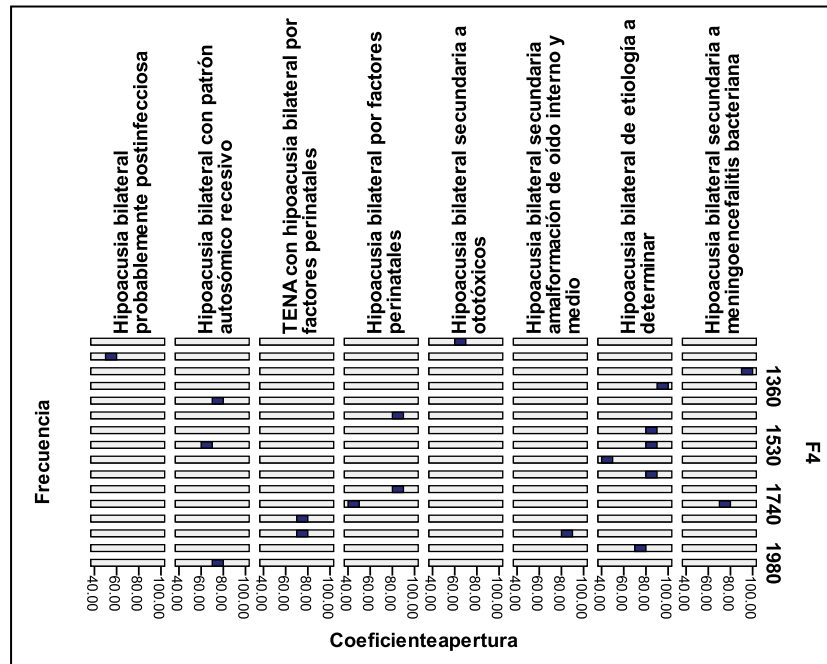
Se observan coeficientes de apertura similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 13. Histograma de las variables coeficiente de apertura, F3 y etiología.



Se observan coeficientes de apertura similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

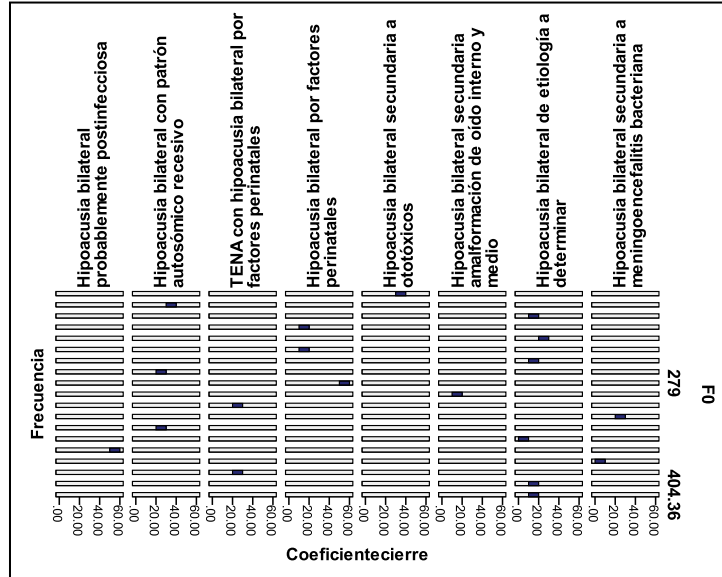
Gráfica 14. Histograma de las variables coeficiente de apertura, F4 y etiología.



Se observan coeficientes de apertura similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

