



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE FONOAUDIOLOGÍA

**COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ACÚSTICOS EN
ESTUDIANTES CON VOCES NORMALES Y ESTUDIANTES CON
NÓDULOS VOCALES TRAS LA APLICACIÓN DE TAREAS DE
PERTURBACIÓN DE FEEDBACK AUDITIVO**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN FONOAUDIOLOGÍA**

Autor Principal:

Christian Castro Toro

Coautores:

Natalia Delgado Matamala

Dominique Diaz Soto

Juan Leiva Jeldes

Denis Salazar Quintanilla

Priscilla Vergara Gaete

Fecha

14 de diciembre de 2017

Agradecimientos...

Gracias a nuestros seres queridos y profesor guía por acompañarnos en este proceso. Lo que parece imposible a veces solo tarda un poco más

Al cerrar esta linda etapa universitaria, tengo tanto que agradecer en primer lugar a mi familia Gualberto Delgado, Jessica Matamala y Juan Ignacio Delgado, pues su apoyo incondicional y esfuerzo me han traído a esta instancia, sin ustedes no habría sido posible. Gracias a mis abuelos paternos que han estado conmigo a lo largo de toda mi vida entregándome un amor único e incondicional. También quisiera agradecer a Dios y a la vida por haber puesto en mi camino gente hermosa que me acompañó y apoyo en los mejores y peores momentos. A mis amigas Tamara Tobar y Paula Núñez, gracias infinitas por su compañía y amor incondicional, Alexa Beltrán sé que desde el cielo estarás acompañándonos y mandándonos energías a mí y a Dominique, a ambas les doy las gracias por brindarme su linda amistad en mi corazón siempre estarán, Priscilla Vergara y Denis Salazar les agradezco por acogerme y soportarme las adoro.

Aprovecho la instancia para agradecer a cada uno de los profesores que participaron en nuestra formación, gracias por la entrega, comprensión y amor a la profesión. Igualmente me tomo un tiempo para dar las gracias a todos aquellos que me ayudaron a reunir el dinero para pagar mi título a través de rifas o aportes individuales mi gratitud hacia todos ustedes de mi parte y del de mi familia. Agradezco también a mi grupo de tesis, mis amigos que estuvieron a mi lado en este camino a la meta.

Amor también te agradezco a ti, Pablo Vergara gracias por amarme, apoyarme y comprenderme por sobre todas las cosas, gracias por la compañía y las mil sonrisas que has puesto en mi cara sobre todo en esta etapa tan difícil, gracias por ser mi confidente, amigo y compañero de camino. Por último, quiero agradecer de todo corazón al hombre que me dio la vida, mi padre y amigo la persona que desde el primer momento creyó en mí de forma incondicional, gracias por levantarme tras cada caída, gracias por siempre ayudarme a ver las cosas más claras y gracias por amarme y cuidarme. Papito te agradezco a ti porque gracias a tu esfuerzo estoy aquí, aun cuando las cosas fueron difíciles siempre estuviste dando todo de ti para poder llevar el alimento a nuestro hogar y para ayudarme a cumplir mis sueños en otra ciudad. Gracias a ti soy quien soy, te amo incondicional. Misión cumplida.

Natalia Delgado Matamala

Una tormenta, así ha sido este ciclo universitario, en donde de lo que más estoy segura es que ya no soy la misma niña de 19 años que entro en ella. Esta tormenta me a traído muchas personas a lo largo del camino, me ha formado académicamente, pero sobre todo me ha fortalecido como persona. Llegando al final de un largo camino le agradezco en primer lugar a Dios, por permitirme volver a creer en mí y en la vida, por mantenerme fuerte cuando más lo necesite y porque hace 24 años me puso en los brazos de la mejor mujer que puede existir, mi madre.

Quiero agradecer a una de las docentes con mayor amor por los demás, excelente mujer y madre, que a pesar de las adversidades sigue intacta, fuerte y entregándole luz a quienes lo necesiten, si a Ud, la secretaria académica, profesora y flga. Susana Cáceres, gracias por su contención, por darme las palabras exactas para no bajar los brazos y simplemente por ser tan especial para tratar a sus alumnos, la quiero y espero la vida le brinde los mejores momentos junto a su familia.

Gracias a mi familia quienes metido tanto en sus mundos siempre han estado el uno para el otro siempre, decirles que todo lo que se viene de aquí para adelante es por y para ustedes. A mis padres Mónica Soto y Gastón Díaz, quienes me han hecho la mujer que hoy en día todos pueden ver, llena de amor y amabilidad para darle al mundo y a la vez justicia y honestidad para la vida. A mis tres hermanos, solo agradecerles, porque me aman y yo los amo a ustedes, pero sobre todo agradecer a mi hermana Natalya Díaz, quien no me dejó jamás en ningún minuto y sus problemas los puso a segundo plano si yo la necesitaba, sin duda eres una gran mujer, hermana y sobre todo una hermosa madre, te amo a ti y a mis dos sobrinos que si escribiera sobre Johncito no terminaría nunca del gran amor que le tengo.

