UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA DE FONOAUDIOLOGÍA

CORRELACIÓN DE PARÁMETROS FONÉTICO-ACÚSTICOS DE LA VOZ CON EL GRADO DE PÉRDIDA AUDITIVA EN PERSONAS ENTRE 18 Y 60 AÑOS CON HIPOACUSIA SENSORIONEURAL BILATERAL SIMÉTRICA POSTLOCUTIVA, ATENDIDOS EN EL LABORATORIO DE AUDIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO, CASA CENTRAL

TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN FONOAUDIOLOGÍA

Alumnos Tesistas:

Hernán Álvarez Muñoz
Fabián Basaes Olmos
Karol Postigo Cortés
Marcela Ramírez Osorio
Yasna Villalobos Guajardo

Profesor Guía

Daphne Marfull Villanueva

Profesor Colaborador

Christian Castro Toro

Viña del Mar, Noviembre 2014

Agradecemos a la fonoaudióloga Daphne Marfull, por guiar nuestro proceso de tesis, ser nuestro apoyo constante, además por su cercanía y disposición de ayudarnos cada vez que necesitamos. Destacamos su eficiencia en la labor docente y profesional.

Al fonoaudiólogo Christian Castro, por su importante labor como nuestro profesor colaborador del área de voz y su disposición de enseñarnos, además de su interés y motivación en el tema de investigación.

A la fonoaudióloga Lorena Cabezas por su colaboración e interés en la investigación, a las profesoras Eva Sotelo y Patricia Valdivia, por su constante apoyo y comprensión en el proceso de redacción y al profesor Jorge García por sus asesorías en el área metodológica.

A los tíos auxiliares de la universidad por su paciencia y buena disposición de prestarnos salas y materiales cada vez que lo necesitamos. También por entregarnos su alegría, compartir las largas jornadas en la universidad y entregarnos buenas energías.

Y finalmente a los participantes de la muestra por confiar en nosotros y hacer posible esta investigación.

Grupo de tesis

Agradezco a todas las personas que me han apoyado en este proceso y que fueron un soporte durante este.

Agradezco a las personas que colaboraron con este estudio y que de una u otra manera participaron de ella con la mejor disposición posible.

Gracias a todos.

Hernán

Mis agradecimientos en primer lugar a la familia por ser los primeros en creer en mí, siendo un pilar fundamental en la construcción de mi vida profesional. Gracias en especial a mis padres por entregarme las herramientas necesarias para afrontar la vida con alegría y sabiduría. Gracias también a quienes me apoyaron en vida, y ahora lo hacen a la distancia, mi abuelita María y a mi Tata, entregándome siempre su amor incondicional.

Agradezco también a todas aquellas personas que me entregaron buenas vibras durante mis años de universidad, sobre todo a quienes me acompañaron durante este último paso que culmina con la realización de esta tesis. Gracias a todos quienes compartieron conmigo, ya sean amigos, conocidos, auxiliares, profesores, etc. aportando un poco de alegría en este proceso. Debo agregar una especial dedicatoria a los buenos momentos aportados por mis mejores amigos quienes siempre supieron encontrar palabras sabias, y a veces no tan sabias, para apoyarme en este camino.

Además quisiera agradecer a mi pelusa quien me entregó mil y un alegrías, siendo ella quien más veces soportó mis momentos de estrés.

Por último agradecer a mis compañeros de tesis por hacer de este proceso, tiempos enriquecedores y alegres. Asimismo recordar por última vez todos los cachimbas, los candy, tiros de gracias, los nueva ola y otros, que acompañaron nuestros días de trabajo aportando cada uno de ellos horas de felicidad entre todo el estrés.

Fabián

Le agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y sobrinos, a mis amigos y compañeros a mi gran amor, a mi comunidad y a mis profesores. Porque todos los caminos escogidos, no fueron por azar, agradezco a quien ha guiado mis pasos hasta el día de hoy y confío que lo seguirá haciendo en las decisiones y caminos que siga emprendiendo hacia adelante, Dios.

Gracias por su entrega, que por su inmenso esfuerzo y sacrificio, me llena de emoción dedicarles este logro que juntos llegamos a obtener a Carmen y Gonzalo, mis papitos.

A mis hermanos por su generosidad de dejar partir conmigo a los papás en la aventura de los estudios superiores. Y porque sus retoños me han regalado grandes alegrías en estos 6 años, Karen, Gonzalo y sus 5 pequeños. A mi gran amor, Diego, gracias por las noches en vela acompañándome a estudiar, gracias por tu escucha, palabras y oraciones. Gracias porque en el camino seguiremos el desafío de una vida juntos y profesionales…

A mis amigos y compañeros por ser parte de la aventura, por las risas, por las grandes lecciones de vida. Aunque hoy no estén cerca, fueron parte importante en estos 6 años. Gracias a todos y en especial a Nicole, Matías, Constanza, Camilo, Natalia, Conti, Melo y Pino. Y en este año les agradezco a mis compañeros de tesis, por recibirme y acogerme como si siempre hubiera sido parte del proyecto, por las risas, canciones, stresses y dessestresaciones, por su confianza y por el esfuerzo. A todos un gran abrazo.

A mi comunidad, la 4ta comunidad neocatecumenal de la parroquia Virgen del Carmen, y todos los hermanos que ya no están, por ser mi segunda familia. Por la confianza que depositaron en mi, por la compañía en el fortalecer el alma para lo perder de vista el cielo acá en el suelo. A todos, la paz del Señor y muchas bendiciones.

A mis profesores por entregarme la base de los conocimientos que hoy me convierten en fonoaudióloga y los profesores que guiaron este último proyecto. Por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles, a todos muchas gracias.

Yasna

A mi familia, especialmente a mis padres Yeanette y Jorge, por brindarme su apoyo incondicional y ser la base de mi formación. Gracias por creer en mí y darme la oportunidad de crecer profesionalmente.

A mis amigos por compartir buenos momentos y aportar esa cuota necesaria de alegría.

A mis compañeros de tesis por hacer de este proceso una muy linda experiencia.

Marcela

Agradezco a todas las personas que acompañaron
y apoyaron mi proceso de formación académica y personal.
A mi familia por ser el pilar fundamental de mi camino;
mamá, papá, hermanos, mamalila, gracias por creer en mis capacidades
y encumbrar mis sueños.
A Oscar Rojas por ser el mejor compañero de vida que pude haber encontrado,
ser mi apoyo esencial, disfrutar conmigo los días de felicidad y compartir sueños.
A todos los amigos que formaron parte de mi segunda familia en Valparaíso,
por los días vividos, sus consejos, las risas y los abrazos en tiempos difíciles.
A la familia Rojas Baack por acogerme y cuidarme durante estos años.
Y a mis compañeros de tesis,
por la abundancia de sonrisas, compromiso y disfrute en todo el proceso.

Quién comprende el sentido de la vida,
lucha por lo que cree sin intentar probar nada a nadie,
conservando la calma silenciosa
de quien ha tenido el valor de elegir su propio destino…
(Paulo Cohelo)

Karol

CONTENIDO

RESUMEN 6

INTRODUCCIÓN 7

I. MARCO TEÓRICO 9

1. Audición 9

1.1. Fisiología auditiva 9

1.2. Evaluación de la audición. 11

1.3. Hipoacusia sensorioneural (HSN) bilateral postlocutiva 12

1.3.1. Patologías que generan HSN bilateral postlocutiva..... 13

1.4. Implementación auditiva. Órtesis implantables y no implantables 14

2. Voz 16

2.1. Modelos de producción vocal 17

2.1.1. Teoría mioelástica-aerodinámica.. 17

2.1.2. Teoría fuente-filtro 17

2.2. Parámetros vocales 18

2.2.1. Intensidad 19

2.2.2. Frecuencia 19

2.2.3. Armónicos 20

2.2.4. Formantes 20

2.2.5. Resonancia 21

2.2.6. Duración 22

2.3. Evaluación de la voz 23

2.3.1. Evaluación subjetiva 23

2.3.2. Evaluación objetiva 24

2.4. Concepto de voz normal y voz alterada por hipoacusia. 30
3. Relación entre audición y voz 32
3.1. *Feedback* auditivo 32
3.1.1. *Feedback* auditivo y control motor del habla. 33
3.1.2. Modelo DIVA 34
3.1.3. *Feedback* auditivo y control motor de la voz 36
3.2. Características de la voz en personas con hipoacusia 37
3.2.1. Parámetros perceptuales 37
3.2.2. Parámetros fonético-acústicos en personas con hipoacusia 38
II. METODOLOGÍA 40
1. Planteamiento del problema 40
1.1. Pregunta de investigación 40
1.2. Objetivo del estudio… 40
1.3. Justificación 41
1.4. Viabilidad del estudio 41
1.5. Deficiencias en el conocimiento del problema 42
2. Objetivos 42
2.1. Objetivo general… 42
2.2. Objetivos específicos 43
3. Hipótesis de investigación 43
3.1. Hipótesis estadística 43
3.2. H0 versus H1 43
4. Tipo de estudio 44
4.1. Enfoque. 44
4.2. Alcance. 44

4.3. Diseño.....44
5. Población.....45
5.1. Tamaño de la población.....45
5.1.1. Muestra.....45
5.1.2. Tipo de muestreo.....46
5.1.3. Tamaño de la muestra.....46
5.1.4. Criterios de selección de la muestra.....46
6. Operacionalización de variables.....47
7. Instrumentos.....49
7.1. Para selección de la muestra.....49
7.2. Para lograr los objetivos de la investigación.....49
8. Técnicas de obtención de la información.....50
9. Procedimientos.....51
10. Materiales.....54
III. RESULTADOS.....55
1. Descripción del umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.....55
2. Descripción de los parámetros vocales fonético-acústicos según el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.57
2.1 Frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) femenina.....57
2.2. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) masculina.....61
2.3 Frecuencia de la variable perturbación de la frecuencia (*Jitter*).....64
2.4 Frecuencia de la variable intensidad.....65
2.5 Frecuencia de la variable perturbación de la intensidad (*Shimmer*).....67
2.6 Frecuencia de la variable relación ruido armónico (NHR).....68
2.7. Frecuencia de la variable L1-L0.....70

2.8 Frecuencia de la variable *Alpha ratio* 71

3. Medición de la correlación entre los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva. 73

3.1. Correlación umbral auditivo v/s frecuencia fundamental (F0) femenina 73

3.2. Correlación umbral auditivo v/s frecuencia fundamental (F0) masculina 75

3.3. Correlación umbral auditivo v/s perturbación de la frecuencia (*Jitter*) 77

3.4. Correlación umbral auditivo v/s intensidad 78

3.5. Correlación umbral auditivo v/s perturbación de la intensidad (*Shimmer*) 79

3.6. Correlación umbral auditivo v/s parámetro de relación ruido armónico 80

3.7. Correlación umbral auditivo v/s L1-L0 81

3.8. Correlación umbral auditivo v/s *Alpha ratio* (AR) 82

IV. DISCUSIÓN 83

4.1. Descripción del grado de hipoacusia de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva. 83

4.2. Descripción de los parámetros vocales fonético-acústicos en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva. 84

4.3 Medir la correlación entre los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva. 86

CONCLUSIÓN 92

BIBLIOGRAFÍA 94

ANEXOS 1012

RESUMEN

En Chile, hay escasos estudios que caractericen la calidad de la voz en personas con hipoacusia, y no existen investigaciones que relacionen el grado de pérdida auditiva con las características fonético acústicas de esta misma. El objetivo de la presente investigación fue determinar la correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva. Para ello, entre los meses de agosto y septiembre de 2014, se evaluó a 11 individuos, 5 hombres y 6 mujeres entre 25 y 59 años, con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva, atendidos en el laboratorio de audiología en la Universidad de Valparaíso, casa central. La evaluación auditiva consistió en una otoscopía, una impedanciometría y una audiometría; y la evaluación vocal, en el análisis fonéticoacústico de grabaciones de muestras de voz a partir de los siguientes parámetros: frecuencia fundamental, *Jitter*, *Shimmer, noise to harmonic ratio* (NHR), intensidad, L1-L0 *y Alpha ratio*, utilizando el *software* Praat.

Los resultados obtenidos arrojaron una correlación positiva significativa entre el umbral auditivo y dos de los parámetros evaluados: *Jitter* y NHR. En conclusión, se rechaza la hipótesis de investigación, ya que no todos los parámetros auditivos se correlacionaron significativamente, por ende, se corrobora la hipótesis alternativa, ya que dos de los parámetros evaluados (*Jitter* y NHR) obtuvieron una correlación positiva significativa.

Palabras Claves: correlación, descripción de parámetros vocales, umbral auditivo, hipoacusia

INTRODUCCIÓN

La audición favorece la adquisición de habilidades comunicativas orales, permitiendo el desarrollo de un lenguaje estructurado, habla inteligible y emisión controlada de la voz. Desde edad temprana, los individuos con audición normal utilizan un proceso conocido como *feedback* auditivo, que permite el monitoreo constante y la modificación de la propia calidad de la voz y del discurso cuando se escuchan a sí mismos (Evans & Deliyski, 2007). Una milésima de segundo después de emitir cualquier cadena fónica, el hablante escucha su propia voz, tanto a través de los huesos del cráneo como del aire, e inmediatamente el mensaje es procesado en la corteza auditiva y se inicia un proceso de auto-monitorización (Marrero, 2008). El *feedback* auditivo afecta la emisión durante y después de esta, relacionándose con el control de las características suprasegmentales de la voz, tales como, frecuencia fundamental (F0), intensidad y calidad; y del habla, como en el control de la respiración, fonación y las funciones articulatorias (Dehqan & Scherer, 2010).

La habilidad para comunicarse de forma efectiva puede verse afectada por una pérdida auditiva y/o fallas en este *feedback* que involucran la pérdida de control vocal, por lo cual se presume que las personas con hipoacusia debieran presentar alteraciones vocales. Existe un consenso en la literatura en relación a que algunas de las características vocales de las personas hipoacúsicas difieren considerablemente de los hablantes con audición normal. Los problemas de la voz, en esos casos, podrían estar directamente relacionados con el grado de pérdida auditiva u otros factores como edad, género, tipo y adaptación de prótesis auditiva (Behlau, 2005). Debido a lo anterior, surge como pregunta ¿Qué correlación existe entre los parámetros fonético-acústicos de la voz y el grado de pérdida auditiva? Es por esto que el interés de esta investigación es conocer cómo afecta el grado de pérdida auditiva sobre algunos parámetros vocales, por lo que se plantea como objetivo buscar una correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de hipoacusia en una muestra con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica.

Esta investigación abarca dos áreas de la fonoaudiología: audición y voz. Generalmente, los estudios se enfocan en un área específica, sin embargo, al presumir

cambios a nivel vocal asociados a la pérdida auditiva, se ha decidido incrementar la información de manera integral, dado que las investigaciones relacionadas a esta materia son escasas (Dehqan & Scherer, 2010; Mora, Crippa, Cervoni, Santomauro & Guastini, 2012; Hassan., Malki, Mesallam, Farahat, Bukhari & Murry, 2011; Schenk, Baumgartner & Hamzavi, 2003).

El estudio se realizó en la Universidad de Valparaíso, en el año 2014, e involucró el análisis auditivo y vocal de personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva entre 18 y 60 años de edad. En cuanto al área de audición, se consideró como variable de estudio el umbral auditivo. En la dimensión vocal, en relación a los parámetros fonético-acústicos, se evaluaron frecuencia fundamental (F0), perturbación de la frecuencia (*Jitter*), intensidad, perturbación de la intensidad (*Shimmer*), relación ruido armónico (NHR), L1L0 y *Alpha ratio*.

En el primer capítulo de este informe, se presenta el marco teórico, en el cual se expondrá la recopilación de información relacionada con la audición, sobre el área de voz y la relevancia del *feedback* auditivo en la emisión de la voz. En el segundo capítulo, se describe el marco metodológico, donde se desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos e hipótesis, el tipo de estudio, la población, la operacionalización de las variables, los instrumentos, las técnicas de obtención de la información, los procedimientos y materiales. En el tercer capítulo, se presentan los resultados, a través de gráficos y tablas. Finalmente, en el cuarto capítulo, se discuten los principales hallazgos, contrastándolos con la base teórica recogida.

I. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se expone una síntesis de los fundamentos teóricos de mayor relevancia para la investigación. En primer lugar, se hace referencia a la audición, específicamente, a fisiología auditiva, los métodos de evaluación audiológica y una descripción de la hipoacusia de tipo sensorioneural. Se nombrarán, además, los métodos de implementación auditiva, ya que hay participantes de la investigación que utilizan este tipo de apoyo. En segundo lugar, se profundizará en aspectos relacionados con la voz, especialmente en la anatomofisiología laríngea, parámetros acústicos y perceptuales de la voz, los métodos de evaluación y la clasificación de las alteraciones vocales. En tercer término, se abordarán aspectos audiológicos y vocales, explicando la pérdida de la retroalimentación auditiva en personas con hipoacusia.

1. Audición

La percepción del sonido es un proceso que consiste en la transmisión o conducción de la energía física del estímulo sonoro desde el pabellón auditivo hasta el órgano de Corti, para, posteriormente, transmitir esta señal a través de las vías nerviosas a la corteza cerebral. En este proceso, la onda sonora viaja desde el oído externo (OE) hasta el oído medio (OM) para, posteriormente, llegar al oído interno (OI) (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

1.1. Fisiología auditiva

El pabellón auricular capta las ondas sonoras y las transporta a través del conducto auditivo externo (CAE) hacia la membrana timpánica. El CAE conduce estas ondas y protege el OM con su sinuosidad, vellosidades y secreciones de las glándulas de cerumen. Cuando la membrana timpánica vibra, se genera una transmisión de energía sonora exclusivamente mecánica. El movimiento iniciado es traspasado al martillo, desde el cual

es conducido al yunque y, luego, al estribo. Este último transmite la vibración al oído interno a través de la ventana oval, transformando la señal mecánica a una bioeléctrica (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

La agitación generada por el estribo en la ventana oval produce una onda líquida en la perilinfa. Esta se desplaza a lo largo del conjunto rampa vestibular-conducto coclear, desde la ventana oval hasta el helicotrema, y pone en vibración la membrana basilar. La onda posee una amplitud que aumenta hasta alcanzar la llamada amplitud máxima, y el lugar de la cóclea donde se ubica esta depende de la frecuencia del sonido. En los sonidos de alta frecuencia, la amplitud máxima se encuentra próxima a la ventana oval; mientras que en los sonidos de baja frecuencia, se encuentra en el punto próximo al ápex, cerca del helicotrema. El sitio donde se genere la amplitud máxima será el lugar donde se estimulará el órgano de Corti. La estimulación de este último provoca una deformación del espacio subtectorial que crea corrientes de endolinfa en la superficie del órgano estimulado, las cuales producen el movimiento de las células ciliadas internas (CCI) desencadenando la despolarización de la célula (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

Posteriormente a que la CCI es despolarizada, tal como se puede apreciar en la Figura 1, la información auditiva llega desde la cóclea hasta la primera neurona del nervio coclear, la cual está ubicada en el ganglio espiral. La segunda neurona se localiza en los núcleos cocleares ventral y dorsal; las

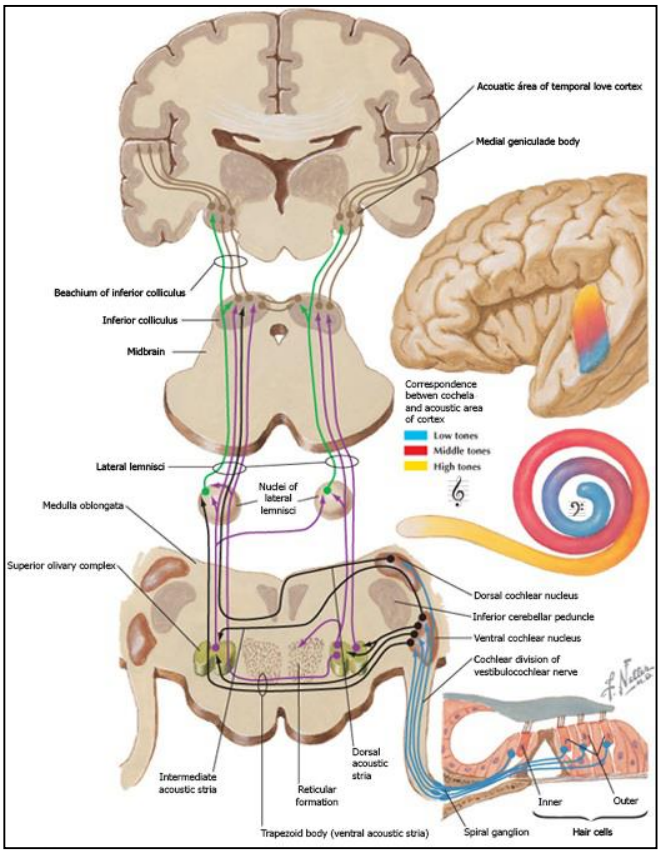

Figura 1

Fuente: Felten, David; Shetty, Anil (2009) Netter's Atlas of Neuroscience.

fibras, desde allí, se dirigen al complejo olivar superior y siguen por el lemnisco lateral con destino al colículo inferior. La última neurona se ubica en el núcleo geniculado medial del tálamo, donde sus axones forman la radiación acústica de Pfeiffer que se dirige a las áreas 21, 22, 41 y 42 de Brodman, correspondientes a los centros analizadores corticales del sonido (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

1.2. Evaluación de la audición.

Existen diversos procedimientos para evaluar la audición y obtener los datos necesarios para conocer el umbral auditivo, aclarar el diagnóstico y topodiagnóstico, y orientar una posible implementación y/o lineamentos terapéuticos. Dentro de la exploración, se utilizan diversos instrumentos, entre los cuales se pueden distinguir medios no electrónicos y electrónicos (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011). Uno de los medios no electrónicos, es la otoscopía, que consiste en la observación del CAE y la membrana timpánica a través de un otoscopio para encontrar posibles obstrucciones o alteraciones anatómicas que impidan la evaluación auditiva (Katz, 2002).

Por otro lado, uno de los medios electrónicos existentes es la audiometría tonal liminar, que es una de las pruebas principales en la exploración audiológica, la cual mide la audición utilizando un audiómetro. Se denomina tonal, debido a que son utilizados tonos puros de las frecuencias; y liminar, porque el objetivo es buscar el umbral de audición. Dentro de este examen, se realiza la logoaudiometría o audiometría verbal en la que se utilizan palabras prestablecidas en vez de tonos puros convencionales. Esta evaluación tiene tres objetivos: el primero es obtener el umbral de detectabilidad de la voz o *speech detection threshold* (SDT); el segundo, encontrar el umbral de percepción verbal o *speech reception threshold* (SRT); y el tercero, determinar el umbral de máxima inteligibilidad (UMD) en el cual se debe calcular el porcentaje de discriminación que posee la persona (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

Otro examen en el cual se utiliza un medio electrónico es la impedanciometría, la cual es "el conjunto de pruebas funcionales auditivas que miden la resistencia que oponen la membrana timpánica y la cadena cuando incide sobre ellos un sonido" (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011: 112). Según estos mismos autores, las pruebas que se realizan durante la impedanciometría son la timpanometría, la detección del umbral del reflejo estapedial y la prueba de función tubaria. De estas, solo se hará referencia a las dos primeras, pues la última no se aplicará en este estudio. La timpanometría mide la *compliance* o movilidad del sistema tímpano-osicular; en tanto que la prueba de determinación del umbral del reflejo del estribo busca la contracción refleja bilateral de este músculo a través de tonos puros a una intensidad mayor a 70 dB (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

1.3. Hipoacusia sensorioneural (HSN) bilateral postlocutiva

Este tipo de hipoacusia se caracteriza por un daño en el oído interno (cóclea) o en el nervio auditivo (retrococlear). Esta no puede ser corregida médica o quirúrgicamente. Es un daño permanente que genera una reducción en la capacidad de percibir el sonido, además de afectar la comprensión del habla o la discriminación auditiva. Sus causas pueden ser enfermedades, lesiones congénitas, drogas ototóxicas, síndromes genéticos, exposición a ruido, virus, traumas craneales, envejecimiento y tumores (American Speech-Language-Hearing-Association, 2005).

Dependiendo del periodo en que se genere la hipoacusia, esta puede ser prelocutiva o postlocutiva. La primera es aquella que se origina antes de que la persona adquiera el lenguaje; en cambio, la segunda se genera después de esta adquisición. La pérdida auditiva puede presentarse de forma unilateral, cuando solo un oído está afectado; o bilateral, cuando lo están ambos (American Speech-Language-Hearing-Association, 2005).

Las hipoacusias también pueden ser clasificadas según el grado de pérdida auditiva. La *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA), en el año 2005, estableció

los grados según el número de decibeles en que se encuentran los umbrales de la persona o la intensidad más baja a la que puede oír.

Tabla 1

Normal	0 dB *to* 20 dB
Mild Loss	20 dB *to* 40 dB
Moderate Loss	40 dB *to* 60 dB
Severe Loss	60 dB *to* 80 dB
Profound Loss	80 dB *or greater*

Fuente: American Speech-Language-Hearing-Association. (2005). *Type, Degree, and Configuration of Hearing Loss. Audiology Information Series.*

La Tabla 1 establece que una audición normal debe encontrarse entre 0 y 20 dB; una pérdida leve, entre 20 dB y 40 dB; una pérdida moderada, entre 40 dB y 60 dB; una pérdida severa, entre 60 dB y 80 dB; y una pérdida profunda cuando el umbral auditivo es 80 dB o más.