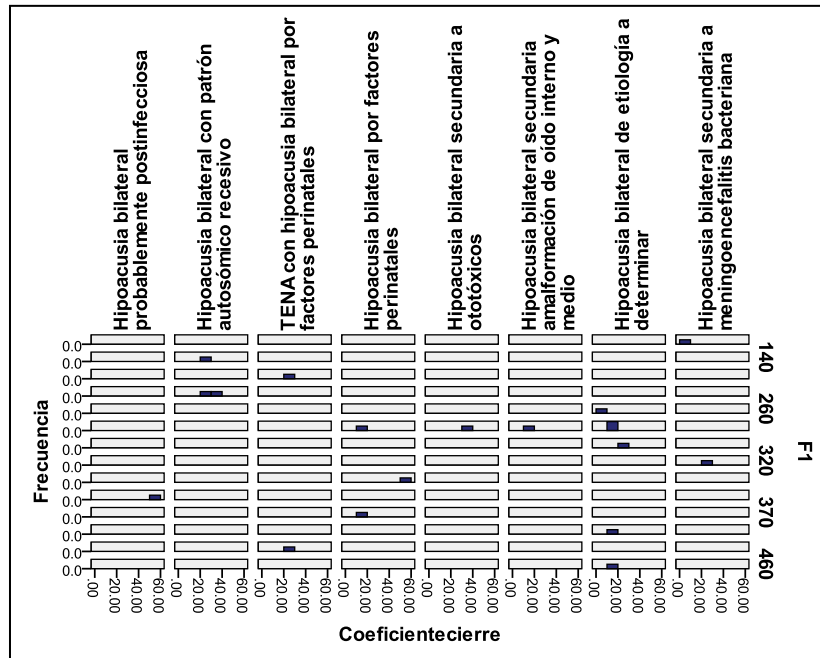
Se realizaron histogramas para determinar la relación entre las variables coeficiente de cierre, F0, F1, F2, F3, F4 y etiología, se obtuvo que los coeficientes de apertura de cierre presentaron mayor uniformidad en los pacientes con hipoacusia bilateral con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva, mientras que, los pacientes con hipoacusia bilateral de etiología a determinar presentaron valores con menor dispersión en comparación con los obtenidos en el coeficiente de apertura (ver gráficas 15, 16, 17, 18, 19).

Gráfica 15. Histograma de las variables coeficiente de cierre, F0 y etiología.



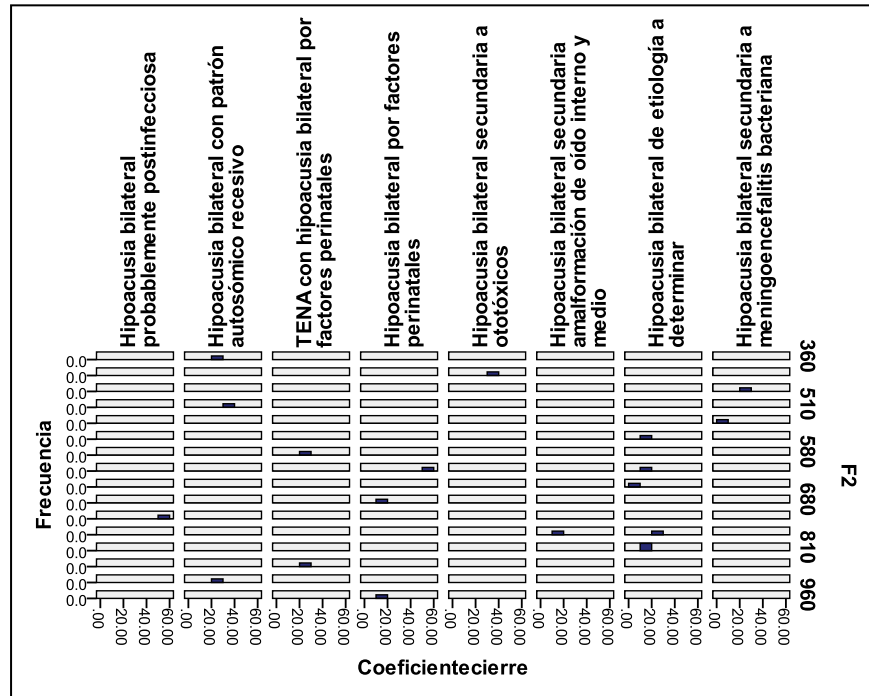
Se observan coeficientes de cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 16. Histograma de las variables coeficiente de cierre, F1 y etiología.