Agradecerles a mis compañeros de tesis, sintiéndome tan distinta a Uds, creo que fue el mejor lugar en el que pude posarme, todas con grandes sueños, con buenos deseos para el mundo y sobre todo con un hambre de cambiar el mundo y ayudar a nuestros futuros pacientes, se merecen lo mejor, realmente los quiero mucho. Y en este mismo párrafo quiero darle las gracias a mis tres grandes amigas que me dejo la universidad y las amo mucho, mi tremenda Flga. Paula Núñez, mi buen alma Natalia Delgado y por supuesto jamás dejándote en el olvido, mi linda Alexa Beltrán, quien dejo la herida más grande de mi época universitaria, pero a la vez fue mi ángel y me dio las fuerzas para continuar, siempre juntas las cuatro, siempre.

También agradezco a mis amigos pocos, pero buenos muchachos, sobre todo a mi amiga Jocelyn Cortes a quien debo agradecer, porque en este año sobre todo no me dejo caer y siempre estuvo a mi lado, espero tenerla siempre en mi vida y que el pasar de los años solo fortalezca esta hermosa amistad, te amo amiga, sabes que te mereces que la vida te llene de cosas preciosas. Y, por último, pero no menos importante, a ti, que la verdad, aunque no te lo imagines en este proceso me compartiste tu sonrisa, buenos momentos y sobre todo logre comprender que alguien entre tantas personas podía calmar mis lagrimas con tan solo abrazarme, que la vida te brinde un amor inmenso, gracias.

"Una vez que la tormenta termine, no recordarás como lo lograste, como sobreviviste. Ni si quiera estarás segura si la tormenta a terminado realmente. Pero una cosa si es segura, cuando salgas de esa tormenta, no serás la misma persona que entro en ella. De eso se trata la tormenta" - Ada Márquez

Dominique Díaz Soto

Me gustaría agradecer a mi familia, que siempre estuvo apoyándome para que termine este proceso de la mejor manera. A mis amigos, que se reían de mí, me motivaban y aconsejaban para que el final de semestre fuese más ameno. A los profesores que nos ayudaron, por su paciencia y dedicación. A mi pareja y alma gemela que estuvo conmigo en todo momento, animándome, acompañándome, aconsejando y sacando alegrías de donde no pensé que podría sacar una sonrisa, infinitas gracias por su amor incondicional.

Por último, quisiera agradecer a mi grupo, que, aunque son odiosas, estresadas, impuntuales y muy distraídas, siempre dieron lo mejor de sí para tener el mejor resultado en cada etapa, gracias por su compañía, comprensión, ayuda y amistad, sin ustedes no habría llegado a la meta, les deseo lo mejor, se lo merecen.

Juan Leiva Jeldes

En el proceso de mi formación como profesional de fonoaudiología he tenido un camino de altos y bajos, donde he tenido la suerte de tener una red apoyo de diversas personas que me han podido entregar muchas cosas en los tiempos más críticos. Por esto, quiero empezar a agradecer en primera instancia a mi madre Esmeralda, que me ha dado mucho durante todos los años de mi carrera. Fue quién me dio alas para cuando quise volar a otra ciudad con la idea de poder ser una profesional, que a pesar de que yo no estaba insegura de la elección, quiso jugársela por mí y me dio ese empuje que me hacía falta para volver a levantarme después de una fuerte caída y así volver a creer en mí.

La segunda persona que quiero agradecer, aunque no está en tierra es mi padre Carlos, mi ángel. Sé que de alguna manera se ha hecho presente en mi vida, ayudándome a superar los obstáculos que he tenido y sé que mi éxito lo celebrarás conmigo. También quiero agradecer a mis hermanas Andrea, Tati y Carola, que de alguna u otra forma me han apoyado cada una a su manera. Son quienes me han dado alegrías, palabras de aliento, confianza en mis capacidades y quienes más celebran mis logros.

Quiero seguir agradeciendo a mi pareja Claudio. A quién lo conocí en el peor momento de la carrera, y supo contenerme y ser ese pilar fundamental. Gracias por tus palabras, alegría y amor que me das. Por último, y no menos importante, quiero agradecer a cada amigo y amiga que me acompañó durante los seis años. Sé que cada persona que pasa por tu vida te entrega algo, ya sea una enseñanza u otra cosa. Es enriquecedor conocer a gente tan hermosa de alma y que sigan acompañándote en la vida. En especial a las amigas que conocí en esta hermosa carrera, espero que nuestra amistad dure muchos años más.

Denis Salazar Quintanilla

Llegado este momento, quisiera agradecer en primer lugar a Dios, quien me sostuvo en los momentos más difíciles, me animó a seguir avanzando, y proveyó todo lo necesario para que pudiera cumplir mi meta, la cual ante la vista humana era imposible, por no contar con los apoyos económicos necesarios. A mis profesores y personal académico que contribuyeron en mi formación profesional, especialmente a nuestra gran secretaria académica Susana Cáceres y a mi querida profesora Lirayén, quienes me brindaron todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.