1.3.1. Patologías que generan HSN bilateral postlocutiva:

- Hipoacusia súbita: "Es una caída de la audición de tipo sensorioneural, mayor de 30 dB, que afecta a por lo menos tres frecuencias contiguas, que se desarrolla en un período menor a tres días y que habitualmente no se logra precisar su etiología" (Correa & Pacheco, 2000: 15). Shuknecht & Donovan (1986, cit. en Correa & Pacheco, 2000) señalan que, según las teorías más aceptadas,las causas de esta hipoacusia son de tipo infecciosa y vascular. Las causas infecciosas pueden ser virales (paraotiditis, influenza B, herpes, citomegalovirus, sarampión, adenovirus, VIH, rubeóla, polio, fiebre amarilla), bacterianas (meningitis), micóticas (cryptococcus) o parasitarias (toxoplasmosis). Las causas vasculares involucran a

talasemia, diabetes, embolias, traumar arterial, enfermedad de Bürger, enfermedad de Waldenstrom, enfermedad de Cogan, vasculitis, enfermedades autoinmunes, poliarteritis, plicondritis recidivante, aneurismas. Egighian, Bolzer & Barien (1986 cit. en Correa & Pacheco, 2000) señalan que la incidencia es igual en hombres y mujeres, pero que existe una prevalencia mayor en el grupo etario entre 30 y 60 años.

- Hipoacusia inducida por ruido: Corresponde a "(…) la disminución auditiva generada por ruido que lesiona la zona del oído interno destinada a la percepción de tonos altos o frecuencias agudas" (Méndez & Gutiérrez, 2004: 15).

- HSN inducida por drogas (ototoxicidad): Se define como "las perturbaciones transitorias o definitivas de la función auditiva, vestibular, o de las dos a la vez, inducidas por sustancias de uso terapéutico" (Dauman & Dulon, 1995: 10, cit. en Mercado, Burgos, & Muñoz, 2007: 1).

- Hipoacusia autoinmune: La hipoacusia autoinmune de OI "es una complicación poco frecuente de otras patologías autoinmunes" (López & Arce, 2004: 32). La poca cantidad de casos dificulta las posibilidades de entregar una incidencia. Generalmente, se trata de casos asociados a otras patologías autoinmunes como el síndrome de Cogan, la poliarteritis nodosa, el lupus eritematoso o la artritis reumatoide (López & Arce, 2004).

1.4. Implementación auditiva. Órtesis implantables y no implantables

El objetivo principal de un audífono es amplificar el sonido tratando de hacer más audible la palabra sin crear *discomfort* en el usuario (Yanagihara, Aritomo, Yamanaka, Gyo, 1987: 113; cit. en Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011). Este aparato está formado por tres elementos: el micrófono receptor o transductor de entrada, encargado de captar las ondas sonoras y transformar esta energía mecánica en energía eléctrica; un

amplificador, procesador de señal que amplifica y modifica la señal eléctrica; y el transductor de salida (altavoz auricular), que convierte la energía eléctrica en presión sonora (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

Hay tres tipos básicos de audífonos: retroauricular, intracanal y de vía ósea; para efectos de este estudio, solo se hará referencia a los dos primeros. El audífono retroauricular (BTE) está conformado por dos piezas. El micrófono, la electrónica y el receptor están ubicadas en la pieza curva ubicada detrás del pabellón auricular, y el sonido se transporta acústicamente a través de un tubo a un molde hecho a medida que cierra completamente el CAE (Dillon, 2001). El micrófono y el procesador se ubican en la parte retroauricular, pero el altavoz va dentro del conducto. El audífono intracanal (ITC) está conformado por una sola pieza que se introduce en el CAE; es un audífono pequeño que solo ocupa el conducto auditivo. El intracanal de inserción profunda (CIC) no se ve desde el exterior, ya que se introduce y extrae del CAE con un tirador. El audífono de vía ósea es utilizado en algunas patologías, cuando no se puede utilizar la vía aérea para la transmisión del sonido, por lo que se utiliza un vibrador óseo adosado a la mastoides para la estimulación por esta vía (Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo, 2011).

Cuando el audífono no es lo suficientemente beneficioso para la persona con déficit auditivo, se puede utilizar un tipo de órtesis implantable llamada implante coclear: "El implante coclear es un pequeño dispositivo electrónico que consta de componentes internos implantados quirúrgicamente y una unidad externa para el procesador del habla" (*American Speech-Language-Hearing Association*, 2012: 1). Está compuesto de cuatro elementos básicos: micrófono, procesador de habla, transmisor/receptor y electrodos. La U.S. *Food and Drug Administration* (FDA) aprueba este implante para adultos y niños mayores de doce meses que tengan un grado considerable de pérdida auditiva. Aunque este dispositivo no otorga un nivel de audición normal, le puede entregar a los usuarios información auditiva útil para las actividades de la vida diaria (*American Speech-Language-Hearing Association*, 2012).

El implante coclear funciona con un micrófono que capta el sonido y lo envía al procesador del habla, el cual organiza el sonido para enviarlo al transmisor/receptor. El transmisor convierte las señales de sonido en señales eléctricas, que son capturadas por el receptor interno y enviadas a los electrodos. El receptor activa los electrodos correspondientes en la cóclea y las señales eléctricas son enviadas al cerebro, donde son interpretadas como sonido y decodificadas (*American Speech-Language-Hearing Association*, 2012).

El sentido de la audición se relaciona con el control de la voz. Este vínculo está posibilitado por el *feedback* auditivo, el cual será detallado más adelante. A continuación, se expondrán temas referentes a la voz que son relevantes para esta investigación.

2. Voz

La producción vocal resulta de la intervención de los sistemas neuromuscular, respiratorio, fonatorio, auditivo, endocrino, resonancial y articulatorio, los que interactúan de manera compleja en coordinación con los subsistemas neurológicos central y periférico (Farías, 2011). De todos los sistemas antes mencionados, el sistema fonatorio cumple un rol preponderante en la producción vocal. Este está dividido en 3 subsistemas: el sistema de fuelle pulmonar, en el que los pulmones actúan como motor impulsor de la voz; el sistema emisor, a través del cual la laringe transforma la energía aerodinámica en acústica, mediante la vibración de las cuerdas vocales; y el sistema de resonancia, a través del cual las ondas sonoras son amplificadas o atenuadas para su propagación al exterior, gracias a la participación de las cavidades nasal, oral y faríngea (Farías, 2011).

2.1. Modelos de producción vocal

Se han planteado diversas teorías respecto a la producción vocal. Actualmente, las más relevantes son la teoría mioelástica aerodinámica y la teoría fuente filtro, las cuales se describen a continuación.

2.1.1. Teoría mioelástica-aerodinámica:

Esta teoría, propuesta por Van Den Berg en 1954, indica que las propiedades aerodinámicas del aire espirado, conjugadas con la elasticidad de los tejidos de los músculos laríngeos, constituyen el elemento motor más relevante para la vibración de los pliegues vocales (cit. en Farías, 2011). Durante la inspiración, los pliegues vocales (PPVV) son abducidos hacia la posición intermedia o lateral, mientras que en la espiración, los PPVV se aproximan entre sí por la acción de los músculos intrínsecos. Al iniciar la vibración, se produce el denominado efecto Bernoulli, que corresponde a un fenómeno físico en el cual un fluido, al pasar por una zona elástica estrecha, crea una presión negativa. Dado lo anterior, los bordes libres de los pliegues se aspiran uno contra el otro, uniéndose en la línea media; este contacto se mantiene hasta que la presión subglótica aumenta lo suficiente como para separarlos, repitiendo el ciclo velozmente (Farías, 2011).

2.1.2. Teoría fuente-filtro

El aparato fonatorio funciona como un sistema que convierte la energía aerodinámica de corriente continua, en una energía acústica de corriente alterna (Borsone de Manrique, 1980: Morrison, 1996 cit. en Farías, 2011). Fant, en 1960, propone un modelo lineal donde la fonación funciona en respuesta a un sistema de filtros (el tracto vocal) de una o más fuentes de sonido. El sonido generado por las fuentes es moldeado por el tracto vocal o cavidades resonantes con cambios de área que producen los movimientos de los articuladores (Farías, 2011).

Según la teoría fuente-filtro, la corriente de aire proveniente de los pulmones genera una perturbación acústica periódica. Esta señal se ve influenciada en su paso por el tracto vocal y nasal, modificando su espectro, de manera que cambia su forma de onda. La nueva señal acústica mantiene los mismos componentes frecuenciales, pero con amplitudes moduladas por el filtro del tracto (Cobeta, Núñez & Fernández, 2013).

Cabe destacar que este modelo es una simplificación del proceso de fonación, ya que se asume, por ejemplo, que la fuente y el filtro son linealmente separables sin interacción entre ellos. Por el contrario, se produce un acoplamiento entre el tracto y los pulmones durante el tiempo en que la glotis se encuentra abierta, lo que modifica la característica del filtro en cada ciclo de la excitación. Es por esto que no se genera una onda completamente periódica, aunque es considerada así en cortos intervalos de tiempo. Además, no es preciso separar los sonidos en sordos o sonoros, ya que en los sonidos fricativos, por ejemplo, existe una correlación entre el ruido y los picos de la señal glótica (Cobeta & cols., 2013). A raíz de lo anterior, actualmente, se ha desarrollado una actualización de la teoría fuente filtro, denominada "teoría fuente filtro no lineal", en donde existiría un *biofeedback* entre la fuente y el filtro que considera los aspectos antes descritos por Cobeta & cols. Sin embargo, la mayoría de los *softwares* de análisis acústicos de la voz funcionan a partir del modelo fuente filtro lineal, razón por la cual es el más importante para este estudio.

2.2.Parámetros vocales

Tradicionalmente, se han descrito como parámetros vocales al tono, sonoridad, timbre (compuesto por el brillo y color), calidad vocal y duración de una voz. Farías (2011) plantea que estos pueden describirse según dos dimensiones: la perceptual y la físico-acústica, las que están estrechamente relacionadas. Para efectos de este estudio, se utilizará principalmente la descripción físico-acústica de los parámetros vocales, los que se describen a continuación.

2.2.1. Intensidad

Según Brockmann, Storck, Carding & Drinnan (2012), la intensidad dependerá de la presión que genera la fuente sonora, es decir, del nivel de presión de sonido (SPL), que es la medida de la intensidad de la voz en decibeles (dB). En la representación de la onda sonora, se refiere a su amplitud.

El correlato perceptivo, es decir, la sensación psicofísica que genera la intensidad es llamada sonoridad o *loudness*. Esta se explica como el modo en que una persona juzga un sonido según lo considere fuerte o débil. Se puede cuantificar en escala de fones o sones; sin embargo, en la clínica, es suficiente la clasificación en débil, adecuada y fuerte, dependiendo del contexto de proyección vocal (Behlau, 2005). En la producción de la voz, fisiológicamente, el *loudness* varía según la cantidad de presión subglótica que se utiliza al fonar.

2.2.2. Frecuencia

Acústicamente, la frecuencia "corresponde al número de vibraciones por segundo que produce la fuente sonora. En el aparato vocal, sería el número de veces por segundo en que vibran los pliegues vocales. La medida física de esta unidad se realiza mediante Hertzios (Hz.) o ciclos por segundo" (Casado, 2002: 26). Esta medida de la frecuencia será llamada frecuencia fundamental (F0) (Jackson-Menaldi, 1992, Casado, 2002; Behlau, 2005). Se puede hacer un juicio de la normalidad de la frecuencia de la voz según su valor numérico, sin embargo, también se puede percibir de manera subjetiva como un sonido agudo, medio o grave. Behlau (2005) define esta sensación psicofísica como altura tonal o *pitch*.

2.2.3. Armónicos

Desde un punto de vista acústico, se puede analizar la señal vocal en cuanto a su contenido armónico. Para comprender qué son los armónicos, se puede recurrir a la fisiología fonatoria. Cuando los pliegues vocales vibran por el flujo de aire proveniente de los pulmones, se genera una señal acústica con una frecuencia fundamental y muchos armónicos con amplitud decreciente que son múltiplos entre sí (Wentworth, 2011). En la voz humana, la energía y calidad de los armónicos dependerá, principalmente, del grado de aducción de los pliegues vocales en fonación, así como a la velocidad de la fase de cierre del mismo. Además, posteriormente, el tracto vocal puede reforzar el contenido armónico de la fuente sonora a través de fenómenos de resonancia.

Jackson-Menaldi (1992) menciona que los armónicos generan la sensación psicoacústica de la energía de una voz a lo cual le llama mordiente o brillantez. La autora plantea que esta característica depende de la riqueza de armónicos en las frecuencias 2.500 a 3.500 Hz. Perceptualmente, una voz se puede clasificar por su mordiente (contenido armónico) en: brillante, estridente y opaco.

2.2.4. Formantes

El concepto de formantes es complejo, ya que en la literatura se entiende como formantes a diversos fenómenos acústicos. Para Fant (1969, cit. en Wolfe, Garnier, Smith, 2009) corresponde a los *peaks* del espectro. En tanto, para Hanauer (1971, cit. en Wolfe & cols.) serían propiedades resonanciales naturales del tracto vocal. Para muchos investigadores actuales, en cambio, los formantes corresponderían a los polos dentro de un modelo de filtro. Dado lo anterior, para efectos de esta investigación, se considerará una definición mucho más elemental de formantes.

Según describe Wentworth (2011), se considera formantes a las resonancias naturales dentro de un tubo cilíndrico con un extremo cerrado y el otro abierto, asociadas a

una onda estacionaria. Explica el autor que, en el estudio de la voz, correspondería a los modos de vibración de las partículas dentro del tracto vocal. Esto se condice con lo que afirma Cecconello (2012), quien indica que la diferencia entre los armónicos y los formantes es que los primeros son generados en la fuente glótica y los segundos, en el tracto vocal. Fisiológicamente, los formantes tienen una relación con la forma que adopte el tracto vocal, de esta manera, se aumenta la energía de cierta zona de armónicos y se amortiguan otras, dependiendo del lugar y la forma que adopten los distintos formantes.

En voz hablada, se encuentran cuatro formantes, de los cuales el formante F1 y F2 se asocian a cambios articulatorios o vocálicos (Farías, 2011), mientras que los formantes F3 y F4 se asociarían perceptualmente al timbre de la voz y se denominarían extra-vocálicos. Estos tendrían relación, específicamente, con el color de la voz. Así mismo, existiría un quinto formante, el cual aparecería en la voz cantada dentro de las zonas frecuenciales 3000 Hz hasta 5000 Hz, este se relacionaría fisiológicamente con la contracción del tubo epilaríngeo (Sundberg, 2003).

2.2.5. Resonancia

La resonancia consiste en un refuerzo de la intensidad de sonidos de determinadas frecuencias del espectro sonoro y amortiguación de otras. Esta depende de las cavidades de resonancia que dirigen el modelaje y proyección de la voz en el espacio (Behlau, 2005). Acústicamente, tiene una estrecha relación con la forma en que se relacionan los armónicos con los formantes en la voz humana. Como lo indica Wentworth (2011) las zonas desde la laringe a la boca por las que pasa el aire, amortiguan algunas frecuencias de la señal acústica y permiten que otras frecuencias pasen sin ser atenuadas.

Perceptualmente, una resonancia adecuada se define como aquella en la que todos los resonadores se utilizan de manera equilibrada, lo que se percibe como una cualidad difusa. En cambio, cuando se concentra en una sola región, se genera un desequilibrio en el sistema. Las zonas en las que se acumula la energía fonatoria darán características

diferentes a las voces; cuando se concentra en un foco bajo, se le llamará resonancia laringo-faríngea. Cuando se genera una tensión en la base de la lengua, acercándose a la pared posterior de la faringe, tendrá el nombre de resonancia faríngea. Cuando se acumula mucha energía en la boca, se genera un exceso de resonancia oral y, en el caso de los focos altos de resonancia, se les conocerá como resonancia nasal (Cobeta & cols., 2013).

Según Farías (2011), se denomina resonancia hipernasal al exceso de resonancia dentro de la cavidad nasal para vocales y consonantes sonoras orales. Se produce por el acople entre cavidades oral y nasal, debido al cierre incompleto del paladar duro y/o del esfínter velofaríngeo.

Respecto a la nasalidad, Cecconello (2012) plantea que, en el análisis fonético-acústico, se puede observar un formante extra nasal, ubicado entre el primer y el segundo formante. Las frecuencias en las que aparece suelen ser entre los 350 y 500 Hz. Cecconello & Gurlekian (2009, cit. en Cecconello, 2012) estudiaron este formante, encontrándolo en mayor proporción en niños con disfonía, por lo que concluyeron que las alteraciones de la voz van acompañadas de cierta nasalidad. Además, estos autores plantean que uno de los principales trastornos resonanciales es la nasalidad, la cual puede desencadenar alguna alteración vocal. Otros factores que se debe tener en cuenta es el descenso en el valor de F1 en la vocal /a/ y el aumento del ancho de banda de este mismo.

2.2.6. Duración

Acústicamente, la duración corresponde al tiempo en que un sonido mantiene su vibración. Para mantener la fonación durante un periodo suficientemente prolongado como para no interrumpir el habla para tomar aire, se debe tener en cuenta la interacción del mecanismo valvular de la laringe con el flujo aéreo proveniente de los pulmones (Cobeta & cols., 2013).

2.3.Evaluación de la voz

El fonoaudiólogo es el responsable de llevar a cabo una evaluación vocal completa que permita detectar las posibles alteraciones de la voz. Dicha evaluación implica diversos procedimientos, tanto objetivos como subjetivos, sobre lo que se profundizará a continuación.

2.3.1. Evaluación subjetiva

La evaluación subjetiva se inicia con la obtención de información relevante mediante la anamnesis, para culminar con una evaluación subjetiva de las características vocales del sujeto mediante diversos procedimientos. Esta última dependerá, en gran medida, del juicio del examinador.

a. Anamnesis

La anamnesis consiste en un cuestionario mediante el cual se indaga sobre el estado de diversas variables consideradas de riesgo para la salud de la voz, con el fin de encontrar las posibles causas de un trastorno vocal. Las preguntas son de utilidad en la emisión de un diagnóstico y en la formulación de un plan de tratamiento (Casado, 2002).

b. Evaluación perceptual o psicoacústica de la voz

La psicoacústica de la voz consiste en una valoración subjetiva de las cualidades vocales de acuerdo a un sistema de referencia personal del evaluador, cuya audición debe estar entrenada clínicamente. Esta evaluación puede ser de carácter exclusivamente impresionístico (voz ronca, soplada, comprimida, entre otras), o involucrar diversas escalas

e índices para una determinación menos subjetiva y más confiable de las alteraciones encontradas (Behlau, 2005).

Una de las pautas de evaluación perceptual más utilizadas a nivel mundial es la escala de GIRBAS, creada por la "Sociedad Japonesa de Logopedia y Foniatría" (1969) y ampliamente divulgada por Hirano (1981). GIRBAS consiste en un método simple de evaluación del grado global de alteración vocal, mediante la identificación de cuatro factores independientes: inestabilidad (I), ronquera (R), soplocidad (B), astenia (A) y tensión (S). Dichos factores permitirán cuantificar el grado de afectación de la voz (Behlau, 2005).

2.3.2. Evaluación objetiva

Esta evaluación permite objetivar la información obtenida en la evaluación perceptual. Se realiza mediante el análisis fonético-acústico de la señal de la voz y valora diversos parámetros.

a. Análisis fonético- acústico

El análisis fonético acústico (AFA) consiste en un método no invasivo de evaluación de la voz (González, Cervera, & Miralles, 2002) que ofrece medios prácticos y objetivos para cuantificar la señal sonora, analizando la función vocal y ofreciendo una línea de base para el posterior tratamiento (Behlau, 2005). Existen diversos programas diseñados para realizar el análisis fonético acústico, como por ejemplo, ANAGRAF, CSL y Dr. Speech. (Jackson-Menaldi, 2002). El *software* que proporciona los datos que se utilizarán en este estudio es Praat.

- Parámetros fonéticos acústicos

Para la exploración acústica, se deben observar los parámetros de frecuencia, intensidad, perturbación, ruido y espectrográficos. Dichas mediciones representan las alteraciones responsables de los trastornos vocales, por lo que su análisis contribuirá al diagnóstico o descripción de las características de una determinada voz.

- Parámetros de frecuencia

Frecuencia fundamental (F0): Indica el número de vibraciones de las cuerdas vocales por segundo y se mide en ciclos/segundo o Hz. Se considera que los valores normales para hombres fluctúan entre 110 a 141 Hz y para mujeres entre 210 a 256 Hz (Jackson-Menaldi, 2002).

- Parámetros de intensidad

Intensidad: La intensidad es la correlación física del fenómeno perceptual de la sonoridad vocal. Refleja la amplitud con la que se produce el tono y se expresa en decibelios (dB). Los valores normales en el adulto presentan un rango entre 30 y 110 dB, siendo el nivel conversacional habitual de 70-75 dB (Elhendi, 2005).

- Parámetros de perturbación

Los parámetros de perturbación buscan medir la variabilidad de la señal dentro de cortos periodos de tiempo, los más usados son la perturbación de la amplitud *Shimmer* y la perturbación de la frecuencia *Jitter*.

Shimmer: Mide la variabilidad de la amplitud de la onda sonora entre períodos consecutivos y se expresa en dB (González & cols., 2002). Según Jackson-Menaldi (2002), los valores normales pueden ser iguales o inferiores a 3,81%.

Jitter: Evalúa la variabilidad de la frecuencia fundamental de la voz ciclo a ciclo y se mide en microsegundos (ms). Este parámetro es muy sensible a los cambios que ocurren entre períodos consecutivos (González & cols., 2002). De acuerdo a Jackson-Menaldi (2002), se consideran normales valores entre 0 y 1,04%.

- Parámetros de ruido

Los parámetros de ruido buscan medir la cantidad de aperiodicidad de una señal, es decir, buscan cuantificar la cantidad de ruido de una muestra de sonido. Para esto, se han desarrollado múltiples procedimientos, siendo los más utilizados la relación ruido-armónico o *noise to harmonic ratio* (NHR), la relación armónico-ruido o *harmonic-to-noise ratio* (HNR) y el índice de turbulencia de la voz o *voice turbulence index* (VTI), pero para fines de esta investigación, se hará referencia solo al primero.

¨La relación ruido armónico (NHR) evalúa la presencia de ruido en la señal de la voz. Este ruido puede originarse por variaciones en la amplitud, aperiocidad, presencia de componentes subarmónicos o existencia de rupturas de voz. El parámetro consiste en el cociente entre la energía inarmónica en el rango 1500-4500 Hz y la energía armónica en el rango 70-4500 Hz (González & cols., 2002). De acuerdo a Jackson-Menaldi (2002), los valores normales para este parámetro se encuentran entre 0 y 0,19.

b. Análisis espectral

Román (2011) define dos tipos de espectrogramas: espectrograma de banda estrecha y espectrograma de banda ancha. El primero muestra la información frecuencial bastante

detallada, pudiendo distinguir con facilidad la frecuencia fundamental y los armónicos en una vocal. El segundo muestra la información de la frecuencia con menor detalle, por lo que es muy útil para el análisis fonético, ya que permite observar con claridad los formantes vocálicos.

- Parámetros espectrográficos

Los parámetros que se pueden observar en los gráficos de espectrograma son los armónicos y los formantes.

- Armónicos

Según Farías (2011), los armónicos se logran observar en el espectrograma de banda estrecha. El primer armónico es la frecuencia fundamental F0, y corresponde al tono de la voz; el segundo tiene una frecuencia doble de la fundamental; el tercero, triple; y así sucesivamente (Gracida & Orduña, 2011).

- Formantes

Los formantes tienen como características principales un centro de frecuencia y un ancho de banda (resonancia efectiva). Su primera aproximación se hace, normalmente, en un espectrograma de banda ancha en el que las zonas destacadas representan concentraciones de energía. Es esperable encontrar cinco formantes en un rango de 0 a 5000 Hz en la voz masculina; y entre los 0 y 5500 Hz, para la voz femenina (Román, 2011).

Se han realizado pocos estudios respecto a los valores formánticos del español y, menos aún, sobre los del español latino. De estos últimos, los más relevantes son los mostrados por Farías (2011) sobre el español rioplatense (Tabla 2) y el realizado por Marfull en el 2012 en Santiago de Chile (Tabla 3).

Tabla 2: Valores promedio de F0, formantes y anchos de banda para las vocales del español rioplatense

	Sexo	I	E	A	o	U
F0	Femenino	207	205	205	204	204
	Masculino	130	125	127	124	124
F1	Femenino	330	454	980	546	382
	Masculino	290	430	830	510	335
B1	Femenino	70	80	110	97	74
	Masculino	63	75	105	83	80
F2	Femenino	2765	2500	1553	934	740
	Masculino	2295	2120	1350	860	720
B2	Femenino	130	156	160	130	150
	Masculino	103	106	106	105	112
F3	Femenino	3740	3130	2890	2966	2760
	Masculino	2915	2628	2450	2480	2380
B3	Femenino	178	190	210	185	210
	Masculino	174	140	142	156	208
F4	Femenino	4366	4150	3930	3854	3380
	Masculino	3645	3610	3665	3485	3355
B4	Femenino					
	Masculino	124	180	197	170	150

Nota Fuente: Farías (2011). Ejercicios que restauran la función vocal. Observaciones clínicas. Buenos Aires, Argentina. Librería Akadia.