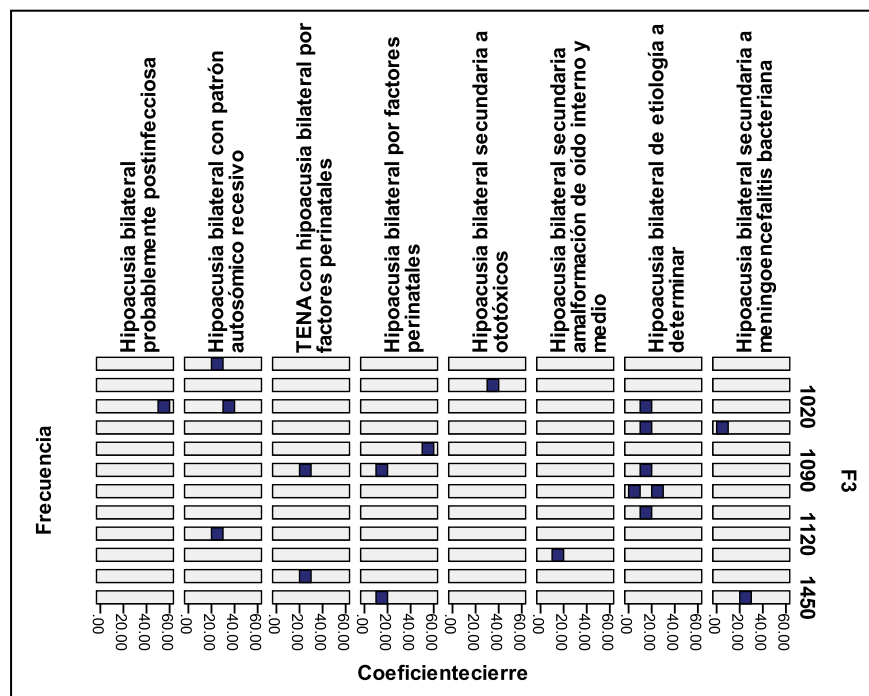
Se observan coeficientes de cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 17. Histograma de las variables coeficiente de cierre, F2 y etiología.



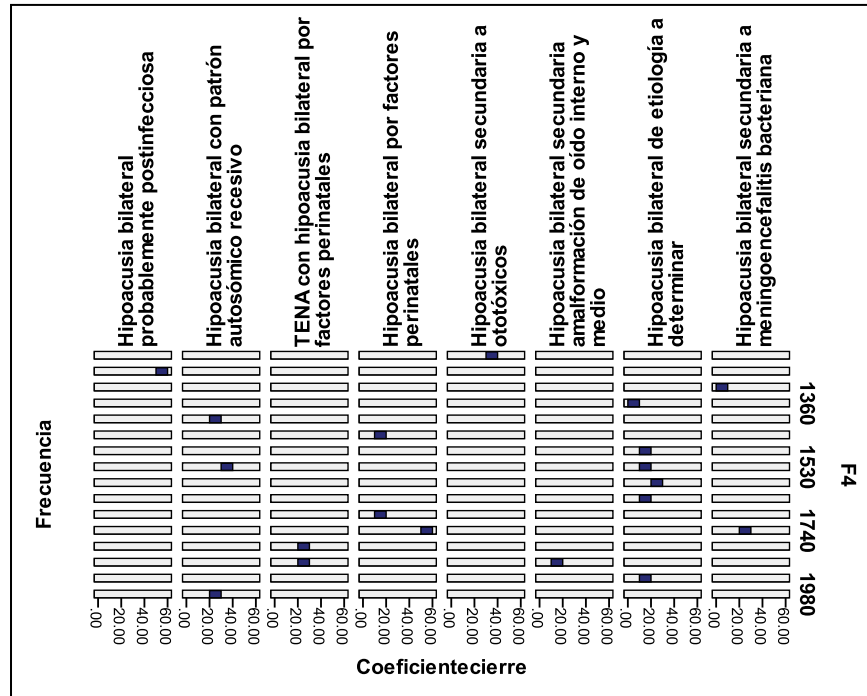
Se observan coeficientes de cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Gráfica 18. Histograma de las variables coeficiente de cierre, F3 y etiología.