También agradezco a mis amigas, Natalia y Denis, que formaron un pilar fundamental en este camino en el que tanto aprendimos, así como a mi grupo con quienes vivimos todo este proceso y a quienes también los quiero enormemente. A mi linda y querida amiga Sabrina y su familia, que con paciencia y amor se esforzaron para ayudarme a reunir dinero para mi titulación, pero que también cada día demuestran afecto incondicional hacia mí. Agradezco a mi querida Iglesia Adventista del Séptimo día de Canal Beagle, que con su amor y apoyo en cada etapa me impulsaron a luchar por mis sueños. A mis hermanos de iglesia, y otros seres queridos que a la distancia me apoyaron con palabras de ánimo y buenos deseos. También, a mi lugar de trabajo, que me permitió sostenerme todos estos años y así solventar mis gastos diarios para poder seguir estudiando.

Por supuesto, a mi mejor amigo Javier, que lo amo por sobre todas las cosas y quien siempre creyó en mí. No podría concluir esta etapa sin mencionar a mis hermanos, Guillermo, Pablito y Nicolás, que son el centro de mi corazón, un regalo de Dios que me motiva cada día a luchar por un futuro mejor. Finalmente, agradezco a aquellos quienes en mi niñez cuidaron de mi y de mi hermano; Johany y Héctor, que en esta última etapa se hicieron presentes de diversas maneras, pero por sobre todo me brindaron palabras de aliento y consejos.

Priscilla Vergara Gaete

I. ÍNDICE

II. RESUMEN.....	10
III. INTRODUCCIÓN	11
IV. MARCO TEÓRICO.....	13
1. Voz.....	13
1.1. Anatomofisiología	14
1.2. Evaluación de la Voz.....	17
1.2.1. Evaluación Subjetiva	17
1.2.2. Evaluación Objetiva	19
1.2.2.1. Parámetros Acústicos de la Voz	19
2. Alteraciones de la Voz	23
2.1. Clasificación de Disfonía.....	24
2.2. Orgánicas de Base Funcional.....	25
2.3. Nódulos Vocales (hiperfunción/contracciones supraglóticas)	26
2.3.1. Incidencia	27
2.3.2. Histología	28
2.3.3. Características Perceptuales en Nódulos Vocales	29
2.3.4. Características Acústicas en Nódulos Vocales.....	29
3. Control Motor de la Voz	30
3.1. Modelo DIVA	31
3.2. Feedback Sensorial.....	34
3.3. Feedback Auditivo	35
4. Métodos de Estudio del Feedback Auditivo	35
4.1. Delay	35
4.2. Pitch/Schift.....	36
4.3. Efecto Lombard.....	38
V. METODOLOGIA	42
1. Planteamiento del Problema	42
1.1. Pregunta de investigación	42
1.2. Objetivo de Estudio	42
1.3. Justificación.....	43

1.4.	Viabilidad	43
1.5.	Deficiencia en el conocimiento del problema	44
2.	Objetivos	46
2.1.	Objetivo General	46
2.2.	Objetivos Específicos	47
3.	Hipótesis de investigación	47
3.1.	Hipótesis de investigación	47
3.2.	Hipótesis H0 versus H1	47
4.	Enfoque: Cuantitativo.....	48
5.	Alcance Correlacional	48
6.	Diseño: Cuasiexperimental.....	49
7.	Población.....	49
8.	Muestra	50
8.1.	Muestra 1: Grupo con Nódulos.....	50
8.1.1.	Tipo de Muestreo: No Probabilístico de tipo homogéneo	50
8.1.2.	Tamaño de la Muestra	51
8.1.3.	Criterios de Inclusión y Exclusión	51
8.2.	Muestra 2: Grupo Sin Nódulos	52
8.2.1.	Tipo de Muestreo: No probabilístico de tipo homogéneo	52
8.2.2.	Tamaño de la Muestra	52
9.	Variables	54
10.	Instrumento	55
11.	Técnicas de Obtención de la Información y análisis de variables	57
12.	Procedimiento	57
13.	Materiales	59
VI.	RESULTADOS	60
1.	Resultados para Grupo Control:	61
1.1.	Variable Frecuencia Fundamental (F0) por sujeto Grupo Control:	61
1.1.1.	Variable Frecuencia Fundamental (F0) Promedio Grupo Control:	62
1.2.	Variable Intensidad Grupo Control:.....	63
1.2.1.	Variable Intensidad Promedio Grupo Control:	64
1.3.	Variable Jitter Grupo Control:	65
1.3.1.	Variable Jitter Comparecidos Grupo Control:	66