Tabla 3: Valores promedio y desviaciones estándar (DE) de F0, F1, F2, F3 y F4 para las vocales /a/, /e/, /i/, /o/ y /u/ en hombres y mujeres habitantes de Santiago de Chile (2011)

	Género	A	E	i	o	U
F0	Femenino	217 ± 23,56	216 ± 17.84	220 ± 21.82	216 ± 13.30	217 ± 25.70
	Masculino	140 ± 28,07	164 ± 48.49	153 ± 42.70	142 ± 34.89	137 ± 28.52
F1	Femenino	697 ± 270,9	486 ± 130.6	321 ± 52.35	565 ± 376.8	420 ± 69.40
	Masculino	812 ± 94,1	474 ± 51.89	308 ± 45.85	497 ± 74.2	392 ± 76.8
F2	Femenino	1597 ± 220,5	2557 ± 223.9	3030 ± 224,2	1608 ± 829.7	1540 ± 864.4
	Masculino	1332 ± 176,6	2206 ± 172.2	2360 ± 161.0	1255 ± 688	1341 ± 792
F3	Femenino	2994 ± 247,7	3365 ± 212.7	3568 ± 447.1	3331 ± 385.7	3242 ± 387.3
	Masculino	2774 ± 253,3	2926 ± 316.6	3125 ± 374.1	2834 ± 402.7	2933 ± 460.2
F4	Femenino	4301 ± 251,2	4482 ± 161.8	4413 ± 471.3	4360 ± 109.2	4081 ± 590.0
	Masculino	3986 ± 283,9	3812 ± 485.3	3921 ± 191.4	3852 ± 448.7	3934 ± 578.6

Nota Fuente: Díaz, Cisternas y Marfull (2012) Características acústicas de las vocales producidas por sujetos de habla hispana, chilenos residentes en la ciudad de Santiago. Tesis para optar al grado de Magister en audiología. Santiago; Universidad Andrés Bello, Facultad de ciencias de la rehabilitación.

- *Long-term-average spectrum* (LTAS)

Dentro del análisis espectrográfico de la voz, existe otro parámetro que actualmente está siendo utilizado con éxito, tanto en la clínica vocal como en investigación. Este parámetro se denomina LTAS por sus siglas en inglés, siendo un espectro promedio a largo plazo. Es útil tanto para medir tanto características glóticas (fuente) como características de función de transferencia, es decir, el filtro acústico de la voz dado por el tracto vocal (Guzmán, 2013).

El LTAS calcula el promedio de los espectros de una señal durante un determinado periodo de tiempo (Guzmán, 2013). Este tipo de análisis tiene la gran ventaja de obtener un

promedio de la distribución de energía a través de las distintas frecuencias de la voz. Se puede aplicar tanto a muestras de vocales aisladas como a muestras de habla encadenada, permitiendo un análisis mucho más cercano a la realidad. Dentro de las mediciones posibles a través de LTAS se encuentran:

- L1 – L0: Esta medición compara la cantidad de energía entre las regiones frecuenciales entre los 300 Hz a 800 Hz con las regiones entre los 50 Hz y 300 Hz. Esta medición ha demostrado entregar información relevante sobre el ruido en la fuente sonora. (Guzmán, 2013).

- *Alpha ratio*: Esta medición busca comparar la cantidad de energía de las regiones frecuenciales entre los 50 Hz a los 1000 Hz con las regiones entre los 1000 Hz y 5000 Hz. Su utilidad clínica es proveer información sobre la declinación de la pendiente espectral, la cual se relaciona con la híper o hipofunción del sistema fonatorio (Guzmán, 2013).

2.4.Concepto de voz normal y voz alterada por hipoacusia.

El concepto de voz normal ha sido controversial a lo largo del tiempo y, aun actualmente, no hay un consenso sobre este tema. Desde el punto de vista de Behlau (2001), la producción de voz es un proceso neurofisiológico que requiere de un sustrato orgánico para llevarse a cabo, pero en el cual también influyen factores psicológicos. Por lo tanto, lograr la armonía del funcionamiento muscular será importante para mantener una voz normal; pero al ser una manifestación del comportamiento, se hace complicado definir dicha normalidad. Esto último se debe a que las normas conductuales son altamente influenciables por factores culturales e interpretaciones subjetivas.

Ante esta realidad, sólo se han podido establecer patrones generales de normalidad de la voz. Tres de estos factores son: inteligibilidad, estética y demanda. La primera se refiere al aporte que hace la voz para que el habla sea inteligible para el oyente. La segunda

se relaciona con las cualidades acústicas: frecuencia, intensidad, calidad vocal; las cuales deben ser estéticamente aceptables para el oyente. La tercera se centra en que la voz rinda según las exigencias laborales o sociales del individuo (Aaronson, 1990 cit. en Behlau 2001).

Una definición de disfonía es: "toda y cualquier dificultad o alteración en la emisión vocal que impide la producción natural de la voz" (Behlau & Pontes, 1995. cit. en Behlau 2001). Las manifestaciones más comunes de las disfonías son: modificaciones de la calidad vocal, esfuerzo y/o fatiga al emitir la voz, pérdida de la potencia y variaciones involuntarias de la frecuencia tonal, entre otros (Behlau, 2001).

Para clasificar los desórdenes de la voz, los autores han recurrido a diferentes criterios a lo largo del tiempo. Algunos de ellos son: etiológico, por tiempo del síntoma vocal, por la dicotomía orgánica funcional, por la cinesiología laríngea, por hallazgos en la evaluación clínica y otros más específicos de acuerdo a la experiencia del autor. Dados los objetivos de este estudio, se realizó una revisión de las clasificaciones que mencionan disfonías producto de alteración auditiva, seleccionándose la descrita por Fawcus en 1992 y la propuesta por Poch del año 2005, quien utiliza el nombre de disfonías audiógenas.

Fawcus en 1992 (cit. en Behlau, 2001) realiza una clasificación de las disfonías según los hallazgos que se pueden constatar en la evaluación clínica del aparato fonatorio. Este autor divide las disfonías en tres categorías: anormalidades estructurales, disturbios del movimiento y ausencia de impedimentos orgánicos o funcionales. En la última, no se incluyen los problemas orgánicos de áreas diferentes a la laringe, por lo tanto, las deficiencias auditivas se consideran como ausencia de impedimento orgánico. Las disfonías por ausencia de impedimentos orgánicos son aquellas en las que hay problemas de difícil detección, ya que no se observan alteraciones estructurales ni funcionales de la laringe en el análisis clínico. Dentro de esta clasificación, el autor incluye las disfonías funcionales psicogénicas o histéricas y las disfonías de personas transexuales y de personas con hipoacusia.

En la clasificación de Poch (2005) se le llama disfonía audiógena a las alteraciones vocales producidas en personas con hipoacusia. El autor plantea que, en casos de hipoacusia de grado severo a profundo, existe falta de retorno auditivo de la voz. Esto provoca que los mecanismos cortico-bulbares de regulación de la audición funcionen de manera incorrecta, generándose una vía de salida sonora deficiente. Explica que los mecanismos que compensarán este *feedback* auditivo alterado pueden derivar de la información propioceptiva que llega desde el sentido del tacto hasta el tálamo, generando las órdenes motoras necesarias para la producción de la voz. Además, plantea que las características principales de la voz del sordo profundo serán una voz "metálica", sin ritmo ni melodía, con ruido respiratorio y pocos armónicos superiores.

3. Relación entre audición y voz

El oído es un sistema complejo, acústico, mecánico y eléctrico, necesario para aprender el lenguaje (Jackson-Menaldi, 2002). El sistema auditivo, en conjunto con los sistemas nervioso central y periférico, se encargan de la regulación de diversos parámetros, tales como, intensidad, frecuencia y articulación del lenguaje. Esto último se lleva a cabo gracias al manejo de la sensibilidad y motricidad neuromuscular oral, por parte del sistema nervioso, de acuerdo a la información recibida por el *feedback* del sistema auditivo-fonatorio, que resulta fundamental en la producción de la voz y en la integridad del propio sistema fonatorio.

3.1.*Feedback* auditivo

El *feedback* auditivo se define como un mecanismo de procesamiento cortical durante la producción del habla que se produce cuando se compara y verifica el mensaje producido con el mensaje deseado; esto ocurre cuando el sistema auditivo del hablante percibe su propia voz (Howel y Ling, cit. en Antipova, Purdy, Blakeley & Williams, 2008). En las personas con hipoacusia, se hipotetiza que las alteraciones vocales son producidas

por la pérdida o alteración de este mecanismo. En los párrafos siguientes, se entregarán antecedentes importantes de la probable fisiología del *feedback* auditivo, así como su rol en el control motor de la voz.

3.1.1. *Feedback* auditivo y control motor del habla.

La voz se enmarca dentro de la producción del habla, ya que es la encargada de dar el sustento sonoro y los aspectos suprasegmentales a la misma. Del mismo modo, al evaluar la voz, siempre se hará mediante una producción de habla. Por lo tanto, para poder comprender el efecto del *feedback* auditivo en el control motor de la voz, es necesario, en primera instancia, conocer, a modo general, el control motor del habla.

Para que el acto del habla tenga lugar, se requiere de la participación coordinada de una serie de sistemas neurofisiológicos y anatómicos. Esto se ve traducido en la participación de muchos sistemas, para coordinar aspectos acústicos y motores, que permitirán un funcionamiento normal en cuanto al análisis, planificación y ejecución fluida del habla.

El funcionamiento de tres sistemas permite la correcta ejecución del sistema motor del habla. Dichos sistemas son: piramidal, relacionado con la actividad motora voluntaria; extrapiramidal, encargado de regular el trabajo entre las distintas estructuras de los mecanismos superiores, que permite controlar la automaticidad al hablar, la calidad y cantidad de movimientos de dicho acto; y cerebeloso, responsable de coordinar los movimientos necesarios para la precisión del habla y entregar regulación constante y simultánea mediante mecanismos propioceptivos de las áreas auditivas, táctiles y visuales (Love, 2001). Estos participan en la interacción y regulación de los sistemas nervioso central y periférico, así como en la activación y control del aparato fonoarticulatorio, cumpliendo, este último, un rol fundamental en la producción de la voz.

Cabe destacar que, en relación al sistema nervioso periférico involucrado, no todos los pares craneales tienen una relación directa con el acto motor del habla, sino que lo harán los pares V, VII, IX, X, XI y XII, entregando información sensorial y motora a la musculatura oral.

3.1.2. Modelo DIVA

El modelo DIVA es un modelo de redes neuronales que intenta explicar la producción del habla y la voz con énfasis en el rol del *feedback* auditivo. Este se lleva a cabo a través de modelos computacionales, resonancia magnética, perturbación del *feedback* auditivo en tiempo real y métodos de análisis acústico en personas normoyentes y con pérdida auditiva (Perkell, Guenther, Lane, Matthies, Perrier, Vickf & Zandipourf, 2000).

El modelo DIVA, esquematizado en la Figura 2, plantea tres hipótesis. La primera es que los segmentos de los sonidos del habla tendrían una representación en el sistema nervioso central como regiones auditivas espacio-temporales. Para producir habla, el sistema recurriría a estas representaciones, que el modelo denomina objetivos acústicos. Para planificar y cumplir los objetivos acústicos, es decir, articular los sonidos, el sistema utilizaría redes neuronales denominadas *feedfordward* (Perkell& cols., 2000).

La segunda hipótesis del modelo plantea que para producir los sonidos, es decir, los objetivos acústicos, debería existir una relación entre las posturas del tracto vocal con su consecuencia acústica, a lo cual se denomina modelo interno. El modelo interno estaría compuesto, principalmente, por el *feedback* auditivo y, en segunda instancia, por el *feedback* sensorial. Estos serían necesarios para mantener un control directo y en tiempo real entre lo que se quiere producir y lo que se está produciendo (Perkell & cols., 2000).

Como tercera hipótesis se señala que existirían efectos de saturación, es decir, a medida que se van concretando los objetivos, se instauran engramas motores, por lo cual se

reduce la necesidad de este modelo interno para calibrar o producir adecuadamente el sonido (Perkell & cols., 2000).

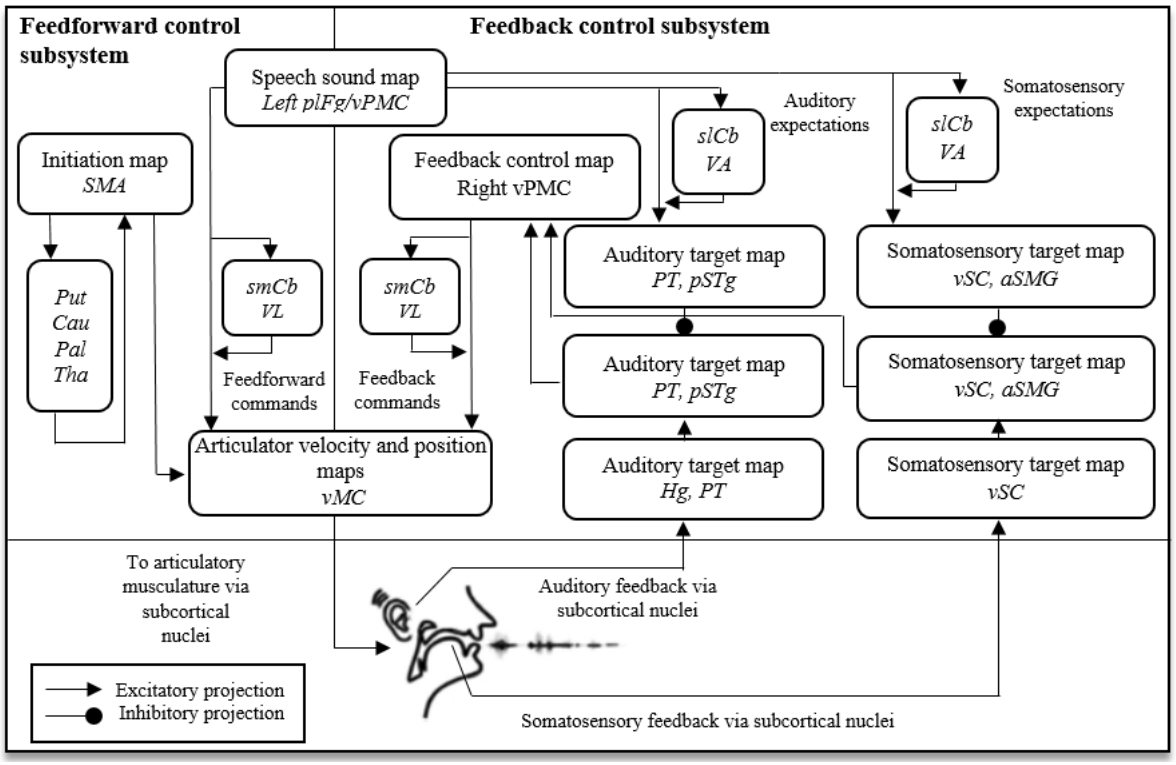

Figura 2 Fuente: *A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss* (Perkell & cols. 2000).

En términos simples, el modelo plantea que la producción de un fonema o sílaba comienza con la activación de representaciones auditivas del mismo (*target*), las cuales se generarían en el córtex ventral premotor. Luego, se establecería una red neuronal con áreas corticales somato sensoriales, auditivas y motoras, cuyas proyecciones involucrarían una activación cerebelosa y de núcleos subcorticales, permitiendo así la contracción muscular necesaria para que las estructuras del tracto vocal generen las configuraciones distintivas requeridas para cumplir el objetivo planteado (*target*). El modelo interno se encargaría de monitorear el mapeo de la señal, relacionando los patrones del tracto vocal con las consecuencias acústicas producidas, corrigiendo posibles errores generados en tiempo real (Perkell & cols., 2000). Se indica que, al fallar este modelo interno, se producirían problemas entre los objetivos acústicos y su producción que se ponen de manifiesto en las personas con pérdida auditiva.

3.1.3. *Feedback* auditivo y control motor de la voz

En lo que respecta a la voz, propiamente tal, se han realizado varias investigaciones basadas en los postulados del modelo DIVA con el objetivo de aportar al entendimiento del control de la voz. Se debe tener en consideración que, aunque la fonación es un componente esencial en el proceso de producción del habla, el control y regulación de la voz puede ser menos complejo que el control del sistema de articulación involucrado en dicho proceso (Perkell& cols., 2000). En la literatura actual destaca, principalmente, el rol de la retroalimentación auditiva como medio regulador (Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Lane, & cols., 1997; Murbe & cols., 2002; Ringely Steer, 1963; Svirsky & cols., 1992 Angelocci & cols., 1964; Binnie & cols., 1982; Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Lane, & cols., 1997 cit. en Perkell& cols., 2000).

Se han utilizado técnicas de neuroimagen para identificar, específicamente, las regiones cerebrales implicadas en el control sensorial de la voz. Parkinson, Flagmeier, Manes, Larson, Rogers & Robin (2012) indican que la actividad de células auditivas de la circunvolución temporal superior bilateral está involucrada en la detección de errores por falta de correspondencia entre la frecuencia fundamental de la voz (F0) producida y la esperada.

La precisión de la frecuencia fundamental de la voz y el control de su amplitud dependen de mecanismos de detección y de corrección de errores vocales que son procesados por la retroalimentación sensorial (Burnett & cols., 1998; Hain & cols., 2000 cit. Parkinson & cols., 2012). Esos mecanismos poseen una latencia corta y automática, aunque también pueden ser modificados intencionalmente (Hain & cols., 2000 cit. Parkinson & cols., 2012). Los modelos *fordward* predicen el siguiente estado, dada la información proveniente de comandos estatales y motores, a través de la retroalimentación de sistemas motores y sensoriales. Esta información es utilizada para corregir y controlar las señales de retroalimentación en las regiones del cerebro que controlan la respuesta motora (Parkinson & cols., 2012).

El control de los nervios de la laringe no sólo depende de la retroalimentación auditiva, sino también de otras sensaciones. Estudios han demostrado que la retroalimentación kinestésica también tiene un rol importante en el control de la frecuencia fundamental de la voz (Angelocci, & cols., 1964; Binnie, & cols., 1982; Burnett & cols., 1998; Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Hain & cols., 2000; Lane, & cols., 1997 cit. Parkinson & cols., 2012).

3.2. Características de la voz en personas con hipoacusia

La hipoacusia provoca una pérdida de la retroalimentación auditiva que deriva en un aumento de la frecuencia fundamental de la voz como, también, en la variabilidad de esta frecuencia (Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Lane & cols., 1997; Murbe & cols., 2002.; Ringely Steer, 1963; Svirsky & cols., 1992 cit. Parkinson & cols., 2012). A continuación, se profundizará en la descripción de los parámetros vocales en personas con pérdida auditiva sensorioneural bilateral.

3.2.1. Parámetros perceptuales

La voz de las personas con hipoacusia ha sido descrita como monótona, debido a la falta de variación de tono normal (Dehqan & Scherer, 2010). Además, se caracteriza por presentar una sonoridad aumentada, producto de la alta intensidad con la que esta es emitida (Mora & cols., 2012). Por último, presenta alteraciones en la resonancia, principalmente hipernasalidad, provocada por un pobre control del esfínter velofaríngeo debido a la ausencia del *feedback* auditivo (Hassan & cols., 2011).

Sobre este tema, Behlau (2005) plantea que al perder algún grado de audición en edad adulta, se producen dificultades relacionadas con la inteligibilidad y naturalidad en la producción de habla. Respecto a las alteraciones de los parámetros vocales, se evidencia

una limitación en la modulación de la frecuencia y en el control de la intensidad de la voz. Además, destaca que la voz de personas con hipoacusia tiene una relación directa con el grado y el tipo de pérdida auditiva y con otros factores, como, la edad, el género y el tipo de adaptación de prótesis auditivas.

3.2.2. Parámetros fonético-acústicos en personas con hipoacusia

En un estudio publicado por Mora & cols. (2012), se encontró que los parámetros acústicos eran significativamente diferentes en individuos con hipoacusia. En relación a la F0, se registraron valores más altos en sujetos con pérdida auditiva que en personas con audición normal, siendo sus valores promedio 137, 2 Hz y 120 Hz, respectivamente. Además, se observaron patrones irregulares de F0 e intensidad, siendo un indicio de la dificultad para el control vocal. En lo que respecta a los índices de perturbación, *Jitter* y *Shimmer*, estos también tuvieron un valor superior a la norma, siendo 1,93% y 6,67% respectivamente. Por último, la relación ruido armónico (NHR) también mostró una alteración, siendo su valor promedio 0,19, lo que está estrechamente relacionado con la presencia de ruido en la emisión.

En otra investigación, publicada por Schenk & cols. (2003), se analizaron los valores de los formantes F1 y F2 en las vocales /a/, /e/ y /o/, y se compararon dichos valores en personas con pérdida auditiva y personas con audición normal. El valor del primer formante (F1) para las vocales /e/ y /o/ fue más alto en los sujetos con pérdida auditiva; mientras que, en la vocal /a/, fue significativamente menor. La segunda frecuencia formántica (F2) para la vocal /e/ difería de la F2 de las personas sin hipoacusia; sin embargo, en las vocales /a/ y /o/ se encontraron valores muy cercanos a la audición normal.

Las características descritas anteriormente reflejan las desviaciones vocales que presentan los sujetos con pérdida auditiva. La soplocidad, la ronquera, la monotonía, la ausencia del ritmo, la fatiga vocal, y el tono alto, se justifican por la incapacidad de estas

personas para controlar su desempeño vocal debido a la falta de automonitoreo de su voz (Mora & cols., 2012).

Las conceptualizaciones revisadas en el presente marco teórico corresponden al campo de la audición y la voz, y a la articulación entre ambas. Con este estudio se busca incrementar la información existente y profundizar simultáneamente en estas áreas. La finalidad de este es encontrar la existencia de una correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz de las personas con hipoacusia y el grado de pérdida auditiva. Existe evidencia teórica de la relación entre los parámetros fonético-acústicos y el grado de pérdida auditiva indicando como factor esencial el rol del *feedback* auditivo.

II. METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se abordarán los aspectos metodológicos de la investigación. Se expondrá el planteamiento del problema, los objetivos del estudio, la hipótesis de investigación, el tipo de estudio y la población objetivo. Además, se realizará la operacionalización de las variables, se describirán las técnicas de obtención de la información, los instrumentos, materiales y procedimientos utilizados para llevar a cabo el trabajo de campo.

1. Planteamiento del problema

Debido a la falta de *feedback* auditivo se presume que las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva presentan alteraciones vocales.

1.1.Pregunta de investigación

¿Qué correlación existe entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en pacientes entre 18 y 60 años que presentan hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva, que se atienden en el laboratorio de audiología en la Universidad de Valparaíso, casa central?

1.2.Objetivo del estudio:

Determinar la correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en pacientes entre 18 y 60 años, que presentan hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva que se atienden en el laboratorio de audiología en la Universidad de Valparaíso, casa central. La presente investigación tiene como objetivo aumentar el conocimiento sobre dos áreas de la fonoaudiología: audición y

voz, y el grado en que estas se relacionan. Además, se podrá saber si la relación es significativa entre el grado de pérdida auditiva y las características de la voz.

1.3.Justificación

Esta investigación incursiona en dos áreas de la fonoaudiología: audición y voz. Por lo general, los estudios que se realizan se acotan a un área específica de la fonoaudiología, sin generar interrelaciones. Como suelen presentarse alteraciones asociadas a nivel de la comunicación oral, se ha decidido incrementar la información al respecto de manera integral. El estado del arte de temas relacionados con personas hipoacúsicas es escaso (Dehqan & Scherer, 2010; Mora & cols., 2012; Hassan & cols., 2011; Schenk & cols., 2003), más aun, tratándose de su vinculación con aspectos referidos a la voz. Se han realizado investigaciones al respecto, sin embargo, no se han hecho en esta escuela o sólo abordan la voz del hipoacúsico desde una mirada descriptiva (Fernández, Cataldo, Henríquez, Moya, Riffo & Soto, 2008).

Por lo anterior, esta investigación buscó encontrar una correlación entre las características fonético-acústicas de la voz de la persona con hipoacusia con su correspondiente grado de pérdida auditiva. Cabe destacar, que este estudio puede también resultar un aporte a futuro para la disciplina otorrinolaringológica. Es necesario que la fonoaudiología genere conocimientos hacia las otras áreas vinculadas a esta disciplina, con el fin de sentar bases para futuras investigaciones que pudieran tener incidencia en la intervención vocal de personas con hipoacusia.

1.4.Viabilidad del estudio:

Este estudio contó con la colaboración del laboratorio de audiología de la escuela de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central, el cual proporcionó los datos de los pacientes atendidos en sus dependencias para invitar a quienes cumplan con los

requisitos a ser partícipes en el estudio. También, se obtuvo la autorización para utilizar los instrumentos y recursos necesarios disponibles en el mismo laboratorio para desarrollar la investigación: audiómetro, impedanciómetro y otoscopio.

1.5.Deficiencias en el conocimiento del problema

Existen escasos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, respecto a los parámetros vocales en personas con diferentes tipos de hipoacusia. Las investigaciones que han sido realizadas sobre la temática no se enfocan en personas con pérdida auditiva postlocutiva, sino más bien, en personas con hipoacusia prelocutiva (Evans & Deliysky, 2006; Yeom Kim & cols., 2012). Esto quiere decir que se ha estudiado en personas que han perdido la audición antes de adquirir el lenguaje. El presente estudio se enfoca en personas con su desarrollo del lenguaje completo y que, posteriormente, han perdido audición. Además, la población más estudiada es la infantil (Guerrero & cols., 2013; Kogovsek & cols., 2008) y, en menor medida, la adolescente y adulta. Para finalizar, cabe destacar que existe escasa información cuantitativa sobre las alteraciones vocales según el grado de pérdida auditiva.

2. Objetivos:

2.1. Objetivo general:

- Determinar la correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en personas entre 18 y 60 años con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva que se atienden en el laboratorio de audiología en la Universidad de Valparaíso, casa central.

2.2. Objetivos específicos:

- Describir el grado de hipoacusia de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.
- Describir los parámetros vocales fonético-acústicos según el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.
- Medir la correlación entre los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

3. Hipótesis de investigación:

3.1. Hipótesis estadística:

- Existe una correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz y el grado de pérdida auditiva en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

3.2. H0 versus H1

- H0: No existe una correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz y el grado de pérdida auditiva en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.
- H1: Existe una correlación positiva significativa en al menos uno de los parámetros vocales fonético-acústicos de la voz y el grado de pérdida auditiva en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

4. Tipo de estudio

4.1. Enfoque:

El enfoque utilizado en este estudio es cuantitativo. En este tipo de investigaciones, se utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, basándose en la medición numérica y en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población (Hernández, Fernández & Baptista, 2010). Los datos que se recolectaron para este estudio provinieron de un examen auditivo (audiometría) y fonético-acústico (análisis fonético-acústico). A partir de los resultados y las estadísticas, se contestaron las preguntas de investigación para verificar las hipótesis establecidas, y determinar con exactitud la correlación de los parámetros vocales con el grado de hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva en personas entre 18 y 60 años.