Se observan coeficientes de cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

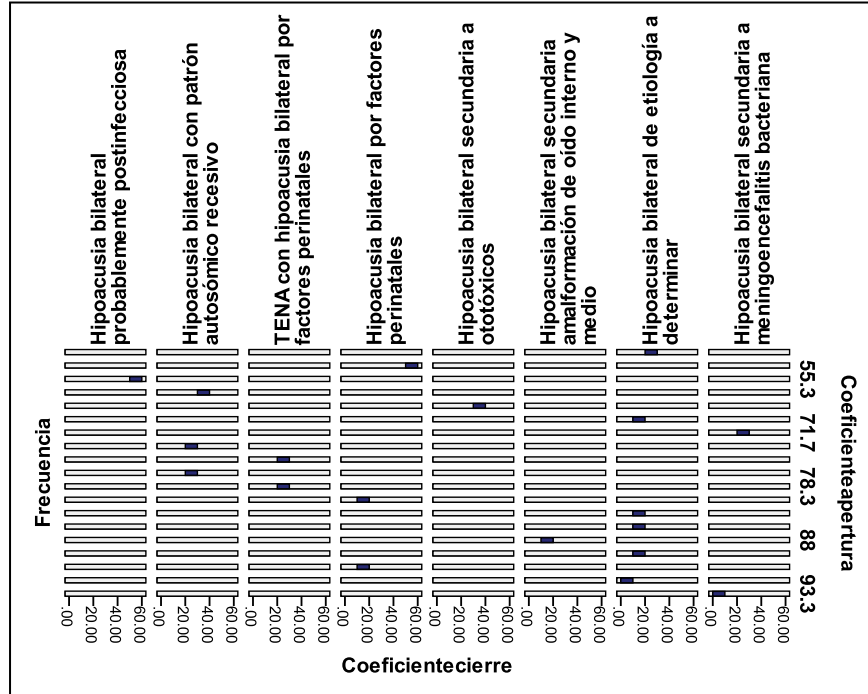
Gráfica 19. Histograma de las variables coeficiente de cierre, F4 y etiología.



Se observan coeficientes de cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Con respecto al histograma de las variables coeficiente de apertura, coeficiente de cierre y etiología, se observa nuevamente la similitud entre los coeficientes obtenidos por los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva (ver gráfica 20).

Gráfica 20. Histograma de las variables coeficiente de apertura, coeficiente de cierre y etiología.

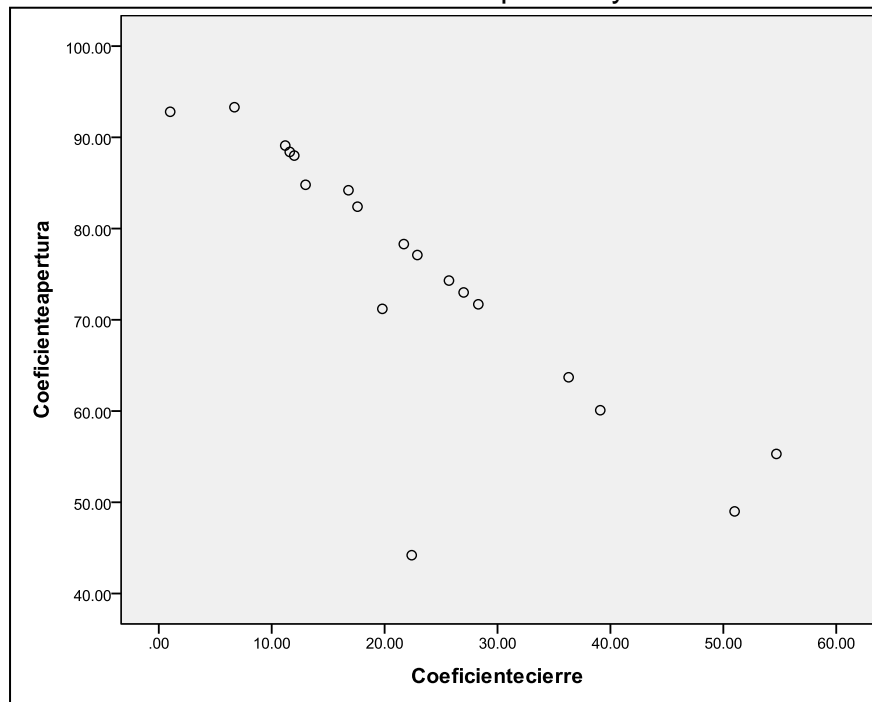


Se observan coeficientes de apertura y cierre similares en los pacientes con hipoacusia con patrón autosómico recesivo y trastorno del espectro de la neuropatía auditiva

Con base en los resultados obtenidos en los histogramas de coeficiente de apertura y coeficiente de cierre, se realizó un análisis de correlación obteniendo una correlación de -0.832.