1.4.	Variable Shimmer Grupo Control:.....	67
1.4.1.	Variable Shimmer Promedio Grupo Control:	68
2.	Resultados para Grupo Experimental:	69
2.1	Variable Frecuencia fundamental Grupo Experimental (F0):	69
2.1.1	Variable Frecuencia fundamental Promedio Grupo Experimental (F0):	70
2.2	Variable intensidad Grupo Experimental:.....	71
2.2.1	Variable intensidad Promedio Grupo Experimental:	72
2.3	Variable Jitter Grupo Experimental:	73
2.3.1	Variable Jitter Grupo Promedio Experimental:	74
2.4	Variable Shimmer Grupo Experimental:	75
2.4.1	Variable Shimmer Promedio Grupo Experimental:	76
3.	Comparación Parámetros Acústicos Grupo Control /Grupo Experimental	77
3.1	Comparación variable F0 grupo Control vs Grupo Experimental	77
3.2	Comparación variable Intensidad grupo Control vs grupo Experimental	78
3.3	Comparación variable Jitter grupo Control vs grupo Experimental:	79
3.4	Comparación variable Shimmer grupo Control vs grupo Experimental:	80
VII.	DISCUSIÓN	81
VIII.	CONCLUSIONES	91
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
X.	ANEXOS	102

II. RESUMEN

La voz es una función producida por el movimiento vibratorio constante de los pliegues vocales, que es posible llevar a cabo gracias a la acción conjunta de diversos sistemas tales como respiratorio, articulatorio, resonancial y fonatorio. Cualquier alteración en uno o más de los parámetros vocales es considerada como disfonía. A partir de lo anterior, las alteraciones vocales se clasifican en disfonía funcional, orgánicas y orgánica de base funcional. Dentro de esta última clasificación se encuentran los nódulos vocales. En estudios previos, se ha observado que las personas con disfonía funcional responden de forma distinta ante tareas de perturbación del feedback auditivo. En el presente estudio se pudo observar las diferencias existentes en los parámetros intensidad, frecuencia fundamental, jitter y shimmer, en estudiantes universitarios con nódulos vocales y estudiantes universitarios con voces sanas de las carreras de teatro, pedagogía en música y en historia de la Universidad de Valparaíso, tras la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo. Las mediciones se realizaron en condición Pre, Lombard y Post y los resultados fueron analizados descriptiva y comparativa para cada grupo. Para el proceso de toma de muestras los participantes de ambos grupos debieron repetir 12 series de 5 sílabas oclusivas con el fonema /a/ en cada condición. Tras las mediciones se obtuvo valores estadísticamente significativos para la variable intensidad tanto en el grupo control como en el experimental, y en los resultados comparativos de frecuencia fundamental entre ambas muestras. Los sujetos con nódulos vocales tienden a mantener patrones de adaptación que se pueden asociar a desregulaciones del control del feedback auditivo. La generalización de estos resultados podría dar paso a nuevas y futuras investigaciones, que permitan un cambio en la evaluación y abordaje de las intervenciones fonoaudiológicas.

III. INTRODUCCIÓN

La voz es una función esencial producida gracias al movimiento vibratorio constante de los pliegues vocales que al acercarse a la línea media logran su producción. Según Cobeta, Núñez y Fernández (2013) una voz patológica o disfónica se caracteriza por diferir entre los sujetos del mismo sexo, edad y grupo cultural al que pertenezcan.

Núñez y Fernández (2013) proponen un sistema de clasificación etiológica, en donde agrupan las disfonías, principalmente, en tres grandes categorías: disfonías funcionales; disfonías orgánicas y disfonías orgánicas de base funcional. Estas últimas, poseen lesiones como consecuencia de una disfonía funcional no tratada o detectada tardíamente provocando una lesión, donde se pueden encontrar: Pólipos vocales, Edema de Reinke, Granuloma, Ulcera de contacto y Nódulos vocales. Estos últimos, foco principal del estudio se caracterizan por ser lesiones bilaterales, generalmente simétricas, con un patrón de cierre incompleto en forma de reloj de arena. Estas lesiones guardan relación con un abuso o mal uso de la voz (Núñez & Fernández, 2013).

A raíz de lo anterior, en el presente estudio se compararán los parámetros acústicos de estudiantes de las carreras de pedagogía en música, historia y teatro con voces normales y con nódulos vocales tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo. En primer lugar, se expondrá el marco teórico, en el cual se abordarán aspectos generales de la voz, tales como, anatomofisiología, parámetros acústicos, evaluaciones objetivas y subjetivas para su análisis. Se contextualizará sobre las alteraciones que la afectan, otorgando una clasificación con un foco principal en aquellas de base funcional.

En segundo lugar, se describirá la metodología con los antecedentes del estudio que dan cuenta del problema de investigación, sus objetivos específicos y generales, tipos de muestra,

enfoque, diseño, alcance e instrumentos utilizados. Todos estos permitiendo dar resultados confiables y objetivos.

En tercer lugar, se expondrán los resultados y discusiones de la presente investigación, analizando y comparando los valores obtenidos en relación a la bibliografía existente.

Finalmente se mencionarán las conclusiones, limitaciones y proyecciones de la presente investigación, ahondando en la relevancia de este estudio para futuras investigaciones.

IV. MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado se expondrán conceptos técnicos considerados en la presente investigación. Se comenzará describiendo la anatomofisiología de la voz y sus alteraciones. Luego, se abordará el control motor de la voz profundizando acerca del modelo DIVA y el feedback sensorial. Finalmente, se presentarán los métodos de estudio del feedback auditivo haciendo mayor énfasis en el Efecto Lombard.