4.2. Alcance:

El alcance de la investigación es correlacional, ya que este tipo de investigación pretendió medir el grado de relación que existe entre dos o más variables en un contexto dado (Risopatrón, 1992). En este estudio, se buscó medir el grado de relación que existe entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en pacientes con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva, en personas atendidas en el laboratorio de audiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

4.3. Diseño:

El diseño es no experimental, debido a que no se realizó una manipulación deliberada de las variables (Hernández & cols., 2010). En el presente estudio, no se

manipularon las variables fonético-acústicas ni las auditivas en los participantes, sino más bien, se realizó una medición de estas mediante instrumentos prestablecidos. Además, es transversal, ya que existió una estratificación de la muestra según el tiempo que transcurrió mientras ocurría el fenómeno que se investiga (Risopatrón, 1992). En esta investigación, se realizaron las evaluaciones de los pacientes entre los meses de junio, julio y agosto de 2014.

5. Población:

Pacientes con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva, entre 18 y 60 años, evaluados sin adaptación auditiva, atendidos entre marzo de 2012 y junio de 2014 en el laboratorio de audiología de la escuela de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

5.1. Tamaño de la población:

Entre marzo de 2011 y julio de 2014, se han atendido 48 pacientes con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

5.1.1. Muestra:

Pacientes con hipoacusia sensorioneural bilateral postlocutiva entre 18 y 60 años, atendidos entre marzo de 2012 y junio de 2014 en el laboratorio de audiología de la escuela de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central, que cumplan los criterios de inclusión. La toma de muestra se realizó sin el uso de prótesis u órtesis auditiva, debido a que la finalidad de la investigación es analizar la voz de la persona sin el *feedback* auditivo entregado por el aparataje.

5.1.2. Tipo de muestreo:

El muestreo es no probabilístico, ya que la muestra se seleccionó mediante criterios de inclusión y no al azar. El diseño de muestreo es del tipo participante voluntario que corresponde a personas que responden a una invitación (Hernández & cols., 2010).

5.1.3. Tamaño de la muestra:

De acuerdo al tipo de muestreo, se obtuvo una muestra de 11 participantes.

5.1.4. Criterios de selección de la muestra

- Criterios de inclusión:
    - Sin antecedentes de disfonía orgánica.
    - Sin antecedentes de disfonía orgánica de base funcional.
    - Sin diagnóstico de alteración cognitiva.
    - Edad entre 18 y 60 años de edad.

- Criterios de exclusión:
    - Diagnóstico de hipoacusia mixta.
    - Diagnóstico de hipoacusia de conducción.
    - Diagnóstico de disfonía orgánica u orgánica de base funcional.
    - Diagnóstico de alteración cognitiva.
    - Diagnóstico de hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica prelocutiva.
    - Edad menor de 18 años o mayor de 60 años.

6. Operacionalización de variables

Dimensión: Grado de hipoacusia		
Indicador	**Definición conceptual**	**Operacionalización**
Umbral auditivo	Menor intensidad en que el oído escucha un tono puro, tanto por vía aérea como por vía ósea en las distintas frecuencias el 50% de las veces (Navarro & cols., 2012).	Los grados de hipoacusia se clasificarán de la siguiente manera según ASHA (2005): Hipoacusia leve (cod 1): entre 20 y 40 dB. Hipoacusia moderada (cod 2): entre 40 y 60 dB. Hipoacusia severa (cod 3): entre 60 y 80 dB. Hipoacusia profunda (cod 4): sobre 80 dB.
Dimensión: parámetros fonético-acústicos		
Frecuencia fundamental (F0)	Número de vibraciones de las cuerdas vocales por segundo y se mide en ciclos/segundo o Hz. (Jackson-Menaldi, 2002).	Frecuencia normal para hombres (cod 1): entre 110 y 141 Hz. Frecuencia anormal para hombres (cod 2): valores debajo de 110 y sobre 141 Hz. Frecuencia normal para mujeres (cod 1): entre 210 y 256 Hz. Frecuencia anormal para mujeres (cod 2): valores debajo de 210 o sobre 256 Hz.
Perturbación de la frecuencia (*Jitter*)	Variabilidad de la frecuencia fundamental de la voz ciclo a	Se considera: Normal (cod 1) valores entre 0%

	ciclo y se mide en microsegundos. (González & cols., 2002).	y 1,04% Anormal (cod 2) valores debajo de 0% o sobre 1,04%
Intensidad	Correlación física del fenómeno perceptual de la sonoridad vocal. Refleja la amplitud con la que se produce el tono y se expresa en decibelios (Elhendi, 2005).	Según Infante (2005) se considera: Normal (cod 1) valores entre 55 y 65 dB. Anormal (cod 2) valores debajo de 55 dB o sobre 65 dB.
Perturbación de la intensidad (*Shimmer*)	Medición de la variabilidad de la amplitud de la onda sonora entre períodos consecutivos y se expresa en dB (González & cols., 2002).	Se considera: Normal (cod 1) valores iguales o inferiores a 3,81%. Anormal (cod 2) valores sobre 3,81%.
Relación ruido armónico (NHR):	Cociente entre la energía inarmónica en el rango 1500-4500 Hz y la energía armónica en el rango 70-4500 Hz (González & cols., 2002).	Se considera: Normal (cod 1) valores entre 0 y 0,19. Anormal (cod 2) valores sobre 0,19.
L1 – L0	Comparación de la cantidad de energía entre los 300 Hz a 800 Hz con las regiones entre los 50 Hz y 300 Hz (Guzmán, 2013).	Se consideran dentro de la norma los valores entre -7,1 y 2,68. Se consideran fuera de norma los valores bajo -7,1 y sobre 2,68.

Alpha ratio	Comparación de la cantidad de energía entre los 50 Hz a 1000 Hz con las regiones entre los 1000 Hz y 5000 Hz (Guzmán, 2013).	Se consideran dentro de la norma los valores entre -22,34 y -16,72 Se consideran fuera de norma los valores bajo -22,34 y sobre -16.72.

7. Instrumentos

7.1. Para selección de la muestra

- Anamnesis auditiva y vocal
- Apartado de emisión de la pauta de evaluación vocal del laboratorio de voz de la escuela de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.
- Audiometría

7.2. Para lograr los objetivos de la investigación

- Praat: programa computacional creado por Paul Boersma y David Weenink en el instituto de ciencias fonéticas de la Universidad de Ámsterdam en 1995. Es un *software* de análisis de datos (señales de habla) de amplios propósitos, que permite realizar análisis acústico, síntesis articulatoria, procesamiento estadístico de los datos, edición y manipulación de señales de audio, entre otros. El *software* no cuenta con una validación explícita pero es ampliamente utilizado en investigaciones de diversas áreas, como la lingüística, fonética y fonoaudiológica, específicamente, para análisis de voz (Figueroa, Soto, & Ñanculeo, 2010; Atria, 2009; Román, 2008; Guzmán, Higueras, Fincheira, Muñoz, Guajardo 2012; Alarcón, Grez y Opazo 2009; Cofré y Catalán 2012; Salamanca y Figueroa 2011; Cornejo, Quezada, Robledo y Román 2012;

Fernández & cols., 2008; Carmona, 2010). Es un programa de libre distribución, de código abierto, multiplataforma y, además, gratuito. Es posible descargarlo desde su página oficial: http://www.fon.hum.uva.nl/praat/. La versión que se utilizó cuenta con manual de aplicación.

8. Técnicas de obtención de la información.

Entrevista clínica: La entrevista clínica es una herramienta de evaluación utilizada para el desarrollo de la comprensión del paciente y la naturaleza de sus actuales problemas. Una entrevista de evaluación consta de una serie de preguntas administradas en la interacción cara a cara. En el ámbito clínico, se utilizan dos tipos de entrevistas: la entrevista no estructurada, en la que el terapeuta puede construir las interrogantes; y la entrevista estructurada, en la que debe seguir un cuestionario diseñado con anterioridad (Halgin & Krauss, 2010).

A través de esta técnica se realiza una recopilación de datos auditivos y vocales relevantes, los cuales pueden influir positiva o negativamente en el área que se está evaluando. Se utilizará una anamnesis con información auditiva y vocal, en relación a hábitos, patologías y otros antecedentes que puedan incidir.

Examen clínico: El examen clínico consiste en los pasos ordenados que todo evaluador aplica en la búsqueda del diagnóstico del paciente. Consiste en: formulación del problema, obtención de la información primaria, formulación de la hipótesis diagnóstica, exposición de resultados, establecer la terapéutica si procede y, por último, exposición y evaluación de resultados finales (Rubio, Fabré & Sotolongo, 2007).

Se utilizarán exámenes clínicos tanto en el área de audición como de voz. Los exámenes auditivos serán otoscopía, impedanciometría y audiometría. El primero consiste en utilizar un otoscopio para poder observar el conducto auditivo externo y el tímpano, y descartar que existan lesiones o alteraciones en el oído externo. La impedanciometría es un

examen que utiliza un equipo electrónico, el cual cuenta con un fono y una sonda a través de los cuales se aplica sonidos y presiones al tímpano. Por último, la audiometría será el examen clínico que permitirá determinar el estado auditivo de los participantes, es decir, el grado de pérdida auditiva que este tiene. Este se aplica con un equipo electrónico dentro de una cámara silente, una pequeña cámara aislada del sonido y ruidos externos.

En el área de voz, se efectuará un examen objetivo. Este consiste en grabar la voz del paciente realizando las tareas de vocalización (emisión de una /a/, /i/ y /u/ prolongada, además de la lectura del texto "El abuelo") para ser analizadas a través de un *software* y determinar si los valores de ciertos parámetros estudiados están dentro de lo esperado para su sexo y rango etario.

9. Procedimientos:

Para comenzar se envió el proyecto de tesis al comité de bioética de la facultad de medicina de la Universidad de Valparaíso, casa central, con el fin de obtener el certificado de aprobación para realizar la investigación. Luego, se revisó la estadística de atención de pacientes del laboratorio de audiología de la Universidad de Valparaíso, casa central, de los cuales se preseleccionó a los posibles participantes según su edad y diagnóstico audiológico. Posteriormente se contactó, vía telefónica, a dichas personas para explicarles en qué consistiría la investigación e invitarlos a participar. De acuerdo a esto se coordinó una entrevista personal con aquellos que aceptaron colaborar, donde se les dio a conocer detalladamente los objetivos de la investigación y los procedimientos que se les realizarían. Luego se les hizo entrega del consentimiento informado que debieron firmar para ser parte de la muestra.

Una vez firmado el consentimiento informado se procedió a realizar la anamnesis desde donde se obtuvieron datos personales, antecedentes mórbidos, información vocal y auditiva. Posterior a esta entrevista, se realizaron las evaluaciones auditivas y vocales, cabe

destacar que los participantes que utilizaban algún apoyo auditivo fueron evaluados sin aparataje. Luego se dieron las instrucciones de cada examen de forma oral y escrita.

En primer lugar se realizó una otoscopía, impedanciometría y audiometría tonal. Para realizar la otoscopía, se seleccionó el espéculo del otoscopio adecuado al tamaño del CAE del paciente, para posteriormente traccionar el pabellón auricular hacia arriba y atrás, introducir el otoscopio en el conducto y observar si existía alguna alteración en el oído externo y en la membrana timpánica. En la impedanciometría se seleccionó la oliva correspondiente al tamaño del CAE y se conectó a la sonda, para luego introducirla en el conducto mientras se traccionaba el pabellón auricular hacia arriba y atrás. Después de esto se manipuló el equipo para realizar las pruebas de timpanometría y detección del umbral del reflejo estapedial. Los resultados quedaron impresos en un documento.

Para la realización de la audiometría, el participante debió tomar asiento en una silla dispuesta dentro de la cámara silente, se le pusieron fonos de inserción y se le entregó un pulsador que debió apretar cada vez que escuche un sonido. El evaluador se ubicó al exterior de la cámara silente y envió señales acústicas (*warble tones*), generadas por el audiómetro, para las frecuencias 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz, 500 Hz, 250 Hz y 125 Hz, en el respectivo orden. Se envió el estímulo a una intensidad audible para el participante y se fue descendiendo de 10 dB en 10 dB hasta encontrar la mínima intensidad a la que el paciente percibía el sonido. Se evaluó cada oído por separado empezando por el oído derecho, para pasar luego al oído izquierdo. Posteriormente se le indicó que a través de los fonos se le dictaría una lista de palabras (lista de bisílabos fonéticamente balanceados de Leyton, 2009) que debía repetir tal como las escuchaba. Estas fueron enviadas a una intensidad de 30 dB sobre su promedio tonal puro (PTP) (promedio del umbral de las frecuencias 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz). Este procedimiento se realizó en cada oído por separado.

Para finalizar la evaluación auditiva se realizó una prueba supraliminar llamada *Loudness Discomfort Level* (LDL), que consistió en enviar un tono pulsátil subiendo la intensidad desde el umbral hasta que la persona refiriera molestia, momento en el cual

debía apretar el pulsador utilizado en la audiometría. Esta última prueba fue realizada en las frecuencias 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz.

A continuación, en el mismo espacio físico, se realizó la evaluación vocal perceptual para lo que se utilizó la sección de emisión de la pauta de evaluación vocal del laboratorio de voz de la Universidad de Valparaíso, casa central. Para esto, el participante debió leer el texto "El abuelo" dos veces consecutivas a una distancia de 15 cm. de un micrófono dispuesto en un pedestal mediante el cual se evaluó tono, intensidad y calidad vocal. Para evaluar el parámetro de duración se le pidió que emitiera las vocales /a/, /i/ y el fonema /s/ con el objetivo de conocer los tiempos máximos de fonación y espiración. En seguida se realizó la evaluación acústica de la voz, solicitándole al participante que emitiera las vocales /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ a 15 cm. del micrófono para ser grabadas. Posteriormente, utilizando el archivo de audio de la lectura del texto "El abuelo" y de las vocales se realizó el análisis fonético-acústico.

Ambas muestras de audio fueron analizadas por el *software* Praat desde del cual se obtuvieron los valores de los parámetros vocales fonético-acústicos que se mencionan: frecuencia fundamental (F0), perturbación de la frecuencia (*Jitter*), intensidad, perturbación de la intensidad (*Shimmer*), relación ruido armónico (NHR), centro de frecuencia del formante, L1 – L0 y *Alpha ratio*.

Concluido el proceso de toma de muestra, se revisó que los participantes cumplieran con todos los criterios de inclusión y que no presentaran ninguna de las características indicadas como criterios de exclusión a partir de la información obtenida en la anamnesis y evaluación perceptual. Una vez terminado este proceso, se clasificó la muestra según el grado de pérdida auditiva. La información fue ingresada en la base de datos del *software* SPSS v.19, para aplicar el plan de análisis que consistió en escribir la primera y segunda variable a través de tablas, gráficos y estadísticas de centralidad, posición y variación. Luego se verificó la normalidad de estas, para finalmente medir las correlaciones entre los valores de los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de los participantes aplicando el coeficiente de correlación de *Spearman*.

10. Materiales:

- Otoscopio Riester Ri-mini
- Audiómetro Madsen Midimate 622
- Impedanciómetro Madsen Zodiaz 901
- Micrófono Behringer C 01
- Interfaz de audio, focusrite 2i2
- Notebook Hp 1176-la
- Sonómetro tipo 1 Handsun SL824 Shanghai Electronics

III. RESULTADOS

En el presente capítulo, se exponen los resultados de la investigación en relación a los objetivos planteados. A través de histogramas de frecuencia y estadísticas, tales como, media, mediana, desviación típica, mínimo y máximo, se describirá el grado de hipoacusia y los parámetros vocales, encontrados en los participantes del estudio (11 personas). Finalmente, se presentarán gráficos de dispersión y coeficiente de correlación de *Spearman* para medir la correlación entre el umbral auditivo y cada uno de los parámetros vocales fonético acústicos estudiados.

1. Descripción del umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

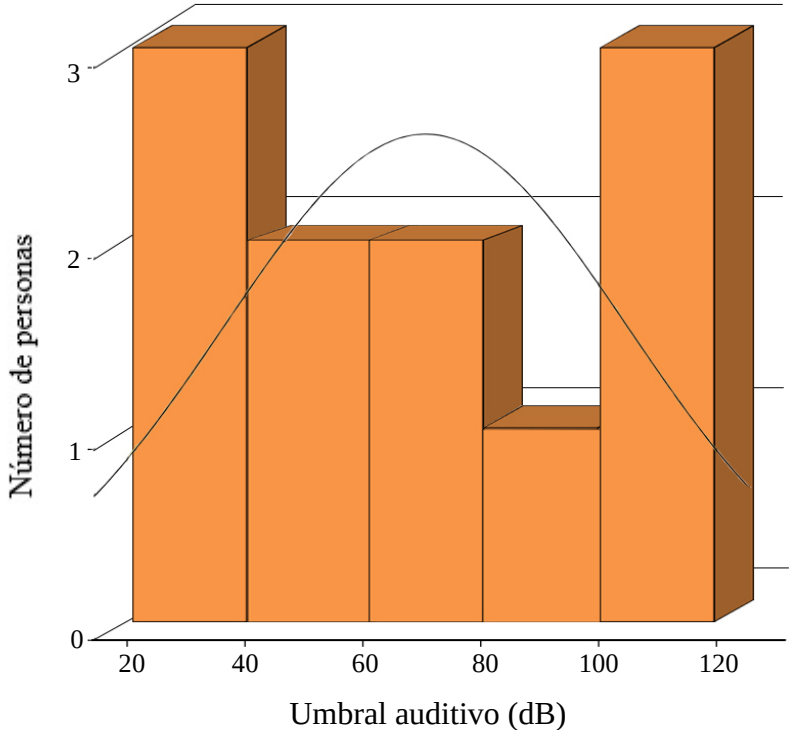

Gráfico 1. Frecuencia de la variable umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 1 muestra la frecuencia de la variable umbral auditivo. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en los extremos, alrededor del intervalo 20 dB a 40 dB y 100 dB a 120 dB.

Tabla 4

Estadísticos umbral auditivo	
N	11
Media	70,641
Mediana	66,650
Moda	29,15
Desviación típica	34,247
Coeficiente de variación	48,479
Mínimo	29,15
Máximo	118,3

En la Tabla 4, se observa que el promedio del umbral auditivo es 70,641 dB con una variación de 34,247 dB. El 50% de las personas tiene un umbral auditivo de a lo más 66,650 dB. El umbral auditivo más frecuente en estas 11 personas es de 29,15 dB La variación observada es de 48,479%. Finalmente, el umbral auditivo va desde un mínimo de 29,15 dB hasta un máximo de 118,3 dB.

2. Descripción de los parámetros vocales fonético-acústicos según el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

2.1.Frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) femenina

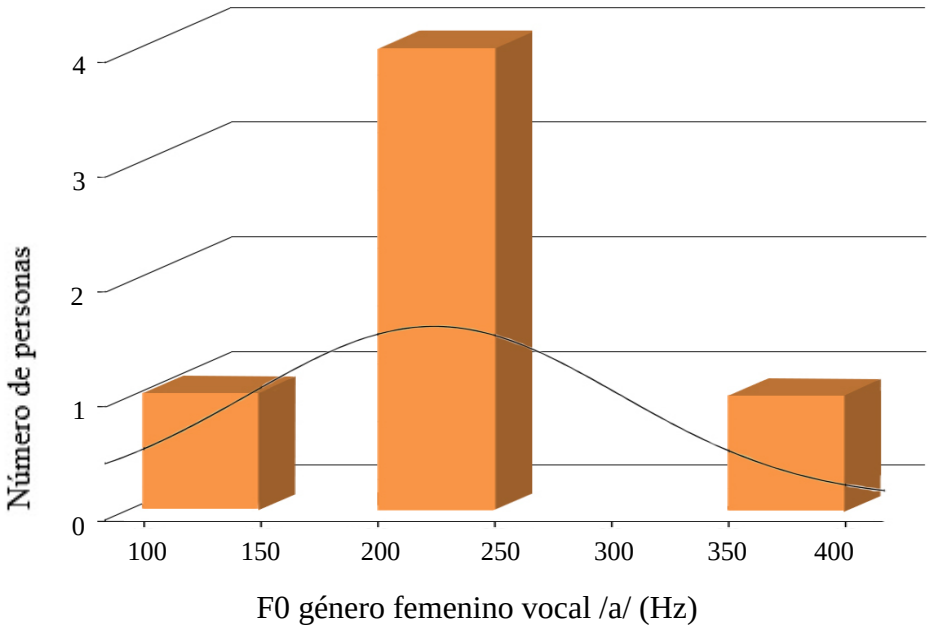

Gráfico 2. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental del género femenino de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 2 muestra la frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) del género femenino. Se observa que la distribución de los datos es simétrica, con mayor concentración de datos en el centro, alrededor del intervalo 200 Hz a 250 Hz.

Tabla 5

Estadísticos F0 género femenino vocal /a/	
N	6
Media	223,966
Mediana	214,484
Moda	119,785
Desviación típica	79,257
Coeficiente de variación	33,875
Mínimo	119,785
Máximo	365,904

En la Tabla 5, se observa que el promedio de la variable frecuencia fundamental del género femenino es 223,966 Hz con una variación de 79,257 Hz. El 50% de las personas tiene una frecuencia fundamental de a lo más 214,484 Hz. La F0 más frecuente en estas 6 personas es de 119,785 Hz. La variación observada es de 33,875%. Finalmente, la F0 del género femenino va desde un mínimo de 119,785 Hz hasta un máximo de 365,904 Hz.

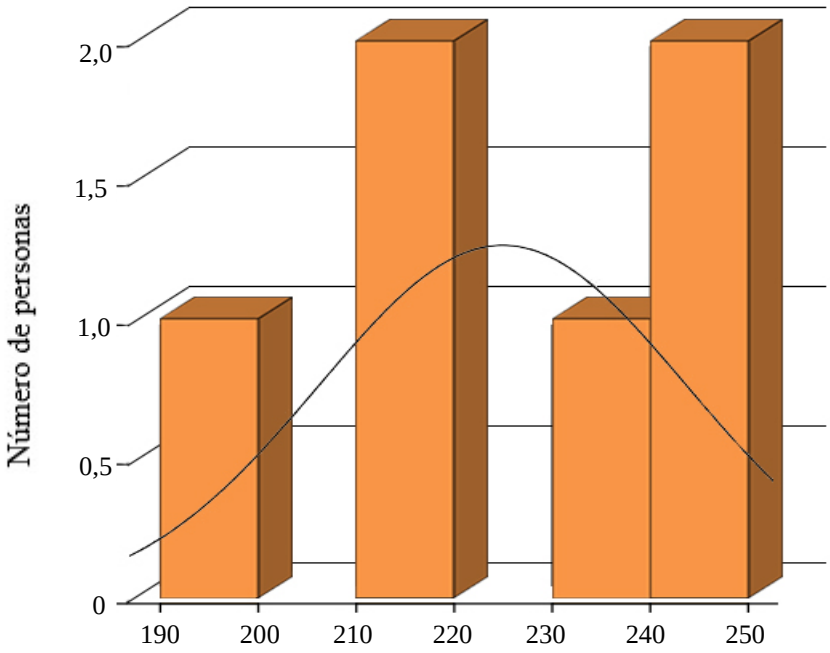

Gráfico 3. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental del género femenino medida en el texto del abuelo, evaluada en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 3 muestra la frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) del género femenino medida en el texto del abuelo. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en el centro y en el extremo superior, alrededor del intervalo 210 Hz a 250 Hz.

Tabla 6

Estadísticos F0 género femenino texto del abuelo	
N	6
Media	225,269
Mediana	225,561
Moda	197,767
Desviación típica	18,737
Coeficiente de variación	8,317
Mínimo	197,767
Máximo	247,408

En la Tabla 6, se observa que el promedio de la variable frecuencia fundamental del género femenino, evaluado en el texto del abuelo, es 225,269 Hz, con una variación de 18,737 Hz. El 50% de las personas tiene una frecuencia fundamental de a lo más 225,561 Hz. La F0 más frecuente en estas 6 personas es de 197,767 Hz. La variación observada es de 8,317%. Finalmente, la F0 del género femenino va desde un mínimo de 197,767 Hz hasta un máximo de 247,408 Hz

2.2. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) masculina

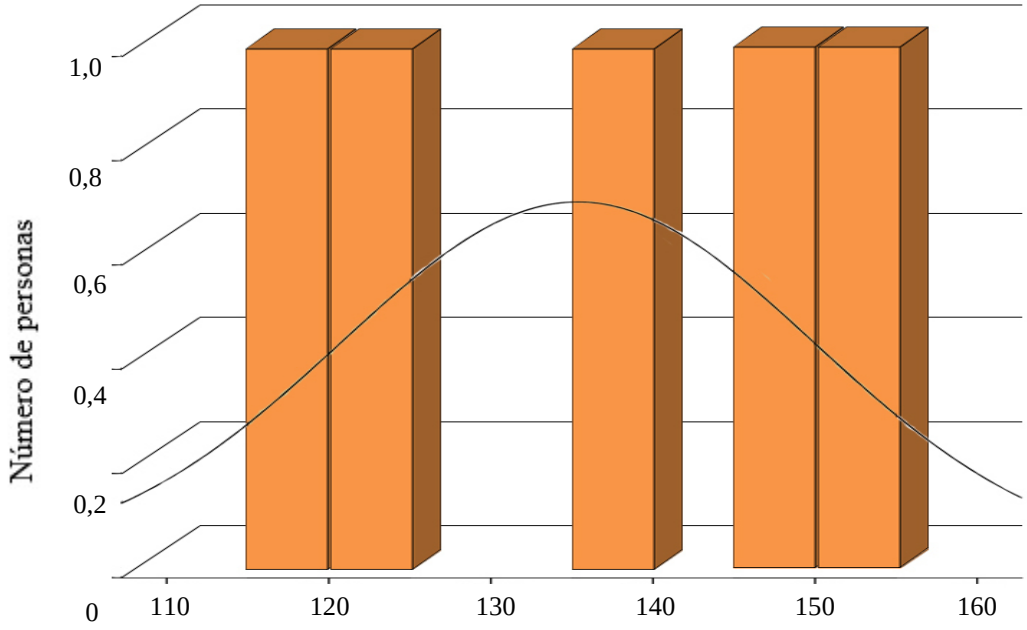

Gráfico 4. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental del género masculino medida en vocal /a/ de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 4 muestra la frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) del género masculino. Se observa que la distribución de los datos es pareja en los tramos. Cada sujeto tuvo diferentes F0, sin concentración de datos.