Dado que la correlación es muy alta se calculó la ecuación lineal resultante de los valores obtenidos siendo esta $y = -0.00047x + 73.1923$, en donde y es el valor esperado de la apertura a partir del valor del cierre (x), queda pendiente calcular y comparar si en una población normal de niños con un rango de edad igual al de los del presente estudio se obtiene la misma pendiente o no. Por lo que podría ser en su caso un valor predictivo clínico entre las diferentes cohortes de los pacientes evaluados con esta técnica clínica (ver gráfica 21).

Gráfica 21. Correlación entre coeficiente de apertura y coeficiente de cierre.



Se obtuvo una correlación de -0.832.

11. Discusión.

En la literatura se establece que la audición es fundamental para la regulación del sistema fonatorio, situación evidente en los pacientes hipoacúsicos que al carecer de esta retroalimentación presentan una modificación de las características de su voz. (2,3,4)

Estas alteraciones de la voz serán variables dependiendo del momento de instauración de la hipoacusia, ya que no se observan estas alteraciones en la población infantil con hipoacusia prelingual en comparación con los que presentan hipoacusia poslingual; las cualidades de la voz que presentan dichos pacientes presentan características fonatorias hiperfuncionantes como resultado de mecanismos neuromusculares compensatorios.(1)

Las características vocales que se ven afectadas son tono, intensidad y timbre, acompañándose de una pobre producción de armónicos.(5)

El análisis acústico de la voz es un instrumento de utilidad que permite obtener datos objetivos con respecto a las características que presenta,

El análisis acústico de la voz es un instrumento de utilidad que permite obtener datos objetivos con respecto a las características que presenta, considerando las propiedades de la voz de los pacientes hipoacúsicos prelinguales se encuentra que la F0 y F1 están por encima de la registrada en la población que no presenta hipoacusia (7,8); así mismo, se puede observar que tanto en la F0 y F1 se encuentra la menor dispersión de datos por lo que se concluye son más constantes, presentando una mayor dispersión en los armónicos restantes, explicado esto debido a que el aparato fonoarticulador requiere de retroalimentación acústica para la adecuada articulación; aunado a esto, la literatura describe la génesis de armónicos, generando características específicas en la voz de cada sujeto, debido a los movimientos de los labios y la potencia del aire expirado, por lo que el número de armónicos registrados es variable.(9,10)

En el presente estudio se encontró en los audioregistros que con base en la etiología y el grado de hipoacusia, las características de la frecuencia fundamental, el Shimmer y el Jitter, son más parecidas en los pacientes con hipoacusia por factores perinatales de etiología no determinada en comparación con los hipoacúsicos con trastornos del espectro de la neuropatía auditiva y meningitis bacteriana, explicándose esto por el desconocimiento sobre el inicio de la hipoacusia, produciendo variabilidad en tono e intensidad de la voz.

En relación al número de armónicos con respecto al coeficiente de apertura y cierre se observa que estos comparten características en los pacientes con trastorno del espectro de la neuropatía auditiva y la hipoacusia de herencia autosómica recesiva.

Por último, con respecto a la correlación entre los coeficientes de apertura y cierre, se encontró que $r = -0.832$, por lo que se establece una dependencia muy fuerte entre estas dos variables resultando una regresión lineal confiable en la predicción en esta correspondencia biunívoca, permitiendo establecer predicciones con base a una de estas dos variables en función a la otra.

11. Conclusión.

El análisis acústico es fundamental para evaluar las características de la voz en los pacientes con hipoacusia, ya que es la base en la valoración objetiva de la evolución en los pacientes que inicien tratamiento rehabilitatorio y uso de ayuda auditiva, apoyados de las características de la física del sonido, estableciendo mediciones basales con la finalidad de evaluar los registros a lo largo del tiempo y establecer parámetros longitudinales a lo largo de la rehabilitación, con la finalidad de comparar estos durante el neurodesarrollo.

De acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio se recomienda realizar muestras estratificadas por patología para definir sus características particulares, aumentando en forma considerable el tamaño de la muestra, y poder establecer mediciones objetivas para poder compararlas entre las basales y entre sí mismas.