1. Voz

Fisiológicamente, la voz es definida como:

“...The movement of the medial surfaces of the vocal folds is of primary importance because they modulate the airspace between them, giving rise to an acoustic excitation that can be formed into speech...” (Titze & Story, Rules for controlling low-dimensional vocal fold models with muscle activation, 2002, p. 1064).

En este sentido, el autor destaca que la modulación del espacio aéreo entre pliegues vocales genera una excitación acústica denominada voz, la cual es un fenómeno físico-acústico y mecánico producido gracias al movimiento vibratorio de las superficies mediales de los pliegues vocales cientos de veces por segundo. De acuerdo con lo señalado por Titze (2006), la musculatura laríngea intrínseca abre y cierra la glotis en maniobras abductoras y aductoras modificando la longitud y propiedades mecánicas del tejido de las cuerdas vibratorias. Así mismo, la configuración de la superficie medial de los pliegues vocales, sus propiedades mecánicas y las condiciones aerodinámicas que les rodea, son suficientes para iniciar y mantener la auto-oscilación durante la producción de la voz (Behlau, Azevedo, & Madazzio, Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção Vocal, 2001). Desde la perspectiva clínica, Behlau & Pontes (2001) afirman que la voz es una función esencialmente sensorioneural que depende fundamentalmente de una actividad compleja e interdependiente de todos los músculos que

sirven para su producción, tales como los respiratorios, perilaríngeos, intrínsecos de la laringe, etc. así como de la integridad de los tejidos del aparato fonador.

En los siguientes apartados se describe la anatomofisiología de la laringe, nombrando las principales estructuras y músculos necesarios en la producción de la voz. De igual forma, se hará referencia a las distintas formas, subjetivas u objetivas, de evaluar la voz y las estructuras adyacentes.

1.1. Anatomofisiología

Fisiológicamente la voz se compone por variados sistemas biológicos, como el respiratorio, articulatorio, resonancial y fonatorio. Este último radica principalmente en las funciones de la laringe, órgano en el cual se encuentran los pliegues vocales. La unión de los pliegues vocales hacia la línea media produce una vibración que da origen a la voz.

La laringe, como estructura móvil, permite la emisión de sonidos mediante la acción vibratoria de los pliegues vocales dada por el paso del aire a través de ellos (Rosique López, Mena Viveros, & Iniesta Turpín, 2007). La laringe se sitúa en la parte media y anterior del cuello, por arriba de la tráquea, debajo del hueso hioides y por delante de la faringe. La misma está formada principalmente por estructuras cartilagosas y musculares (Mazzarella, 2007).

En primer lugar, los cartílagos de la laringe entregan la estructura rígida que da soporte y contención a los pliegues vocales. En total la laringe está constituida por 9 cartílagos, tres impares (tiroides, cricoides y epiglotis) y tres pares (aritenoides, corniculados y cuneiformes). De estos, los corniculados y cuneiformes son considerados como cartílagos accesorios (Behlau, Azevedo, & Pontes, 2001). Según Behlau & Pontes (2001), de todos los cartílagos los más importantes son el tiroides, cricoides y aritenoides, los cuales están conformados por fibras hialinas, colágenas y elásticas. Ahora bien, la acción de los cartílagos aritenoides es fundamental

para la fonación y la respiración, realizando movimientos que permiten la aproximación de los pliegues vocales (Behlau, Azevedo, & Madazzio, 2001).

En segundo lugar, y en relación a la musculatura laríngea, esta se encuentra dividida en dos grupos: músculos extrínsecos e intrínsecos. El primer grupo tiene la particularidad de poseer una inserción en la laringe y otra fuera de esta. Los músculos extrínsecos que participan en la elevación de la laringe son el esternohioideo, tirohioideo y el homohioideo. Por otro lado, aquellos músculos que tienen como función deprimir la laringe son el geniohioideo, el digástrico, milohioideo, estilohioideo y el constrictor medio e inferior de la laringe (Le Huche & Allali, 2003). En el segundo grupo, conformado por la musculatura intrínseca, se encuentran los músculos cricotiroideo, cricoaritenideo posterior, cricoaritenideo lateral, ariaritenideo, tiroaritenideo y tiroaritenideo profundo; separándose en constrictores de la glotis, dilatadores y, por último, tensores de los pliegues vocales, según la función que desempeñen dentro de la laringe. La labor conjunta y específica de la musculatura circundante a los pliegues vocales permiten la fonación, puesto que cada músculo tiene una función dentro del proceso (Le Huche & Allali, 2003).