Tabla 7

Estadísticos F0 género masculino vocal /a/	
N	5
Media	135,339
Mediana	135,979
Moda	118,82
Desviación típica	14,57
Coeficiente de variación	10,766
Mínimo	118,820
Máximo	153,491

En la Tabla 7, se observa que el promedio de la variable frecuencia fundamental del género masculino es 135,339 Hz con una variación de 14,57 Hz. El 50% de las personas tiene una frecuencia fundamental de a lo más 135,979 Hz. La F0 más frecuente en estas 5 personas es de 118,82 Hz. La variación observada es de 10,766%. Finalmente, la F0 del género masculino va desde un mínimo de 118,820 Hz hasta un máximo de 153,491 Hz.

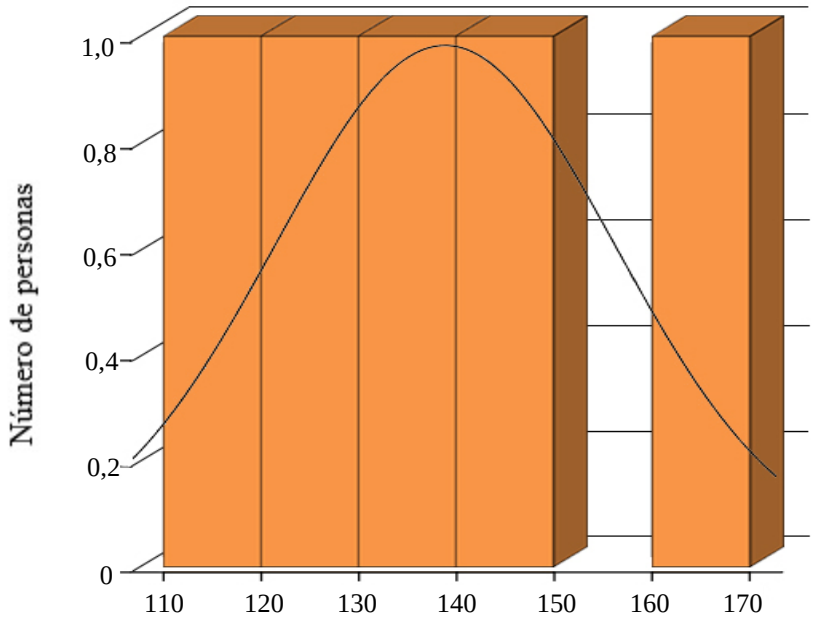

Gráfico 5. Frecuencia de la variable frecuencia fundamental del género masculino medida en el texto del abuelo, evaluada en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 5 muestra la frecuencia de la variable frecuencia fundamental (F0) del género masculino, evaluada en el texto del abuelo. Se observa que la distribución de los datos es pareja en los tramos. Cada sujeto tuvo diferentes F0, sin concentración de datos.

Tabla 8

Estadísticos F0 género masculino texto del abuelo	
N	5
Media	138,970
Mediana	138,511
Moda	117,661
Desviación típica	17,370
Coeficiente de variación	12,499
Mínimo	117,661
Máximo	164,259

En la Tabla 8, se observa que el promedio de la variable frecuencia fundamental del género masculino es 138,970 Hz con una variación de 17,370 Hz. El 50% de las personas tiene una frecuencia fundamental de a lo más 138,511 Hz. La F0 más frecuente en estas 5 personas es de 117,661 Hz. La variación observada es de 12,499%. Finalmente, la F0 del género masculino va desde un mínimo de 117,661 Hz hasta un máximo de 164,259 Hz.

2.3 Frecuencia de la variable perturbación de la frecuencia (*Jitter*)

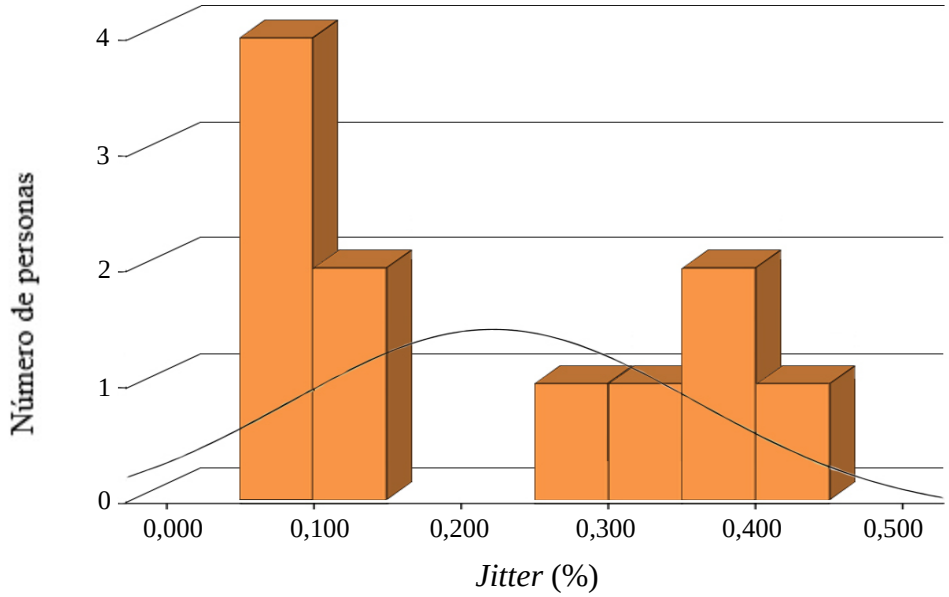

Gráfico 6. Frecuencia de la variable perturbación de la frecuencia (*Jitter*) de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 6 muestra la frecuencia de la variable *Jitter*. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica. La mayor concentración de datos se encuentra en el intervalo inferior, que está alrededor de 0,1%.

Tabla 9

Estadísticos *Jitter*	
N	11
Media	0,221
Mediana	0,149
Moda	0,093
Desviación típica	0,138
Coeficiente de variación	62,266
Mínimo	0,077
Máximo	0,416

En la Tabla 9, se observa que el promedio de la variable *Jitter* es 0,221% con una variación de 0,138%. El 50% de las personas tiene un *Jitter* de a lo más 0,149%. El *Jitter* más frecuente en estas 11 personas es de 0,093%. La variación observada es de 62,266%. Finalmente, el *Jitter* va desde un mínimo de 0,077% hasta un máximo de 0,416%.

2.4 Frecuencia de la variable intensidad

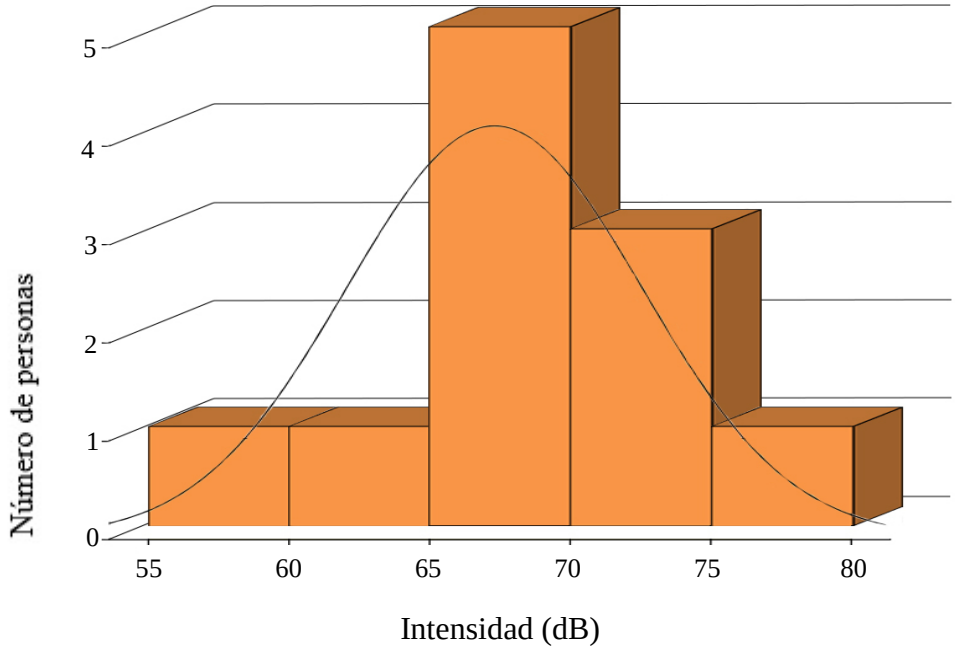

Gráfico 7. Frecuencia de la variable intensidad de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 7 muestra la frecuencia de la variable intensidad. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración en el extremo superior, desde los 65 dB hasta los 75 dB.

Tabla 10

Estadísticos intensidad	
N	11
Media	67,303
Mediana	68
Moda	65
Desviación típica.	5,249
Coeficiente de variación	7,8
Mínimo	57,5
Máximo	77,5

En la Tabla 10, se observa que el promedio de la variable intensidad es 67,303 dB con una variación de 5,249 dB. El 50% de las personas tiene una intensidad de a lo más 68 dB. La intensidad más frecuente en estas 11 personas es de 65 dB. La variación observada es de 7,8%. Finalmente, la intensidad va desde un mínimo de 57,7 dB hasta un máximo de 77,7 dB.

2.5 Frecuencia de la variable perturbación de la intensidad (*Shimmer*)

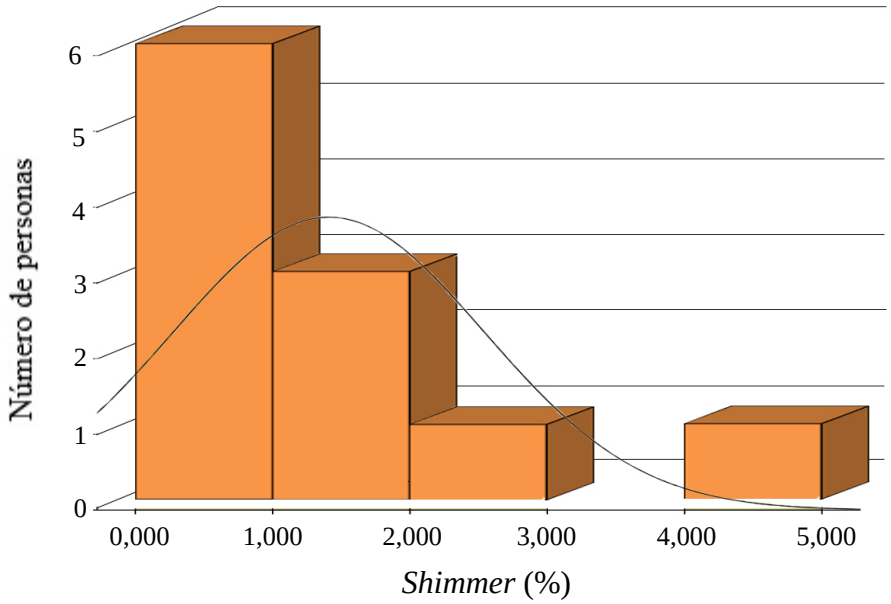

Gráfico 8. Frecuencia de la variable perturbación de la intensidad (*Shimmer*) de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 8 muestra la frecuencia de la variable *Shimmer*. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en el intervalo inferior, que está entre 0% y 1%.

Tabla 11

Estadísticos *Shimmer*	
N	11
Media	1,408
Mediana	0,752
Moda	0,637
Desviación típica	1,135
Coeficiente de variación	80,608
Mínimo	0,637
Máximo	4,428

En la Tabla 11, se observa que el promedio de la variable *Shimmer* es 1,408% con una variación de 1,135%. El 50% de las personas tiene *Shimmer* de a lo más 0,751%. El *Shimmer* más frecuente en estas 11 personas es de 0,637%. La variación observada es de 80,608%. Finalmente, el *Shimmer* va desde un mínimo de 0,637% hasta un máximo de 4,428%.

2.6 Frecuencia de la variable relación ruido armónico (NHR)

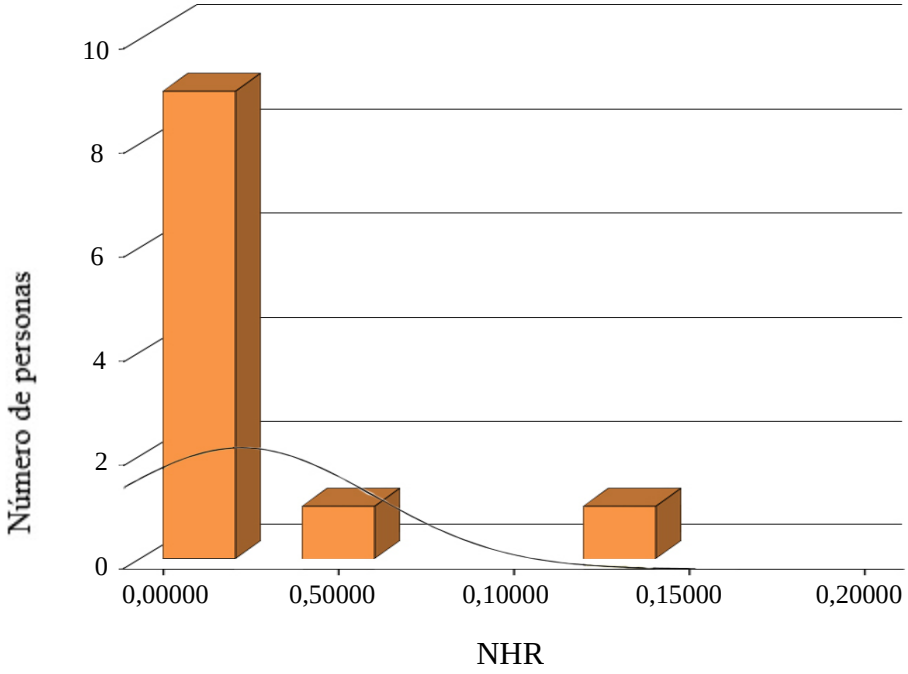

Gráfico 9. Frecuencia de la variable relación ruido armónico (NHR) de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 9 muestra la frecuencia de la variable relación ruido armónico (NHR). Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en el intervalo inferior, que está alrededor de 0.

Tabla 12

Estadísticos NHR	
N	11
Media	0,022
Mediana	0,005
Moda	0,004
Desviación típica	0,037
Coeficiente de variación	168,182
Mínimo	0,002
Máximo	0,128

En la Tabla 12, se observa que el promedio de la variable NHR es 0,022 con una variación de 0,037. El 50% de las personas tiene un NHR de a lo más 0,005. El NHR más frecuente en estas 11 personas es de 0,004. La variación observada es de 168,182%. Finalmente, el NHR va desde un mínimo de 0,002 hasta un máximo de 0,128.

2. 7. Frecuencia de la variable L1-L0

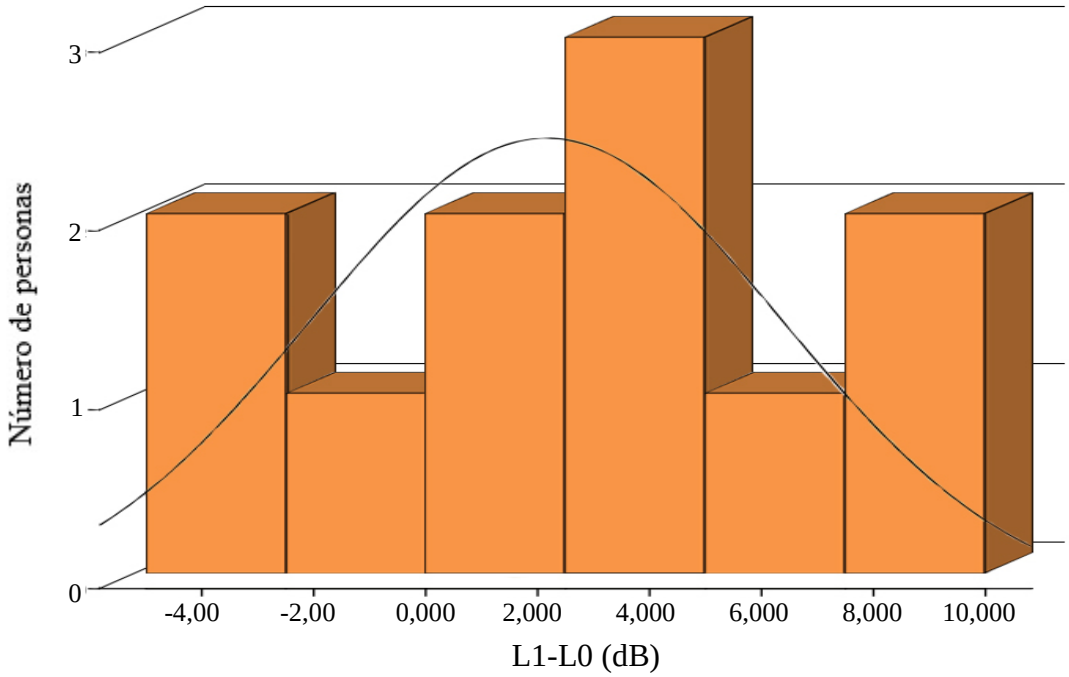

Gráfico 10. Frecuencia de la variable L1-L0 de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 10 muestra la frecuencia de la variable L1-L0. Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en el intervalo de 2 a 4, que está alrededor de 4 dB. Cabe destacar que hay igual cantidad de datos a los extremos.

Tabla 13

Estadísticos L1-L0	
N	11
Media	2,156
Mediana	2,502
Moda	-4,064
Desviación típica	4,221
Coeficiente de variación	195,779
Mínimo	-4,064
Máximo	8,46

En la Tabla 13, se observa que el promedio de la variable L1-L0 es 2,156 dB con una variación de 4,221 dB. El 50% de las personas tiene una L1-L0 de a lo más 2,502 dB. La L1-L0 más frecuente en estas 11 personas es de -4,064 dB. La variación observada es de 195,779%. Finalmente, la L1-L0 va desde un mínimo de -4,064 dB hasta un máximo de 8,46 dB.

2.8 Frecuencia de la variable *Alpha ratio*

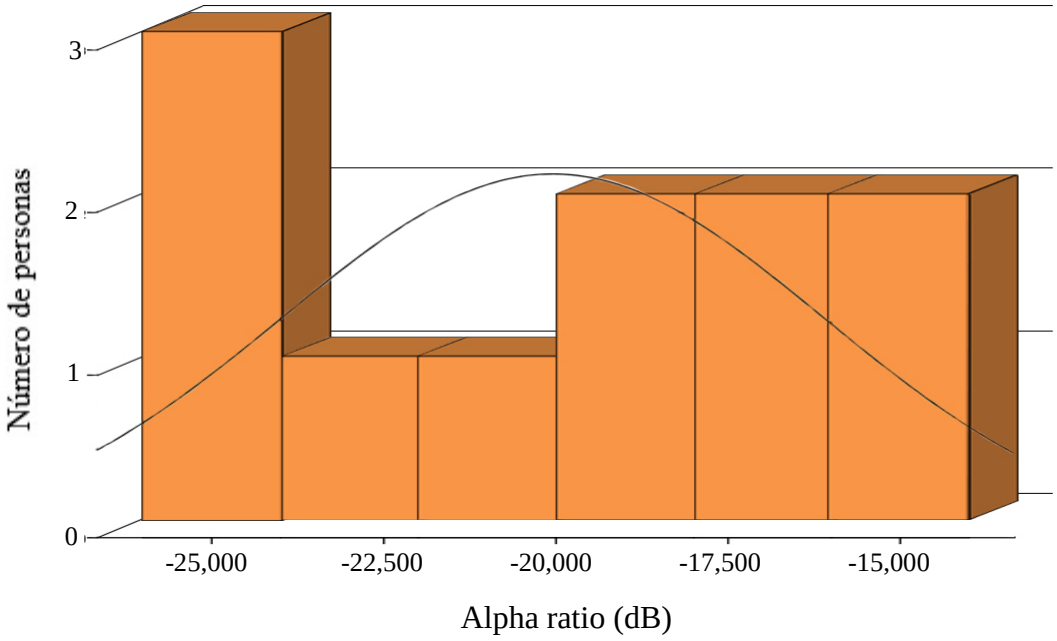

Gráfico 11. Frecuencia de la variable *Alpha ratio* (AR) de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El Gráfico 11 muestra la frecuencia de la variable *Alpha ratio* (AR). Se observa que la distribución de los datos es asimétrica, con mayor concentración de datos en el intervalo inferior, que está alrededor de -25 dB.

Tabla 14

Estadísticos AR	
N	11
Media	-20,046
Mediana	-19,895
Moda	-24,766
Desviación típica	3,922
Coeficiente de variación	19,568
Mínimo	-24,766
Máximo	-14,466

En la Tabla 14, se observa que el promedio de la variable AR es -20,046 dB con una variación de 3,922 dB. El 50% de las personas tiene un AR de a lo más -19,895 dB. El AR más frecuente en estas 11 personas es de -24, 766 dB. La variación observada es de 19,568%. Finalmente, el AR va desde un mínimo de -24,766 dB hasta un máximo de -14,466 dB.

3. Medición de la correlación entre los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

3.1. Correlación umbral auditivo v/s frecuencia fundamental (F0) femenina

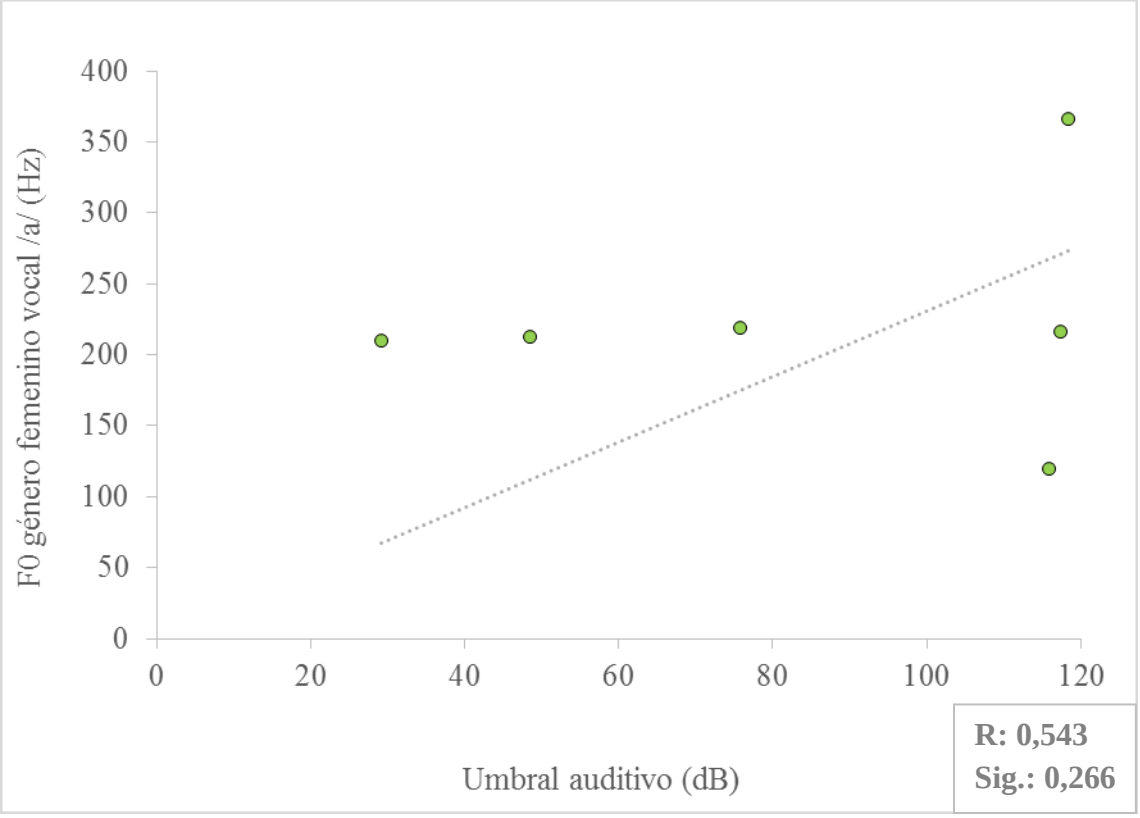

Gráfico 12. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico frecuencia fundamental (F0) del género femenino evaluada con vocal /a/ con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 12 muestra la correlación entre las variables frecuencia fundamental (F0), evaluada con vocal /a/, y el umbral auditivo en el género femenino. Se observa una dispersión de datos amplia, sin tendencia lineal. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva media entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05).