12. Referencias Bibliográficas.

1. Barbosa-Madeira F, Tomita S. Voice Handicap Index evaluation in patients with moderate to profound bilateral sensorineural hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010; 76 (1): 59-70.
2. Peyrone c, Dotto G et al. Prevención vocal en hipoacúscios.
3. Mahmoudi Z, Rahati S et al. Classification of voice disorder in children with cochlear implantation and hearing aid using Multiple classifier fusion. *BioMedicalEngineeringOn Line* 2011.
4. Dinville C. Los Trastornos de la voz y su reeducación. Masson. 1981. Barcelona-México.
5. Campisi MS, Papsin B et al. Acoustic Analysis of the Voice in Pediatric Cochlear Implant Recipients: A longitudinal Study. *Laryngoscope* 115: June 2005.
6. JanaínaMendes Laureano, et al. Variations of jitter and shimmer among women in menacme and postmenopausal women. *Journal of Voice*, Vol. 23, No. 6 (2009) pp. 687-689.
7. Jackson-Menaldi M.A. La voz patológica. Editorial Médica Panamericana. 2002, pp. 39-41, 216, 217, 249-250.
8. Prasanta Kumar Ghosh, Shrikanth S. Narayanan. Joint source-filter optimization for robust glottal source estimation in the presence of shimmer and jitter. *SpeechCommunication* 53 (2001) pp. 98-109.
9. Ceconello , L. et al. Aplicación del Cepstrum en la clínica vocal. *Revista de la Federación Argentina de Sociedades de Otorrinolaringología. Edición especial., 30º Congreso Argentino de Otorrinolaringología, 2008, Año 15 No. 1: 12-14.*
10. Hocevar-Boltezar I, Radsel Z et al. Change of Phonation Control After Cochlear Implantation. *Otology&Neurotology* 27: 499 - 503. 2006.
11. Dehaqan A, Scherer R, et al. Objective Voice Analysis of Boys With Profound Hearing Loss. *Journal of Voice*, Vol. 25, No. 2, 2011.

12. Cecconello L. Electroglotografía: Su aplicación como método diagnóstico. *Re MOF* 2013; 4 (1): 375- 407.
13. Suman K, Nilanjan P et al. Effects of hearing loss on vocal fold vibrations: an electroglottographic analysis. *Eastern Journal of Medicine* 17 (2012) 17-23.
14. Guo-She L. Variability in Voice Fundamental Frequency of Sustained Vowels in Speakers With Sensorineural Hearing Loss. *Journal of Voice*, Vol 26, No. 1 2012.
15. Rivera-Rodríguez T. Audiología. Técnicas de exploración. Hipoacusias neurosensoriales. *Ars Medica*.

ANEXOS

**SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN**

Proyecto de Investigación

**ANÁLISIS ACUSTICO DE LA VOZ EN PACIENTES HIPOACÚSICOS DE 2 A 5
AÑOS DE EDAD EN EL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN “LUIS
GUILERMO IBARRA IBARRA**

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El que suscribe Sr.(a) _____ tutor del
niño _____

He sido informado del objetivo del Proyecto de Investigación **ANÁLISIS ACUSTICO DE LA VOZ EN PACIENTES HIPOACÚSICOS DE 2 A 5 AÑOS DE EDAD EN EL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN “LUIS GUILERMO IBARRA IBARRA** el cual consiste en demostrar que el análisis objetivo de la voz evolucionara hacia valores de normalidad en pacientes con implante coclear y con terapia auditivo-verbal, para lo cual tendré que llevar a mi niño a la realización de análisis acústico, electroglotografía y terapia auditivo-verbal. Estoy consiente en base a la explicación que se me ha dado, que las pruebas y estudios que se le realizarán a mi hijo no ocasionarán ningún riesgo para la salud de mi niño y que no se le realizará ningún estudio y tratamiento en contra de mi voluntad, comprometiéndome a traer al niño puntualmente a la realización de dichos exámenes, de la manera que se me indique.

También estoy consiente de que la participación de mi niño es voluntaria y soy libre para abandonar el estudio en cualquier momento, sin que haya ningún cambio en la atención medica institucional y sin incurrir en ningún tipo de penalidad. Así como también si no cumplo con mi parte, el médico responsable podrá decidir interrumpir mi participación.

Por lo tanto estoy de acuerdo en que mi niño participe en esta experiencia.

Firma
México D.F. a _____ de _____ del 2017