De esta forma, la acción coordinada de los músculos cricoaritenideo lateral, interaritenoides y tiroaritenideo generan movimientos aductores permitiendo que este espacio glótico se cierre, aproximando la superficie medial de los pliegues vocales y eliminando el espacio glotal. Del mismo modo, se produce una rotación de los aritenoides, los cuales se acercan a la línea media por acción del músculo cricoaritenideo lateral y los músculos interaritenoides. Al contraerse los músculos tiroaritenoides se produce un deslizamiento de los cartílagos aritenoides hacia anterior, es decir, se aproximan los cartílagos aritenoides al cartílago tiroideo, disminuyendo la distancia entre los procesos vocales lo cual produce un acortamiento de los pliegues vocales. Por el contrario, al contraerse el músculo cricotiroideo gira al cartílago tiroideo y cricoides uno hacia al otro, ampliando la distancia entre los procesos vocales y, por lo tanto, aumentando la longitud de los pliegues vocales (Story, 2015).

La vibración de los pliegues vocales se caracteriza por presentar una onda de superficie en la cubierta de los pliegues que se propaga desde la porción inferior a superior de estos, lo cual se conoce como onda mucosa. En un ciclo vibratorio, el desplazamiento lateral de la porción superior de los pliegues vocales no está en fase con la porción inferior, puesto que el movimiento de la onda mucosa es de abajo hacia arriba. De este modo la glotis se abre y se cierra a medida que los pliegues vocales se mueven juntos en sentido medial y se van separando lateralmente repetidas veces en una frecuencia de 100 ciclos por segundo. Para llevar a cabo el proceso de la fonación se requiere además de la participación del sistema nervioso y circulatorio. Estos, respectivamente, permiten los movimientos y la irrigación de la musculatura participante en la producción de la voz (Story, 2015).

En cuanto a la inervación laríngea, esta viene dada por fibras motoras y sensitivas provenientes del nervio laríngeo superior y por el nervio laríngeo inferior que emergen del nervio vago. El nervio laríngeo superior se compone de fibras sensitivas y motoras. Se divide en dos ramas; la externa para inervar al músculo cricotiroides y la interna que inerva la mucosa de la laringe y la epiglotis. El nervio laríngeo inferior se compone de fibras motoras bifurcándose de forma distinta en cada lado. En el hemicuerpo izquierdo, el nervio laríngeo inferior, se separa del nervio vago en el cruce con el cayado aórtico y asciende hasta la laringe. En el hemicuerpo derecho el mismo nervio, diverge a nivel de la arteria subclavia pasando por debajo de ella y asciende hasta el cartílago cricoides para dividirse en la rama anterior y posterior (López, Viveros, & Turpín, 2007).

Por último, con relación a la irrigación laríngea, las arterias que irrigan la laringe son la laríngea superior y la arteria laríngea inferior. La primera es rama de la arteria carótida externa mientras que la segunda es rama del tronco tirocervical de la arteria subclavia (Leyva, 2008).

1.2. Evaluación de la Voz

La evaluación de la voz, realizada por el profesional fonoaudiólogo, comprende una serie de procedimientos, tanto subjetivos como objetivos, que tienen como finalidad conocer el comportamiento vocal del sujeto. El primer método de evaluación, subjetiva, requiere de la experticia del profesional. El segundo tipo de evaluación se enfoca en obtener un registro cuantitativo de la voz.

1.2.1. Evaluación Subjetiva

La evaluación subjetiva tiene como finalidad recabar la mayor cantidad de antecedentes, relevantes, del sujeto. Se inicia con la aplicación de un protocolo de anamnesis que recopila antecedentes personales donde se destaca nombre, edad, ocupación y/o profesión. Además, se indaga acerca del motivo de consulta, antecedentes mórbidos, uso y valoración de la voz, alimentación e hidratación general (Farías, 2007).

Dentro de la evaluación, también se considera relevante contar con la apreciación de estructuras estomatognáticas que participan de forma directa o indirecta en la fonación y que pudiesen interferir en la dinámica fonatoria. La evaluación corporal también es parte de la evaluación subjetiva y se basa en la observación general de la postura en vista frontal y lateral. Esto se realiza con el fin de determinar si existe una alteración que pudiese influir en la voz. De igual forma, dentro de este tipo de evaluación la respiración resulta importante, y esta es observada por el fonoaudiólogo en cuanto al tipo y modo. Adicionalmente es importante evaluar la coordinación fonorespiratoria y el dominio de técnicas de apoyo respiratorio que posea el sujeto (Farías, 2007).

Por último, se evalúan los parámetros vocales y se realiza una valoración perceptual, también llamada psicoacústica de la voz. La primera, consiste en una apreciación realizada por el profesional en cuanto a la sonoridad, altura tonal, duración y calidad de la voz del usuario,

identificando las características propias de él. La segunda, también es realizada por el profesional fonoaudiólogo y consta de una valoración subjetiva de las cualidades vocales del sujeto, mediante escalas de evaluación vocal perceptiva como GRBAS o RASATI (Farías, 2007).

Cabe mencionar, que dentro de la evaluación subjetiva de la voz se encuentra la evaluación por imagen que es realizada por el Otorrino Laringólogo (ORL). Actualmente, se cuenta con distintos instrumentos que le permiten a este especialista observar con mayor precisión las estructuras a evaluar. Algunos de los instrumentos utilizados por este profesional en la clínica son la nasofibrolaringoscopia y la videoestroboscopia (Pérez Serey & Ortiz Araya, 2013).