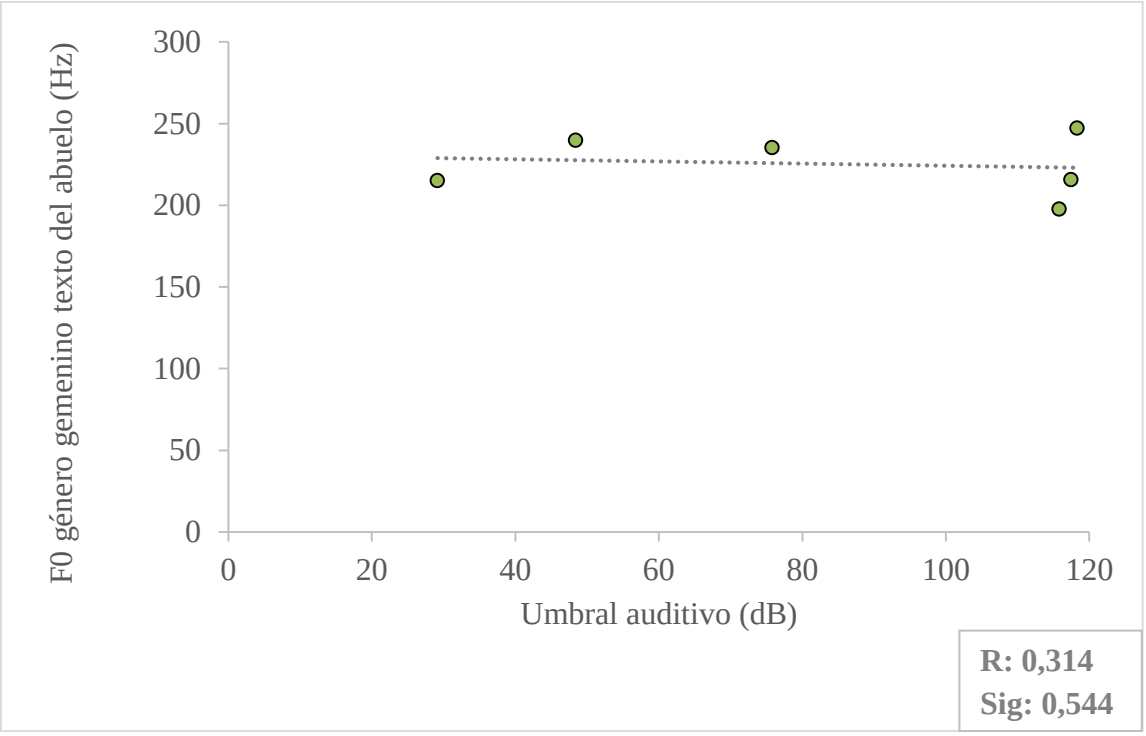

Gráfico 13. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico frecuencia fundamental (F0) del género femenino evaluada con el texto del abuelo con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central

El gráfico 13 muestra la correlación entre las variables frecuencia fundamental (F0) del género femenino, evaluada con el texto del abuelo, y el umbral auditivo. Se observa una dispersión de datos amplia, sin tendencia lineal. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva débil entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05)

3.2. Correlación umbral auditivo v/s frecuencia fundamental (F0) masculina

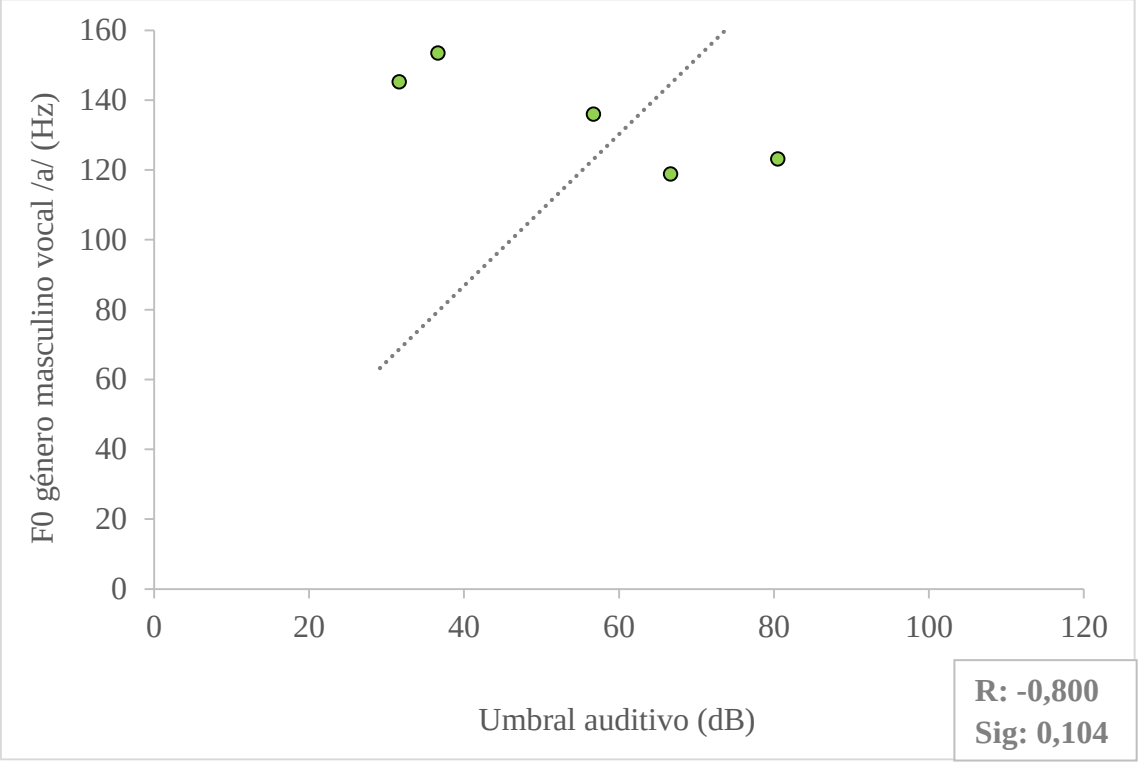

Gráfico 14. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico frecuencia fundamental (F0) del género masculino evaluada con vocal /a/ con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 14 muestra la correlación entre las variables frecuencia fundamental (F0) del género masculino, evaluada en vocal /a/, y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión de datos, con una tendencia descendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación negativa considerable entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05).

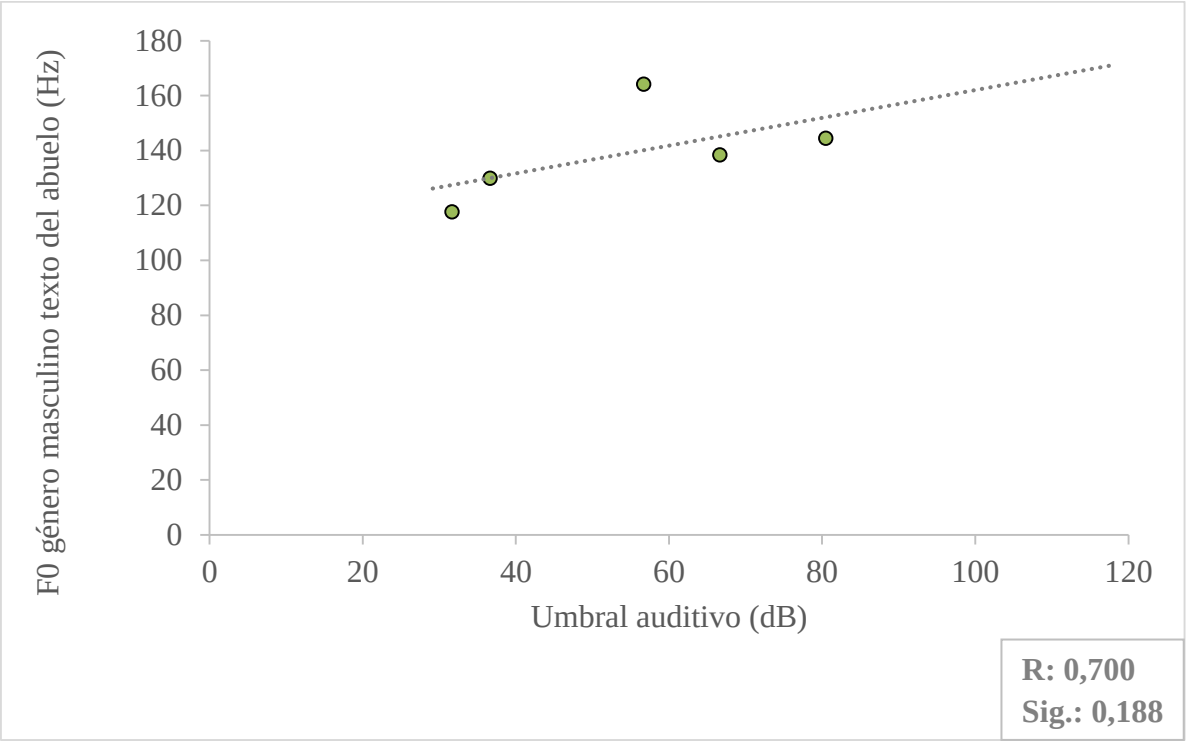

Gráfico 15. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico frecuencia fundamental (F0) del género masculino evaluada con el texto del abuelo con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 15 muestra la correlación entre las variables frecuencia fundamental (F0) del género masculino, evaluada con el texto del abuelo, y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión de datos, con una tendencia positiva entre las variables. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva media entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05)

3.3. Correlación umbral auditivo v/s perturbación de la frecuencia (*Jitter*)

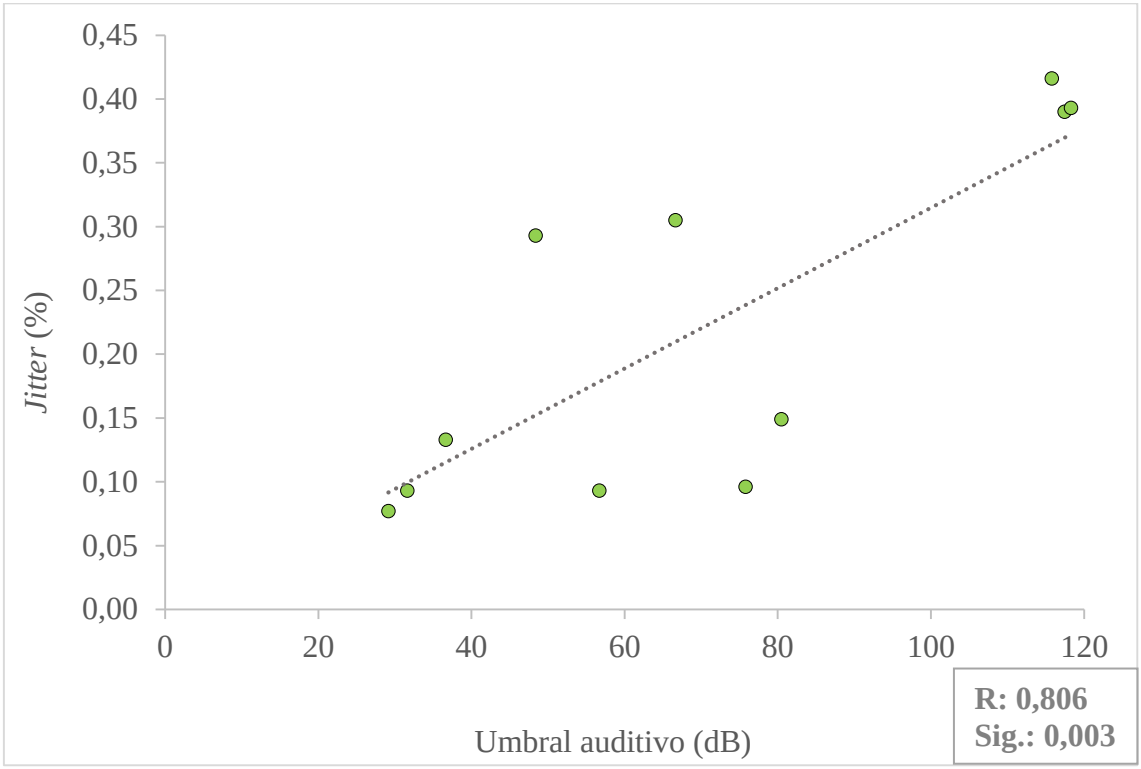

Gráfico 16. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico perturbación de la frecuencia (*Jitter*) con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 16 muestra la correlación entre las variables perturbación de la frecuencia (*Jitter*) y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión en los valores centrales, con una tendencia positiva entre ambas variables. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva considerable entre las variables, la cual es significativa (valor $p<0,01$)

3.4. Correlación umbral auditivo v/s intensidad

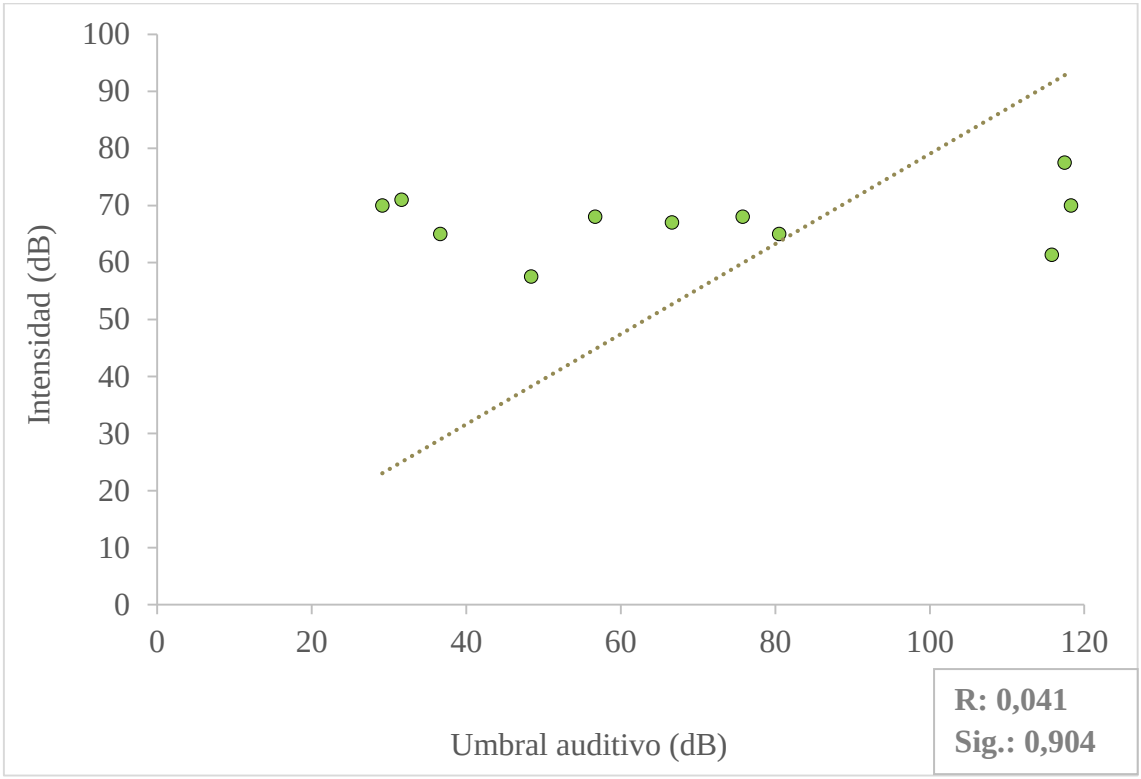

Gráfico 17. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico intensidad con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 17 muestra la correlación entre las variables intensidad y umbral auditivo. Se observa una baja dispersión de datos, sin tendencia ascendente ni descendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que no existe una relación entre las variables y la probabilidad no es significativa (valor p>0,05)

3.5. Correlación umbral auditivo v/s perturbación de la intensidad (*Shimmer*)

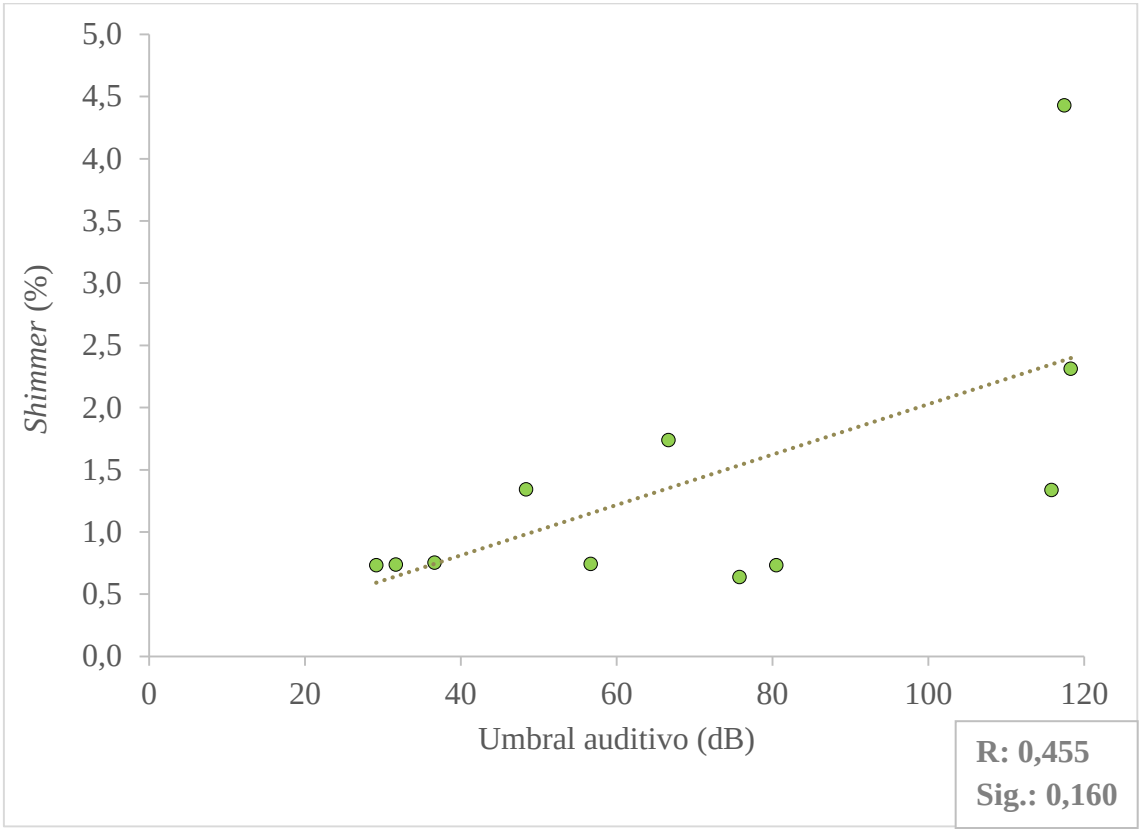

Gráfico 18. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico perturbación de la intensidad (*Shimmer*) con umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 18 muestra la correlación entre las variables perturbación de la intensidad (*Shimmer*) y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión de datos en los valores altos, con una tendencia ascendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva débil entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05)

3.6. Correlación umbral auditivo v/s parámetro de relación ruido armónico

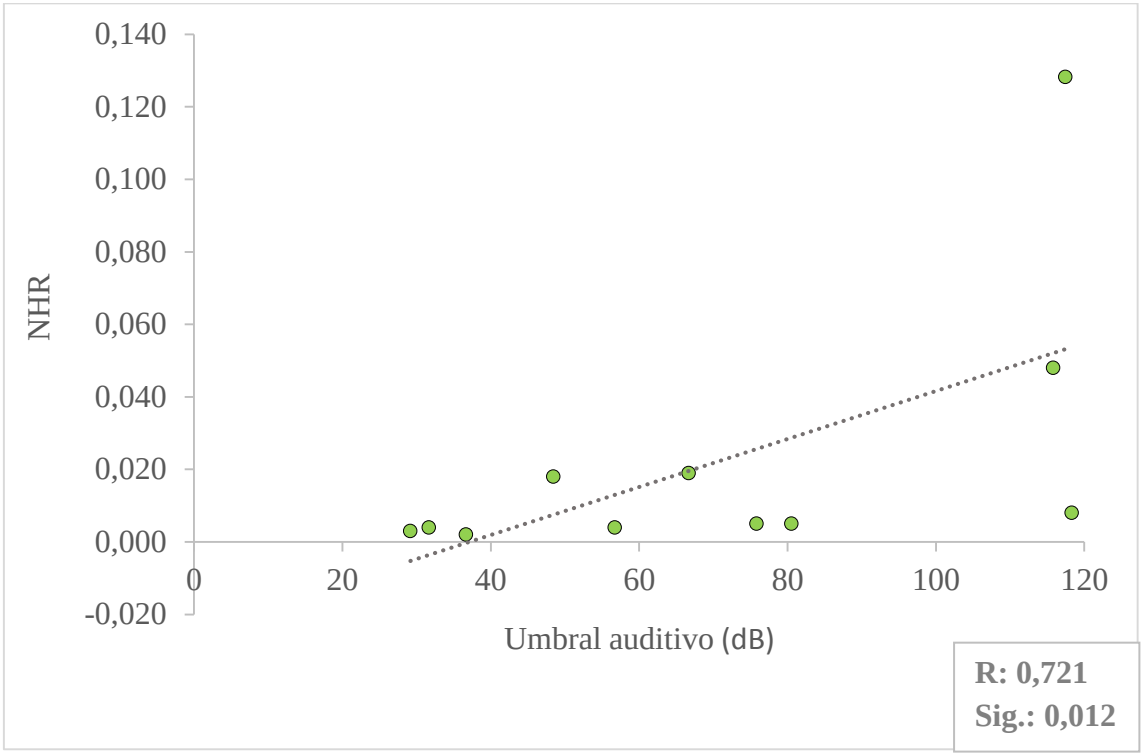

Gráfico 19. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico relación ruido armónico (NHR) con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 19 muestra la correlación entre las variables NHR y umbral auditivo. Se observa una baja dispersión de datos en los primeros tramos y una alta dispersión en los tramos altos, con una tendencia ascendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación positiva media entre las variables, la cual es significativa (valor $p<0,05$)

3.7. Correlación umbral auditivo v/s L1-L0

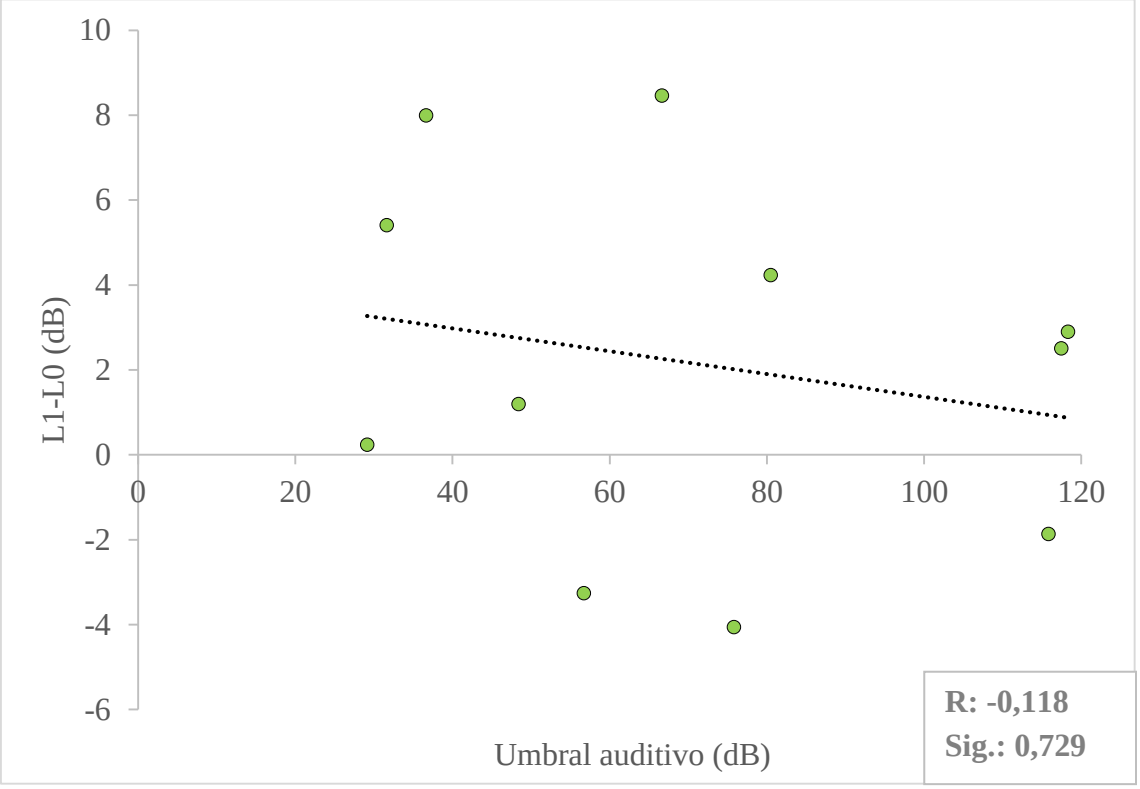

Gráfico 20. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico L1-L0 con el umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 20 muestra la correlación entre las variables L1- L0 y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión de datos, con una tendencia aparentemente descendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación negativa débil entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05)

3.8. Correlación umbral auditivo v/s *Alpha ratio* (AR)

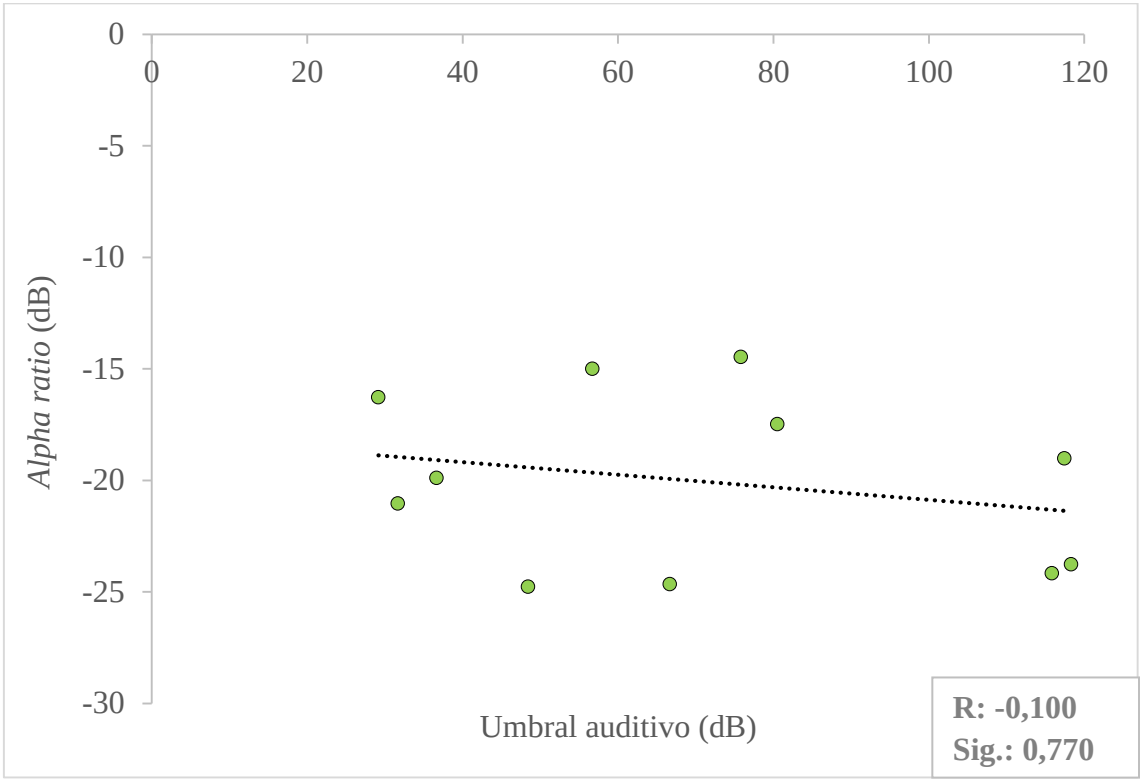

Gráfico 21. Correlación entre el parámetro vocal fonético-acústico *Alpha ratio* con umbral auditivo de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el laboratorio de fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, casa central.

El gráfico 21 muestra la correlación entre las variables *Alpha ratio* y umbral auditivo. Se observa una alta dispersión de datos, con una tendencia aparentemente descendente. El coeficiente de correlación de *Spearman* indica que existe una relación negativa débil entre las variables, la cual no es significativa (valor p>0,05)

IV. DISCUSIÓN

En este apartado, se discutirán los resultados obtenidos en la evaluación auditiva y fonético-acústica de la voz, además de la correlación entre los parámetros fonético-acústicos de las voz con el grado de pérdida auditiva en pacientes con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidos en el laboratorio de audiología de la Universidad de Valparaíso, casa central. La información encontrada se contrastará con la bibliografía disponible, abordándose en base a los objetivos planteados en esta investigación.

4.1. Descripción del grado de hipoacusia de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

En relación al grado de pérdida auditiva en la muestra estudiada, se observó que, de acuerdo a la clasificación realizada por la ASHA en el año 2005, tres personas presentaron un umbral auditivo entre 20 y 40 dB, que corresponde a un grado de hipoacusia leve; dos, un umbral auditivo entre 40 y 60 dB, que corresponde a un grado de hipoacusia moderada; dos, un umbral auditivo entre 60 y 80 dB, que corresponde a un grado de hipoacusia severa; y cuatro, un umbral auditivo mayor a 80 dB, que corresponde a una hipoacusia profunda.

Complementando el diagnóstico de HSN se realizaron pruebas adicionales, como son la impedanciometría, que incluye timpanometría y estudio del reflejo acústico y la logoaudiometría. En este estudio, todos los pacientes mostraron curvas tipo A según la clasificación de Jerger (1970). La curva tipo A es característica de la hipoacusia sensorioneural, ya que indica que no existen alteraciones a nivel de oído medio (González, 2011). Con respecto al reflejo acústico, en este estudio, se observaron reflejos presentes en los pacientes con hipoacusia leve y moderada; y ausentes, en los pacientes con hipoacusia severa y profunda. Estos resultados son concordantes con lo expuesto por González (2011), que indica que si el reflejo está presente, la hipoacusia sensorioneural no sería superior a un grado moderado. En hipoacusia sensorioneural severa o profunda, los reflejos pueden estar

ausentes, debido a que el estímulo es insuficiente para desencadenar la respuesta del oído hipoacúsico.

En la audiometría verbal o logoaudiometría, los pacientes con hipoacusia leve lograron una discriminación auditiva entre 92% y 100%; los pacientes con hipoacusia moderada, entre 92% y 96%; los pacientes con hipoacusia severa, entre 16 y 80%; y los pacientes con hipoacusia profunda, entre 0 y 48%. Según Jerger y Jerger (1971, cit. en Rintelman, 1990) existe una relación inversamente proporcional entre la discriminación del lenguaje y el incremento en el nivel de intensidad en las hipoacusias, es decir, a mayor incremento en la intensidad, la discriminación disminuye. Esto es concordante con los resultados obtenidos en este estudio, ya que mientras mayor es el grado de hipoacusia, menor fue la discriminación auditiva.

4.2. Descripción de los parámetros vocales fonético-acústicos en personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

En relación al análisis estadístico de la frecuencia fundamental, se realizó una división de la muestra según género, ya que el número de vibraciones por segundo depende de los pliegues vocales, los cuales difieren en hombres y mujeres. El resultado de esta división determinó que los evaluados en este parámetro fueran seis personas de género femenino y cinco de género masculino.

En el parámetro de F0 femenino en una /a/ sostenida, se consiguieron valores desde los 119,785 Hz a los 365,904 Hz, resultando así que cuatro personas estuvieran dentro de los valores de normalidad descrito por Jackson-Menaldi (2002) con frecuencias que van entre los 210 Hz y 256 Hz. Para el parámetro de F0 masculino, se obtuvieron valores entre los 118,820 Hz y los 153,491 Hz, tres de ellos se encontraron dentro del rango esperado según la norma descrita por Jackson-Menaldi (2002), registrando entre 110 Hz y 141 Hz; los dos sujetos restantes obtuvieron una F0 por sobre el promedio descrito por el autor anterior, lo que concuerda con lo descrito por otros autores sobre el aumento de F0 producto de la hipoacusia (Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Lane & cols.,

1997; Murbe & cols., 2002.; Ringely Steer, 1963; Svirsky & cols., 1992 cit. Parkinson & cols., 2012; Prado, 2007). En tanto, todos los resultados coinciden con los datos obtenidos en la tesis de Marfull (2012), aplicada en 39 hombres de la ciudad de Santiago de Chile.

Un hallazgo que se destaca son los valores de F0, obtenidos del habla conectada (lectura del texto "El abuelo"). En la F0 femenina, se obtuvieron datos más cercanos a la norma antes mencionada, con valores entre los 197,767 Hz y los 247,408 Hz. En el parámetro F0 masculino, las personas obtuvieron valores entre los 117.661 y los 164,259 Hz, encontrando a dos individuos que no estarían dentro de los valores de F0 entregados por Jackson-Menaldi (2002), quien indica que debiesen estar entre 110 y 141 Hz. Sin embargo, estos datos concuerdan con el estudio realizado en Chile (Marfull, 2012) para los valores de F0, donde se encontró valores entre 112 y 168 Hz.

En el parámetro de perturbación de la frecuencia *Jitter*, se observa que los resultados obtenidos (entre 0,077% y 0,393%) concuerdan con los valores de normalidad entregados por González & cols. (2002).

Respecto a la intensidad, se observó que los valores van desde los 57,5 hasta los 77,5 dB. La intensidad de voz utilizada en conversación es, según Infante (2005), 60 dB. En la presente investigación, se consideró normal entre 55 y 65 dB. De las personas evaluadas, cuatro obtuvieron resultados dentro de lo que corresponde para la voz conversacional y siete una intensidad superior a 65 dB, encontrándose fuera del rango de intensidad conversacional. Esto resulta elevado, considerando que la instrucción entregada fue realizar la emisión en una intensidad cómoda, y teniendo en cuenta que la grabación fue realizada dentro de una cámara silente donde el nivel de ruido fue 10 dB.

En el parámetro de perturbación de la intensidad, *Shimmer*, los resultados arrojaron valores entre los 0,637 y los 4,428%. Uno de los individuos evaluados registró un valor de *Shimmer* considerado fuera de la norma (4,428%), según los valores entregados por González & cols. (2002), siendo, a su vez, la misma persona que efectúo la emisión a mayor intensidad (77,5 dB), según lo descrito en el parámetro anterior.

Al analizar la relación ruido armónico (NHR) se encontraron valores que van desde los 0,002 hasta los 0,128, considerados normales según los parámetros entregados por González & cols. (2002).

En cuanto a LTAS, en L1-L0 los datos obtenidos en esta investigación van desde los -4,230 hasta los 8,46 dB. Lo anterior concuerda con los valores encontrados en el estudio de Guzmán (2013), que correspondieron al rango entre -3,12 ± 7.23 dB, a excepción de dos sujetos, que registraron valores levemente elevados. En cuanto a la variable de AR, los resultados obtenidos están entre -24,766 y -14,466 dB, considerados cercanos a lo normal por el estudio de Guzmán, 2013.

4.3 Medir la correlación entre los parámetros vocales fonético-acústicos con el grado de pérdida auditiva de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva.

En relación al parámetro de F0 femenina, los valores obtenidos según el grado fueron de: hipoacusia leve, 209,866 Hz; moderada, 212,515 Hz; severa, 219,274 Hz; profunda, 119,785 Hz, 216,454 Hz y 365,904 Hz. La correlación encontrada entre la variable umbral auditivo y frecuencia fundamental (F0) femenina indica que existe una leve relación directamente proporcional, pero con poca significancia estadística. En base a lo anterior, se destaca que las personas con hipoacusia leve, moderada y severa tuvieron una F0 similar, en contraste con las personas con hipoacusia profunda, en quienes se encontró mayor dispersión de los datos. Los valores en los diferentes grados de hipoacusia no coinciden con la literatura revisada, donde se plantea que las personas con pérdida auditiva registran valores de F0 aumentados (Mora & cols., 2012; Burns y Ward, 1978; Elliott y Niemöller, 1970; Lane & cols., 1997; Murbe & cols., 2002.; Ringel & Steer, 1963; Svirsky & cols., 1992 cit. Parkinson & cols., 2012)

Lo anterior se podría explicar por elementos centrales planteados por el modelo DIVA (Perkell & cols., 2000), según el cual, al realizar una tarea nueva, los sujetos hacen uso de un modelo interno compuesto por el *feedback* auditivo y sensorial, los que se

encargarían de mantener el control directo y en tiempo real entre lo que se quiere producir y lo que se está produciendo. Dado que las personas con hipoacusia profunda no escuchan su propia voz, carecerían del *feedback* auditivo, por lo que fallaría el modelo interno de regulación y autocorrección alterando F0 al fonar.

En cuanto al parámetro de F0 masculina, los resultados obtenidos según grado fueron: hipoacusia leve 145,245 Hz y 153,491 Hz; moderada 135,979 Hz; severa 118,820 Hz; profunda 123,160 Hz. El análisis realizado entre el umbral auditivo y la frecuencia fundamental (F0) masculina indica que existe una correlación considerable e indirectamente proporcional entre estas variables. Es decir, a mayor grado de pérdida auditiva, se observa una F0 más baja. En contraste, un estudio anterior concluyó que los hombres con pérdida auditiva tienden a elevar su F0, debido a una estrategia diferente de control del tono (Mora & cols., 2012).

Al evaluar F0 femenina en habla conectada (lectura del texto "El abuelo"), los valores de ese parámetro aumentaron levemente y se tornaron más estables en comparación con los obtenidos al evaluar F0 de la vocal /a/, observándose menor variabilidad en los resultados entre los diferentes grados de hipoacusia. Además, se observó una correlación positiva débil entre las variables. Por otra parte, la variación de F0 masculina aumentó en habla conectada en todos los grados de hipoacusia, obteniendo una correlación positiva media. Estos hallazgos se podrían explicar porque en habla conectada ya estaría instaurado el *feedforward* planteado en el modelo DIVA (Perkell & cols., 2000), por su constante realización diaria.

Los resultados obtenidos para los valores de *Jitter* según el grado de pérdida auditiva fueron: hipoacusia leve 0,077% y 0,133%; moderada 0,293% y 0,093%; severa 0,305% y 0,096%; y profunda entre 0,149% y 0,393%. Estos se contraponen con el estudio de Mora & cols. (2012) donde el valor promedio de *Jitter* fue significativamente mayor. En cuanto a la correlación entre esta variable y el umbral auditivo se encontró una relación positiva considerable, la cual fue significativa. Es decir, a mayor grado de hipoacusia, aumenta la perturbación de la frecuencia. El aumento del valor de *Jitter* se puede explicar por las mismas razones que se mencionó anteriormente en el parámetro de F0, es decir, los participantes pueden haber tenido aumento en la perturbación de la frecuencia, debido a una

falta de *feedback* auditivo y una falta de afianzamiento del *feedforward* que alteraría el patrón vibratorio de los pliegues vocales.

En relación a la intensidad, los evaluados con HSN leve realizaron la emisión entre 65 dB y 71 dB; los participantes con HSN moderada, entre 57,5 dB y 68 dB; los con HSN severa, de 67 dB a 68 dB; y las personas con HSN profunda, entre 61,3 dB y 77,5 dB. Al realizar la correlación entre umbral auditivo e intensidad, se observó que no hay una relación entre las variables, es decir, que al aumentar la pérdida auditiva, no necesariamente aumentó la intensidad. Esto discrepa de lo planteado por Pinho & Pontes (1991), quienes establecen que mientras mayor es la pérdida auditiva, mayor será la intensidad vocal.

En lo que respecta al parámetro de *Shimmer*, las personas con HSN leve tuvieron valores entre 0,733% y 0,752%; las con HSN moderada, de 0,742 y 1,342; las con HSN severa, de 0,637 y 1,737; y las con HSN profunda, entre 0,732 y 4,428. Los resultados en HSN severa se contradicen con lo investigado por Mora & cols. (2012), quienes encontraron que los valores de *Shimmer*, evaluados en 35 personas con hipoacusia severa, fueron 6,67% en promedio, en contraste con este estudio, donde el mayor valor obtenido y único fuera de la norma fue 4,428%. La relación entre las variables umbral auditivo y *Shimmer* fue directamente proporcional. Esto quiere decir que, si bien las personas estudiadas pueden realizar una intensidad alta (67 dB promedio), tuvieron dificultades para mantenerla estable en el total de los ciclos vibratorios. Cabe mencionar que Monsen, Engebrtson & Vemula (1978) comprobaron que la hipoacusia afecta principalmente a las características variables en el tiempo de la fuente glotal. Por consiguiente, se podría afirmar que la mantención del patrón vibratorio en el tiempo aumenta con el grado de hipoacusia.

En el análisis de NHR, los sujetos con HSN leve obtuvieron valores entre 0,002 y 0,004; los con HSN moderada 0,004 y 0,018; las personas con HSN severa entre 0,005 y 0,019 y los con HSN profunda entre 0,005 y 0,128. Estos resultados no se condicen con los entregados por Mora & cols. (2012), en los cuales el valor para NHR en HSN severa fue de 0,19 en promedio, a diferencia de esta investigación donde fueron de 0,012. Respecto a la correlación entre umbral auditivo y NHR, se pudo observar que la relación entre estas variables es directamente proporcional, es decir, al aumentar el umbral auditivo, también aumentó el NHR. Esto significa que, al aumentar el grado de hipoacusia, aumentó la

cantidad de ruido y disminuyó la cantidad de armónicos producidos en la emisión vocal de las personas estudiadas. El ruido en la emisión puede provenir de orígenes diversos: irregularidades en los ciclos vibratorios, subarmónicos, ruido por turbulencia, etc. (González & cols., 2002).

En relación a L1-L0, los datos obtenidos en personas con HSN leve están entre el rango de 0,239 y 7,992 dB; los de HSN moderada, entre -3,265 y 1,192 dB; los de HSN severa, entre -4,064 y 8,46 dB; y los de HSN profunda, entre los -1,868 y 4,230 dB. La correlación existente entre el umbral auditivo y el parámetro fonético acústico L1-L0 indica que no existe relación entre ambos parámetros, por lo tanto, el grado de pérdida auditiva no tiene relación con el modo de fonación. L1-L0 se relaciona con el ruido en la fuente sonora (Guzmán, 2013), es decir, al realizar hipoaducción entre los pliegues vocales hay más ruido en la fuente y, por el contrario, menor ruido en la fuente en hiperaducción. Dado que este parámetro tuvo una alta variación, se podría inferir que las personas evaluadas realizarían variaciones de fonación, es decir, en algunas ocasiones, producirían voz con hiperfunción y, en otras, con hipofunción.

En cuanto a la variable AR según el umbral auditivo, los datos obtenidos en personas con HSN leve están entre el rango de -21,035 y -16,271 dB; los de HSN moderada, entre -24,766 y -15,002 dB; los de HSN severa, entre -24,660 y -14,466 dB; y los de HSN profunda, entre los -24,164 y -17,474 dB. En este estudio, se evidenció que no existe correlación entre el umbral auditivo y *Alpha ratio*, por lo que es posible deducir que no existe relación entre el grado de pérdida auditiva y la cantidad de armónicos altos producidos. Es decir, no existiría pérdida de armónicos altos en las personas con hipoacusia evaluadas en este estudio.

Los resultados encontrados en los parámetros L1-L0 y *Alpha ratio* indicarían que no existe relación entre el grado de hipoacusia y la calidad de la voz. Esto concuerda con lo descrito en la literatura en cuanto a la calidad de la voz en personas con hipoacusia, la cual se describe de forma variada: como entrecortada, por la dificultad en el control de los músculos intrínsecos la laringe; tensa, debido al cierre excesivo de la glotis; y áspera, a causa de la tensión de laringe y la elevada postura de la laringe (Prado, 2007).

Dentro de la investigación, se destaca un hallazgo relacionado a los formantes F1, F2, F3 y F4 y el análisis de la curva audiométrica. Al igual que en la frecuencia fundamental, existe la necesidad de separar el análisis de los formantes mencionados en género femenino y masculino, puesto los tractos vocales de hombres y mujeres difieren en longitud. Teniendo como referencia el estudio de Marfull (2012), se relacionó el valor de los formantes según el tipo de curva audiométrica. Se analizaron las frecuencias agudas (superiores a 3000 Hz) para conocer si los evaluados emitían valores formánticos normales en frecuencias que no lograban escuchar.

En el género femenino, la persona con HSN leve presentó una curva descendente. En este caso, sólo el F2 arrojó valores alterados, ubicándose bajo los valores tomados como referencia.

La persona con HSN moderada también tuvo un perfil de curva descendente. En este sujeto, F2, F3 y F4 presentaron valores fuera de los considerados como referencia, ubicándose estos tres bajo este rango. El formante F3 está dentro del rango audible de la persona, sin embargo, el formante F4 está en una frecuencia que la persona no logra escuchar.

La persona con HSN severa tuvo una curva ascendente. En este caso, todos sus formantes estuvieron dentro de los valores esperados.

Las tres personas con HSN profunda tuvieron una curva audiométrica de rincón izquierdo, pero presentaron valores formánticos distintos. La primera persona registró valores de F2 y F3 fuera del rango de referencia, situándose ambos bajo este rango. La segunda sólo tuvo el formante F4 fuera del rango esperado, dando un valor bajo el rango. La tercera persona sólo tuvo F1 sobre los valores de referencia. Las tres personas presentaron todos los formantes en frecuencias que no eran capaces de escuchar.

En el género masculino, las dos personas con HSN leve tuvieron una curva audiométrica descendente en las frecuencias agudas. La primera de estas presentó sólo F4 fuera de los rangos de referencia, con un valor menor a este. La segunda evidenció solamente F1 fuera de lo esperado, con un resultado mayor al deseable.

La persona con HSN moderada tuvo una curva ascendente en las frecuencias agudas, donde sólo el valor de F1 se vio fuera de lo esperado, con un resultado menor a lo establecido como referencia. En tanto, el sujeto con HSN severa tuvo una curva ascendente en las frecuencias agudas, donde solo F1 se encontró fuera de lo esperado, siendo menor al rango establecido. Los valores F3 y F4, correspondientes a las frecuencias agudas, tuvieron valores normales. La misma situación ocurrió en las frecuencias graves y medias correspondientes a F1 y F2. A su vez, la persona con HSN profunda tuvo una curva plana, donde obtuvo el formante F1 y F3 fuera de los valores referenciales, teniendo un F1 menor a lo referenciado y un F3 mayor.

Según los resultados obtenidos, se podría inferir que los sujetos evaluados que tuvieron alterados F1, con un valor menor al rango de referencia tendrían una menor apertura mandibular al realizar la emisión; en cambio, los que obtuvieron un valor mayor al rango, deberían poseer una mayor apertura mandibular. En el formante F2, el resultado menor al rango de referencia se debería a que los evaluados realizan una posteriorización de la lengua al momento de hablar; por el contrario, tener un número mayor al rango de valores esperados, sería producto de una anteriorización de la lengua. Los formantes F3 y F4, independiente de su valor es mayor o menor al rango de referencia, se relacionan con una mayor cantidad de contracciones a nivel faríngeo y laríngeo (Sundberg, 2003).

En síntesis, en la mayoría de los casos, se observó que las curvas descendentes tienden a alterar formantes F3 y F4. En contraposición, las curvas ascendentes tienden a conservar F3 y F4; mientras que en la curva plana se evidenció una alteración de todos los formantes. Esto podría indicar que, en esta muestra, los formantes se alterarían en función de la curva e independiente del grado. Este hallazgo es particularmente importante de destacar, puesto que los valores formánticos varían en comparación a la norma, y según el tipo de curva audiométrica, por lo tanto el *feedback* auditivo podría incidir en el control de la forma que toma el tracto vocal, independiente de si el individuo logra escuchar el rango de frecuencias de estos formantes.

CONCLUSIÓN

El propósito de la presente investigación fue determinar la correlación entre los parámetros fonético-acústicos de la voz con el grado de pérdida auditiva en personas entre 18 y 60 años con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva que se atienden en el laboratorio de audiología en la Universidad de Valparaíso, casa central. Para lograr este objetivo, se evaluó a 11 personas, 5 hombres y 6 mujeres con diferentes grados de pérdida auditiva, a quienes se les realizó una audiometría tonal, además de una evaluación vocal fonético-acústica.

En los resultados obtenidos en esta investigación, se encontró que sólo existe una correlación positiva significativa entre el umbral auditivo y dos de los parámetros evaluados: *Jitter* y NHR. En consecuencia, se cumple el objetivo general de la investigación, el cual buscó determinar la correlación entre umbral auditivo y los parámetros fonético acústicos. Sin embargo, se rechaza la hipótesis H0, ya que no hubo correlación significativa entre todos los parámetros, por lo tanto, se acepta la hipótesis H1, dado que se obtuvo una correlación significativa en dos de los parámetros evaluados.

Una limitación para este estudio fue reunir la cantidad de participantes de la muestra, debido a la especificidad de los criterios de inclusión y a la dificultad para contactar a los pacientes atendidos en años anteriores por el cambio de datos de contacto. A causa de esto, no se logró un número equitativo de pacientes por cada grado de hipoacusia. También, se constató la falta de bibliografía idónea para contrastar la información recabada, además de la carencia de estudios que establezcan una norma para los valores de los parámetros vocales en población chilena.

Entre las proyecciones de esta investigación, se podría mencionar la posibilidad de realizar estudios de similares características en una muestra mayor. De igual modo, se podría verificar la diferencia existente entre los parámetros vocales en usuarios de órtesis auditivas y en quienes no las utilizan; realizar estudios sobre los parámetros vocales en población con hipoacusia prelocutiva; estudiar el efecto de la deprivación auditiva sobre los parámetros vocales. En definitiva, se podría continuar con la línea investigativa que relaciona las áreas de audición y voz.

De igual manera resultaría interesante profundizar en la comparación entre la curva audiométrica y el centro de frecuencia de los formantes. Esto con el fin de conocer la relación entre las frecuencias audibles y los valores formanticos producidos en una muestra representativa.

Este estudio constituye un aporte a la fonoaudiología, ya que vincula dos áreas de esta: audición y voz. Se indaga sobre la relación existente entre el umbral auditivo y los parámetros vocales, entregando indicios de la posible influencia del *feedback* auditivo en la producción de la voz. En consecuencia, contribuye al conocimiento integral del paciente hipoacúsico.

BIBLIOGRAFÍA

- AEDA (2002). *Normalización de las pruebas Audiológicas (I): La audiometría tonal liminar* [en línea]. Auditio: Revista electrónica de audiología. vol. 1, pp. 34-36. http://www.auditio.com/revista/pdf/vol1/3/010301.pdf

- AEDA (2004). *Normalización de las pruebas audiológicas (III): la impedanciometría* [en-línea]. Auditio: Revista electrónica de audiología, vol. 2, pp. 51-55. http://www.auditio.com/revista/pdf/ vol2/3/020301.pdf

- Alarcón, Grez & Opazo (2009) *Diseño de una metodología de análisis de la prosodia mediante el estudio de las variaciones de la frecuencia fundamental "pitch" para la caracterización de voces de distintas regiones de Chile*. Revista Sonido y acústica. Vol. 3. Nº 3: 17-26.

- American Speech-Language-Hearing Association. (2012). *Los implantes cocleares. Serie informativa de audiología*, 2. Recuperado el 11 de Abril de 2014

- American Speech-Language-Hearing-Association. (2005). *Type, Degree, and Configuration of Hearing Loss*. Audiology Information Series. Recuperado el 9 de Abril de 2014, de www.asha.org

- Antipova, Purdy, Blakeley, & Williams (2008). *Effects of altered auditory feedback (AAF) on stuttering frequency during monologue speech production.* Journal of Fluency Disorders, XXXIII(4), 274-290.