La nasofibrolaringoscopia es una de las técnicas más utilizadas por los ORL y consiste en la introducción de una fibra óptica flexible a través de una de las fosas nasales llegando hasta la laringe. Su objetivo se centra en la observación de los pliegues vocales en el momento, tanto en apariencia, morfológica y funcionalidad, permitiendo de esta manera visualizar la mayoría de las alteraciones presentes en esta zona (Ortega T., 2009). Igualmente, la videoestroboscopia se basa en el uso de un instrumento que permite ver el comportamiento fisiológico de la laringe y todas las estructuras de esta durante la fonación. Para su realización se utiliza un laringoscopio rígido introducido por la boca, lo cual permite observar el cierre glótico, la ondulación de la mucosa de los pliegues vocales, la simetría y tono de estos, la frecuencia fundamental de emisión, la amplitud, periodicidad y regularidad de las vibraciones sucesivas, entre otras (Beatriz Brunetto, 2002). Para fines de esta investigación, sólo se utilizará la anamnesis de voz y la técnica nasofibrolaringoscopia para la selección de la muestra.

1.2.2. Evaluación Objetiva

La evaluación objetiva busca recopilar datos numéricos acerca de la producción vocal. Existen diversos medios con los que evaluar la voz de forma objetiva tales como; electromiografía, electroglotografía, mediciones aerodinámicas, mediciones por imagen y mediciones acústicas o también llamadas “análisis fonético acústico”. Este último tipo de evaluación es el que se utilizó en el presente estudio, ya que es el menos invasivo, más accesible y, además, es de fácil manejo, lo cual permite entender los resultados que se obtienen tras la utilización de él (Núñez, y otros, 2014).

El análisis fonético acústico (AFA), tiene como objetivo evaluar de forma cuantitativa la voz que se obtiene del sujeto, la cual es grabada por medio de un micrófono. Para este tipo de mediciones se requieren hardwares y softwares específicos, dentro de los cuales, los más usados son: ANAGRAF, CSL, DOCTOR SPEECH, PRAAT, entre otros (Farías, 2007). Para fines de esta investigación, se utilizará el software PRAAT, puesto que tal herramienta arroja valores numéricos de intensidad, frecuencia fundamental y duración, entre otros, (Ueng, Luo, Tsai, & Yeh, 2015) permitiendo así analizar de modo objetivo la emisión vocal (Zañartu, 2003).

1.2.2.1. Parámetros Acústicos de la Voz

La voz, se presenta como el resultado de la integración de múltiples sistemas, por lo cual el fenómeno vocal se puede apreciar desde varias aristas, pudiendo estudiarse como un fenómeno biológico, mecánico, aerodinámico o acústico. Desde un punto de vista acústico, la voz humana es descrita en base a sus parámetros físicos respecto a sus características vibratorias; a estos se les denominan parámetros acústicos de la voz (Titze, 2006). Cabe destacar que cada una de estas características físico-acústicas presenta su correlato perceptual, las cuales pueden ser descritas desde ambas perspectivas según la mirada desde la cual se aborde. A continuación, se describen de forma integrada los parámetros acústicos estableciendo la relación físico

acústico y perceptual existente en algunos de ellos (frecuencia fundamental, intensidad y duración).

- Frecuencia Fundamental (F0) Se describe como una onda simple de frecuencia más baja entre los que conforman una onda compleja periódica (Quilles, 1997). Según Casado (2002), consiste en el número de oscilaciones por segundo de una onda. Fisiológicamente, se relaciona con los ciclos por segundo en que oscilan los pliegues vocales, lo que representa el número de veces en que estos se abren y cierran en una determinada unidad de tiempo, la cual es expresada en ciclos por segundo o Hertz (Hz) (Casado Morente & Adrián Torres, 2002). Los valores de normalidad para hombres se encuentran entre 110 a 141 Hz, mientras que para las mujeres estos fluctúan entre 210- 256 Hz (Jackson-Menaldi, 2002). Behlau (2005) la define como una sensación psicofísica llamada altura tonal, que en términos de la percepción humana corresponde a la valoración de tonos graves o agudos del sonido y su carácter melódico (Tomicic, Martínez, Chacón, Guzmán, & Reinoso, 2011).
- Intensidad: Según Brockmann, Storck, Carding & Drinnan (2012), la intensidad de la voz físicamente corresponde a la unidad de comparación de magnitudes que se expresa en dB. Esto se relaciona con la amplitud de onda y con el nivel de presión sonora ejercida. Behlau (2005), señala que la sensación psicofísica que genera la intensidad, llamada también sonoridad, en una persona se explica como el modo en que ésta juzga un sonido según lo considere fuerte o débil. Así, este parámetro se puede cuantificar en escala de fones o sonos y según el contexto de proyección vocal se clasifica en débil, adecuada y fuerte (Behlau, 2005).
- Duración: Acústicamente, la duración se encuentra referida al tiempo en que un sonido mantiene su vibración (Farías, 2007). Para mantener la fonación durante un periodo prolongado, se debe tener en cuenta la interacción del mecanismo valvular de la laringe con el flujo aéreo proveniente de los pulmones (Cobeta & cols., 2013).