- Atria (2009) *Estrategias de resolución de choques acentuales en el castellano hablado en Santiago de Chile*. Onomázein, vol. 1, núm. 19: 11-31.

- Behlau (2001). *Voz: o livro do especialista* (Vol. I). Rio de Janeiro: Revinter.

- Behlau (2005). *A Voz que Ensina* .Sao Paulo: Editora Revinter.

- Brockmann, Storck, Carding & Drinnan (2008). *Voice Loudness and Gender Effects on Jitter and Shimmer in Healthy Adults*. Journal of Speech, and Hearing Research, LI, 1152-1160.

- Bustos, I. (2002). *Trastornos de la voz en edad escolar.* Madrid: Aljibe.

- Carmona, Callejas, Castro, García-Campo, Lavanderos & Valladares (2010). *Ejercicios de Tracto Vocal Semiocluido en Disfonía Músculo Tensional tipo I*. Tesis para optar al grado de Licenciado en Fonoaudiología. Valparaíso, Escuela de Fonoaudiología.

- Casado & Torres (2002). *La evaluación clínica de la voz: fundamentos médicos y logopédicos.* Málaga: Aljibe.

- Cecconello (2012). *Aplicación del análisis acústico en la clínica vocal* (Primera ed.). Buenos Aires: Libreria Akadia.

- Cobeta, Nuñez & Fernández (2013). *Patología de la voz.* Barcelona: Marge Books.

- Cofré & Catalán (2012) *Estudio fonético acústico de las vocales del mapudungun. Tesis para optar al grado Magíster en Letras con mención en Lingüística.* Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Letras.

- Cornejo, Quezada, Robledo & Román (2012) *Empatía y convergencia del tono fundamental. Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*. Vol 50. Nº 2: 145-165.

- Correa & Pacheco (2000). *Hipoacusia Súbita Idiopática.* Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, LX, 14-22. Recuperado el 10 de Abril de 2014, de www.sochiorl.cl

- Cyril (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido* (Tercera ed.). Madrid: Mc Graw Hill.

- Dehqan & Scherer (2010). *Objective Voice Analysis of Boys With Profound Hearing Loss*. Journal of Voice, XXV (2), 61-65.

- Dillon (2001). *Hearing Aids.* Sydney: Boomerang Press.

- Elhendi (2005). *Medidas objetivas y subjetivas para la evaluación de los resultados tras el tratamiento rehabilitador de los nódulos vocales y las disfonías funcionales. Tesis para optar al grado de Doctor en Medicina.* Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Dermatología y Otorrinolaringología.

- Evans & Deliyski (2007). *Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation*. Journal of Voice, Vol. 21, No. 6. Columbia.

- Farías (2011). *Ejercicios que restauran la función vocal. Observaciones clínicas.* Buenos Aires: Librería Akadia.

- Fernández, Cataldo, Henríquez, Moya, Riffo, Soto & Montenegro (2008). *Aparato Fonador, historia clínica y características vocales en personas con trastorno auditivo. Tesis para optar al grado de Licenciado en Fonoaudiología.* Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Escuela de Fonoaudiología.

- Figueroa, Soto & Ñanculeo (2010). *Los alófonos del grupo consonántico /tr/.* Onomázein: 11-42.

- Gil-Carcedo, Vallejo & Gil-Carcedo (2011). *Otología* (Tercera ed.). Madrid, España: Médica Panamericana, SA.

- González (2011). *Evaluación de los cambios en oído medio con Timpanometría en pacientes de UCI.*

- González, Cervera & Miralles (2002). *Análisis acústico de la voz: Fiabilidad de un conjunto de parámetros multidimensionales.* Acta Otorrinolaringológica Española, LIII(4), 256–268.

- Gracida & Orduña (2011). *Evocanto: Programa de cómputo para analizar la voz cantada mediante técnicas de procesamiento digital de señales*. Computación y Sistemas, XV(1), 39-50.

- Guzmán, Correa, Muñoz & Mayerhoff (2013). *Influence on Spectral Energy Distribution of Emotional Expression*. Journal of Voice, *XXVII*(1), 129-139.

- Guzmán, Higueras, Fincheira, Muñoz, Guajardo (2012) *Efectos acústicos inmediatos de una secuencia de ejercicios vocales con tubos de resonancia*. CEFAC, vol. 14(3): 471-480.

- Halgin & Krauss (2010). *Abnormal Psychology: Clinical Perspectives on Psychological Disorders.* Massachusetts: McGraw-Hill.

- Hassan, Malki, Mesallam, Farahat, Bukhari & Murry (2011). *The Effect of Cochlear Implantation on Nasalance of Speech in Postlingually Hearing-Impaired Adults*. Journal of Voice, XXVI(5), 669.e17-669.e22.

- Hernández, Fernández & Baptista (2010). *Metodología de la nvestigación.* México: Mc Graw Hill.

- Infante (2005) *Sordera mitos y realidades*. Ed: 1º. San José C. R.: Editorial de la universidad de Costa Rica. En línea. Disponible en: http://books.google.cl/books?id=SIhLFxImezoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

- Jackson-Menaldi (1992). *La voz normal* (Primera ed.). Buenos Aires: Médica Panamericana.

- Jackson-Menaldi (2002). *La voz patológica.* Buenos Aires: Médica Panamericana.

- Jerger (1970). *Clinical experience with impedance audiometry*. Arch Otolaryngol.

- Katz (2002). *Handbook of Clinical audiology* (Quinta ed.). New York: Lippincott Williams & Wilkins. Recuperado el 11 de Abril de 2014

- Kent (1993). *Vocal Tract Acoustics*. Journal of Voice, *VII*(2), 97-117.

- Le Huche (2003). *La voz: Anatomía y fisiología de los órganos de la voz y del habla* (Segunda ed., Vol. 1). Barcelona: Masson.

- López & Arce (2004). *Enfermedad primaria autoinmune de oído interno. Presentación de un caso con seis años de seguimiento.* Revista Médica del Hospital General de México, *LXVII*(1), 32-35. Recuperado el 10 de Abril de 2014

- Love & Webb (2001). *Neurología para los especialistas del habla y del lenguaje* (Tercera ed.). España: Médica Panamericana.

- Marfull, Cisternas & Díaz (2012). *Características acústicas de las vocales producidas por sujetos de habla hispana, Chilenos residentes en la ciudad de Santiago. Tesis para optar al grado de Magíster en Audiología.* Santiago: Facultad de Ciencias de la rehabilitación, Escuela de Fonoaudiología, Universidad Andrés Bello.

- Méndez & Gutiérrez (2004). *Detección de la pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores del Centro Nacional de Rehabilitación durante su construcción.* Anales de otorrinolaringología mexicana, XLIX(1), 14-21. Recuperado el 10 de Abril de 2014

- Mercado, Bugos & Muñoz (2007). *Ototoxicidad por medicamentos*. Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, LXVII(2), 167-177. Recuperado el 9 de Abril de 2014

- Monsen, Engebrtson & Vemula (1978) *Some effects of deafness on the generation of voice. Acoustical society of America.* Volume 66 http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/66/6/10.1121/1.383640

- Mora, Crippa, Cervoni, Santomauro & Guastini (2012). *Acoustic features of voice in patients with severe hearing loss*. Journal of otolaryngology - head & neck surgery, XLI(1), 8-13.

- Ozbić & Kogovšek (2008). *An acoustic comparison of formant frequencies in individuals with normal hearing, profound and severe hearing impairment*. Investigationes Linguisticae, XVI, 150-162.

- Parkinson, Flagmeier, Manes, Larson, Rogers, & Robin (2012). *Understanding the neural mechanisms involved in sensory control of voice production*. NeuroImage, LXI(1), 314–322. Recuperado el 17 de Mayo de 2012

- Perkell, Guenther, Lane, Matthies, Perrier, Vickf & Zandipourf (2000). *A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss.* Journal of Phonetics, XXVIII(3), 233–272. Recuperado el 11 de Mayo de 2014

- Prado & Do Carmo (2007). *Principais características da produção vocal do deficiente auditivo.* Revista CEFAC, 9(3), 404-410. Retrieved October 13, 2014, http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462007000300014&lng=en&tlng=pt. 10.1590/S1516-18462007000300014.

- Pinho & Pontes (1991). *Disfonias funcionais: avaliação ORL dirigida à fonoterapia*. Acta - AWHO. São Paulo.v.

- Poch (2005). *Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial*. Madrid: Panamericana.

- Rintelmann (1990). *Hearing Assessment (Perspectives in Audiology Series)*. Allyn & Bacon; 2 Sub edition.

- Risopatrón (1992). *Lógica de la metodología científica*. Universidad de Valparaíso. Valparaíso.

- Rivas & Fiuza (2006). *La voz y las disfonías disfuncionales: prevención y tratamiento.* Madrid: Pirámide.

- Román (2011). *Manual Para El Analisis Fonetico Acustico.* Santiago: Pfeiffer.

- Roman (2008) *Recursos para el análisis acústico de la melodía del habla en praat.* EFE, Vol. XVII: 343-357

- Rubio, Fabré & Sotolongo (2007). *Desarrollo tecnológico y método clínico.* Universidad Agraria De La Habana "Fructuoso Rodríguez Perez" Facultad De Medicina Veterinaria. Cuba. Disponible online: http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607.html

- Salamanca & Figueroa (2011) *Eje oclusión/fricción en el sistema sociofónico del castellano de Chile.* Tesis para optar al grado de Magíster en Lingüística Aplicada. Concepción. Universidad de concepción. Facultad de Humanidades y Arte.

- Schenk, Baumgartner & Hamzavi (2003). *Effect of the loss of auditory feedback on segmental parameters of vowels of postlingually deafened speakers. Auris Nasus Larynx International Journal of ORL & HNS*, 333-339.

- Sundberg (2003). *Research on the singing voice in retrospect.* TMH-QPSR, Vol. XLV: 11-22.

- Wentworth (2011). *Helium Speech: An Application of Standing Waves. The physics Teacher, XLIX*, 212-215.

- Wolfe, Garnier & Smith (2009). *Vocal tract resonances in speech, singing and playing musical instruments.* Human Frontier Science Program Journal, 6-23.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES

El propósito del presente documento es invitarlo(a) a participar en el estudio titulado "Correlación entre los parámetros acústicos y perceptuales de la voz y el grado de pérdida auditiva en personas entre 18 y 60 años con hipoacusia sensorio-neural bilateral simétrica postlocutiva que se atienden en el laboratorio de Audiología en la Universidad de Valparaíso Casa Central", cuya investigadora principal es la fonoaudióloga Daphne Marfull y el coinvestigador es el fonoaudiólogo Christian Castro. Para que usted pueda tomar una decisión informada, le explicaremos a continuación cuáles serán los procedimientos involucrados en la ejecución de la investigación, así como también en qué consistiría su colaboración.

La presente investigación se realizará en los laboratorios clínicos de audiología y voz de la Escuela de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, ubicados en Calle Alcalde Sergio Prieto Nieto Nº 452, Viña del Mar durante el año 2014. El objetivo central de esta será determinar la relación entre ciertas características de la voz con el grado de déficit auditivo en personas de edades entre 18 y 60 años. Esta pérdida auditiva deberá ser de tipo sensorio-neural bilateral, es decir, están afectados ambos oídos, y que se atiendan en el Laboratorio de Audiología de la Universidad de Valparaíso Casa Central.

Este estudio pretende contribuir a dos áreas de la Fonoaudiología: voz y audición. En Chile, existen escasos estudios relacionados con la voz de personas con pérdida auditiva y estos sólo describen las características de su voz. Además, los resultados que se obtengan podrían generar lineamientos para la terapia de personas que manifiesten una pérdida de audición y que presentan diversas molestias en su voz; de este modo, su calidad de vida podrá mejorar a futuro.

Su participación es voluntaria y, si usted así lo considerara, puede retirarse del estudio en cualquier momento, informándole a la investigadora principal su decisión, sin que ello lo perjudique en posteriores evaluaciones o tratamientos en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso.

Los procedimientos que conlleva el estudio implican dos partes; primero, una evaluación de la audición, y luego, la evaluación de su voz. Estas podrán ser aplicadas en una o dos sesiones y en total durarán aproximadamente 1 hora. En la primera parte se le realizarán preguntas sobre ciertas características de su audición. Posteriormente, se le realizará una audiometría, es decir, una medición de cuánto escucha. Este procedimiento no causa dolor ni molestias y se realiza en una cámara silente, la cual es una pequeña sala acondicionada para que haya la menor cantidad de ruido posible. Además, se le hará un examen llamado impedanciometría con el objetivo de descartar alguna complicación en su tímpano o en el oído medio. Este examen consiste en aplicar ciertos cambios de presión y sonidos a un volumen relativamente alto en su tímpano; estos pueden molestar un poco, pero no causan ningún daño en su oído. Además, el examen se detendrá en caso de que usted decida no continuarlo.

En la segunda parte de la evaluación, se saldrá de la cámara silente para realizarle una entrevista para obtener información sobre su voz. Luego, se le pedirá que conteste de forma escrita un cuestionario sobre cómo usted considera que el estado de su voz puede afectarlo en su vida diaria. Posteriormente, se volverá a la cámara silente para grabar su voz. Para esto se le pedirá que lea un texto y luego que emita ciertos sonidos correspondientes a vocales. Tanto en la primera parte como en la segunda parte de las

evaluaciones, en los casos en que manifieste alguna dificultad de escuchar o comprender las indicaciones, se contará siempre con el apoyo de un instructivo escrito que señale de manera sencilla lo que usted debe hacer.

Durante esta investigación, ninguno de los procedimientos que se le realizarán tendrá costo monetario para usted ni recibirá remuneración por participar. Además, si los resultados de la evaluación determinan que usted requiere orientación en el ámbito auditivo, se derivará al Laboratorio de Audiología de la Universidad de Valparaíso, Casa Central, a cargo de la fonoaudióloga Daphne Marfull. Asimismo, si presenta alguna alteración vocal, se le ofrecerá la opción de asistir a terapia fonoaudiológica vocal a cargo del fonoaudiólogo Christian Castro en el Laboratorio de voz de la Universidad de Valparaíso, Casa Central.

La información que se obtenga será confidencial. En ninguna instancia se dará a conocer su nombre; en su lugar, se utilizará un código con letras y números para designar al participante.

El registro de sus datos será de índole reservada y sólo tendrán acceso a ellos los investigadores. Para el resguardo de la información, esta será archivada y protegida en la oficina de la investigadora principal, Daphne Marfull, durante 3 años posterior a la investigación. Luego de este periodo, los registros se destruirán. Los resultados de la investigación podrán ser divulgados en publicaciones de tipo científica y/o académicas y podrán ser utilizados en otras investigaciones que no se alejen de los objetivos de la presente investigación, siempre preservando su identidad.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él, tanto a los investigadores Daphne Marfull y Christian Castro como a los estudiantes tesistas. El teléfono de contacto de la investigadora principal, Daphne Marfull, es 68355808 y 2603304.

Esta investigación ha sido evaluada y aceptada por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso. Si usted lo requiriese, puede contactar a alguno de sus integrantes con su secretaria administrativa, Srta. Ana María Carreño en el teléfono 2507370. Si acepta participar, recibirá un ejemplar de este documento, firmado por el investigador.

Si acepta participar, recibirá un ejemplar de este documento.

Daphne Marfull R.U.T.: Fonoaudióloga Investigadora principal	Christian Castro R.U.T.: Fonoaudiólogo Co-Investigador

Viña del mar,……de……. del 2014

FICHA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES

Yo,……..…RUT……..……..,
DECLARO que la investigadora principal fonoaudióloga, Daphne Marfull Villanueva y Christian Castro Toro, fonoaudiólogo de la Universidad de Valparaíso, ubicada en calle Alcalde Prieto Nieto Nro 452 de la ciudad de Viña del Mar, me ha/n informado en forma completa en qué consiste la investigación "Correlación entre los parámetros acústicos y perceptuales de la voz con el grado de pérdida auditiva en personas entre 18 y 60 años con hipoacusia sensorio-neural bilateral simétrica postlocutiva que se atienden en el laboratorio de Audiología en la Universidad de Valparaíso, Casa Central" que llevarán a cabo en Viña del Mar y cuáles son los procedimientos a los que seré sometido/a, y en qué consistirá mi participación. De acuerdo a lo explicado en el Consentimiento Informado, del que recibí una copia, entiendo que:

1. El objetivo de la investigación es determinar la correlación de ciertas características de la voz con el grado de déficit auditivo en pacientes entre 18 y 60 años y será útil para contribuir a dos áreas de estudio de la Fonoaudiología: voz y audición, ya que en Chile, existen escasos estudios relacionados con la voz de personas con pérdida auditiva y estos sólo describen cómo es la voz de dichas personas.

2. Mi participación es voluntaria y consistirá en una evaluación auditiva y vocal. Los procedimientos que conlleva el estudio implican dos partes; primero, una evaluación de la audición, y luego, la evaluación de mi voz. Estas podrán ser aplicadas en una o dos sesiones y en total durarán aproximadamente 1 hora. En la primera parte se me realizarán preguntas sobre ciertas características de mi audición. Posteriormente, se me realizará una audiometría, es decir, una medición de cuánto escucho. Además, se me hará un examen llamado impedanciometría con el objetivo de descartar alguna complicación en mi tímpano u oído medio. En la segunda fase se me pedirá contestar de forma escrita un cuestionario sobre cómo el estado de mi voz puede afectar mi vida diaria. Posteriormente, me grabarán mientras leo un texto y emito ciertos sonidos correspondientes a vocales. Estas evaluaciones se realizarán entre los meses de junio y agosto del presente año.

3. La investigación no ofrece riesgo alguno para mí

4. Los datos obtenidos serán confidenciales, es decir, mi nombre no será dado a conocer, en su lugar, se utilizará un código de letras y números y sólo podrán ser usados en alguna otra investigación cuyo objetivo no se aleje de los propósitos de este estudio.

5. Los resultados podrán ser divulgados en publicaciones de tipo académico-científicas, resguardando mi identidad. Además, entiendo que tendré acceso a los resultados, si yo lo requiero.

6. No recibiré remuneración por participar en este estudio ni tendré que asumir costo alguno ya que las evaluaciones de voz y audición serán gratuitas.

7. Si la evaluación a la que seré sometido, o cualquier otro hallazgo producto de esta investigación, o si el investigador principal así lo estimara, podré ser atendido en el Laboratorio de Audiología de la Universidad de Valparaíso, Casa Central, a cargo de la fonoaudióloga Daphne Marfull y/o podré asistir a terapia fonoaudiológica vocal a cargo del fonoaudiólogo Christian Castro en el Laboratorio de voz de la Universidad de Valparaíso, Casa Central.

8. Podré retirar mi participación si lo considerara necesario en cualquier momento sin que ello implique perjuicio alguno para mí, informándole mi decisión a la investigadora principal al teléfono 68355808 o al 2603304.

9. Si me surgiera alguna duda, podré consultarla al investigador principal (y/o a sus colaboradores), en cualquier momento de la investigación, a quien/es podré contactar en los fonos 68355808/ 97759926/ 2603304 o al correo electrónico tesis.audiovoz.2014@gmail.com.

10. El Comité de Bioética de la Facultad de Medicina ha evaluado esta investigación y podré contactar a alguno de sus integrantes a través de su secretaria administrativa, Srta. Ana María Carreño, en el teléfono 2507370.

De acuerdo a lo declarado por mí en este documento, del que recibo una copia, firmo aceptando mi participación en esta investigación.

_____
Nombre y firma director establecimiento
Rut:

_____
Nombre y firma participante
Rut:
.

_____
Nombre y firma investigador
Rut:

Viña del Mar,……de……. del 2014

Informe de evaluación fonoaudiológica

I. Datos de identificación

Nombre			
Fecha de nacimiento		**Fecha de evaluación**	
Edad		**Estado civil**	
Diagnóstico ORL			
Diagnóstico audiológico			

II. Antecedentes laborales

III. Antecedentes emocionales

IV. Antecedentes mórbidos

V. Antecedentes audiológicos

VI. Antecedentes vocales

a. Autopercepción

b. Hábitos de higiene vocal

c. Síntomas vocales

d. Resultados evaluación Fonético-Acústica

Se grabó la voz de la paciente sin usar su audífono ni implante coclear encendido (si es que los usase). En el análisis de una vocal /a/ sostenida se encontraron los siguientes parámetros vocales:

F0	Jitter	Shimmer	Nhr	Intensidad

VII. Conclusión

Diagnóstico vocal:

Sugerencias:

Daphne Marfull
R.U.T.:
Fonoaudióloga
Investigadora principal

Christian Castro
R.U.T.:
Fonoaudiólogo
Co-Investigador

Evaluación Vocal

"Sección de emisión de la pauta de evaluación vocal del laboratorio de voz de la Universidad de Valparaíso"

Tono:

Grave	Medio	Agudo

Intensidad:

Débil	Adecuada	Aumentada	Inestable

Timbre:

I. Color:

Claro	Oscuro	Intermedio

II. Brillo:

Brillante	Opaco	Estridente

III. Resonancia:

Oral	Faríngea	Laringo-faríngea	Cul le sac
Hipo nasal	Nasal	Hiper nasal	

Duración:

a. Inicio vocal:

Isotónico	Hipertónico	Hipotónico

b. TMF: /a/ _____ /i/:_____

c. TME: /s/ _____ /z/ _____ Índice s/z: _____

TESIS CORRELACIÓN DE PARÁMETROS ACÚSTICOS Y PERCEPTUALES EN LA VOZ SEGÚN EL GRADO DE PÉRDIDA AUDITIVA EN PERSONAS ENTRE 18 Y 60 AÑOS CON HIPOACUSIA SENSORIO-NEURAL BILATERAL QUE SE ATIENDEN EN EL LABORATORIO DE AUDIOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO CASA CENTRAL

ANAMNESIS

I. Datos de identificación

Nombre	
Fecha de nacimiento	
Edad	
Estado civil	
Teléfono	
Derivado por	
Motivo de consulta	
Diagnóstico ORL	
Diagnóstico audiológico	
Fecha de evaluación	
Examinador	

II. Antecedentes laborales

	Sí	**No**	**Especificaciones**
Ocupación			
¿Está expuesto a ruido en su trabajo?			
¿Hace cuánto tiempo?			
¿Utiliza prótesis auditiva? (copa, fono, inserción)			

III. Antecedentes emocionales

¿Con quienes vive?	

¿Cómo es la relación en el hogar?	Buena		Mala	
Es estresante para usted…	El ambiente familiar		El ambiente laboral	
¿Ha sido diagnosticado con algún trastorno emocional? ¿Cuál? ¿Tratamiento?				

IV. Antecedentes mórbidos

¿Presenta o ha presentado?	**Sí**	**No**	**Especificaciones**
Infecciones ORL			
Cirugías			
RGE-RFL			
Problemas respiratorios			
Alergias			
Problemas hormonales (diabetes, hiper-hipotiroidismo, horm. sexuales)			
Familiar con pérdida auditiva			
Familiar con alteración vocal			

¿Consume alguno de estos medicamentos?					
Gentamicina		Ampicilina		Naproxeno	
Polimixina b		Viomicina		Aspirina	
Cicliserina		Ibuprofeno		Quinina	
Otros					

V. Antecedentes audiológicos

¿Desde cuándo presenta problemas auditivos? (edad)				
¿Utiliza alguno de estos medios	Ninguno		Lectura labio-facial	

de comunicación?	Escritura		Lengua de señas	
¿Utiliza audífono?	Sí		No	
	OD		OI	
¿Utiliza implante coclear?	Sí		No	
	OD		OI	
¿Siente algún sonido permanente en su oído?	Sí		No	
	OD		OI	

Observaciones:_____
_____

VI. Antecedentes vocales

Autopercepción vocal			
	Sí	**No**	**Especificaciones**
¿Qué nota le podría a su voz de 1 a 7? ¿Por qué?			Nota: Justificación:
¿Crees usted que tiene algún problema de voz?			
¿Ha recibido terapia de voz?			
¿Siente que su voz cambia cuando esta con o sin audífono?			

Hábitos de higiene vocal			
	Sí	**No**	**Especificaciones**
Consumo de tabaco y/o exposición a ambiente tabáquico			
Exposición a ambientes contaminados de elementos alérgenos			
Cambios de temperatura			
Exposición a AA/Calefacción:			
Consumo de OH			

Consumo de drogas			
Hidratación diaria adecuada (un litro)			
Cuidado alimentación (alimentos, horario)			
Sueño reparador (6 a 8 horas diarias)			
Habla excesivo (+ 6 horas diarias)			
Canta			
Conducta de grito recurrente			
Risa abusiva (muy fuerte)			
Imitación de voces Frecuente			
Habla en susurro			

Síntomas vocales			
	Sí	**No**	**Justificación**
Fonalgia			
Fonastenia			
Ardor			
Picazón			
Carraspera			
Tos			
Cuerpo extraño			
Esfuerzo			
Garganta apretada			
Disminución de aire			
Dolor en zonas vecinas			

Observaciones:_____

_____

Tabla 15. Centro de frecuencia de formantes de las personas con hipoacusia sensorioneural bilateral simétrica postlocutiva atendidas en el Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, Casa Central.

Formantes / Sujetos	F1	F2	F3	F4
1	941,930	1420,010	2620,480	3876,120
2	759,160	1330,672	2522,724	3573,305
3	549,66	1080,445	3001,862	4288,803
4	704,439	1432,381	2579,636	4269,193
5	691,854	1146,023	2351,540	3501,399
6	616,640	1500,868	2792,191	3876,231
7	926,844	1533,822	2844,313	4129,850
8	675,267	1080,343	2345,343	4100,040
9	894,660	1639,500	2826,390	4032,780
10	1069,178	1461,643	2724,131	4370,471
11	696,560	1395,420	3139,410	3772,600