- Perturbación de la frecuencia o Jitter: Corresponde a las variaciones o perturbaciones de frecuencia fundamental de la voz en cortos periodos de tiempo (Elhendi, 2004). De acuerdo con Jackson-Menaldi, (2002), los valores normales se encuentran entre 0 y 1,04%.
- Perturbación de la amplitud o Shimmer: Este parámetro consiste en calcular cuánto es la variabilidad de la amplitud de la onda en cortos periodos de tiempo. Usualmente se expresa en decibeles (Elhendi, 2004). Según lo señalado por (Jackson-Menaldi, 2002) (2002), los valores de normalidad pueden ser iguales o menores a 3,81%.
- Formantes: Wentworth (2011) considera, que los formantes corresponden a resonancias naturales dentro de un tubo cilíndrico con un extremo cerrado y el otro abierto, asociadas a una onda estacionaria. El autor explica que, en el estudio de la voz, correspondería a los modos de vibración de las partículas dentro del tracto vocal.

Los formantes más significativos del tracto vocal, en cuanto a la acústica de la voz hablada son cuatro (F1, F2, F3 y F4). Las frecuencias de los dos primeros formantes determinan la identidad de la mayor parte de las vocales. La frecuencia de los formantes que siguen, y la frecuencia fundamental son más bien características del locutor, por lo que dependiendo de la relación que se establezca entre los diversos formantes, es que se percibe un determinado timbre de voz o calidad vocal. (Farías, 2007). De esta forma, los formantes se relacionan perceptualmente con el color de la voz (Román, 2011).

Si bien no existen valores normativos para el español de Chile en cuanto a formantes y anchos de banda, usualmente se usa de referencia estudios de español rioplatense los que se muestran en siguiente tabla.

Tabla 1: Valores promedio de F0, formantes (F) y anchos de banda (B) 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

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

- **Armónicos:** Los armónicos, hacen referencia a modos de vibración que acompañan a la frecuencia fundamental, decreciendo en intensidad a medida que aumentan en frecuencia (Wentworth, 2011). En la acústica de la voz, se relacionan con los modos de vibración de los pliegues vocales cuando estos oscilan generando el sonido vocal. Perceptualmente, los armónicos se relacionan con el brillo o mordiente de la voz (Román, 2011).

- Noise to Harmonic Ratio: Este parámetro consiste en una proporción entre el ruido (noise) y los armónicos (harmonics) que contiene una 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, Cervera, & Miralles, 2002). Los valores de normalidad se encuentran entre 0 y 0,19% (Jackson-Menaldi, 2002).
- Centro de Frecuencia del Formante: Los formantes según Román (2011), corresponden a ondas estacionarias dentro del tracto vocal. Para medirlos se utiliza el denominado centro de frecuencia del formante, el cual se calcula a través del algoritmo LPC y corresponde a la mayor concentración de energía (Roman, 2011). Sus valores normativos dependerán de cada vocal.
- Ancho de Banda: Corresponde a la zona efectiva de amplificación de un formante. (Magri, 2009). Se calcula 3dB bajo el peak del formante y es inversamente proporcional a la amplitud del mismo. Se expresa en Hz.

2. Alteraciones de la Voz

Raming y Verdolini (1998) señalan que las alteraciones de la voz son “anomalías en la intensidad, el tono y/o la calidad vocal, limitando la efectividad de la comunicación oral entre las personas” (Raming & Verdolini, 1998, p.102). Según Cobeta, Núñez y Fernández (2013) una voz patológica o disfónica se caracteriza por diferir entre los sujetos del mismo sexo, edad y grupo cultural al que pertenezcan. En 1989, Behlau y Pontes afirman que se habla de disfonía ante cualquier dificultad en la emisión vocal que impida la producción natural de la voz.

2.1. Clasificación de Disfonía

El concepto de eufonía ha generado controversia a lo largo de los años, pues no existe un consenso para la unificación de la definición de esta, lo que ocurre principalmente porque la voz se enmarca en aspectos biológicos, psicológicos y socioculturales del individuo. Behlau (2001), señala que una voz se puede clasificar normal cuando ésta es producida sin dificultad o incomodidad para la persona y que sea agradable para los oyentes. De igual forma considera importante que la voz se presente a un tono e intensidad acorde a la edad, sexo y espacio cultural del sujeto.

Al igual que la clasificación de voz normal, la clasificación de disfonía por años ha sido tema de discusión e investigación para diversos autores (García-Tapia Urrutia & Cobeta Marco, 1996; Murray Morrison, 1996; Behlau & Pontes, 1990-1995; Le Huche, 2003 y Farías G, 2007) que buscan plasmar a través de sus lineamientos terapéuticos y enfoques sus propias tipificaciones de disfonía. Debido a esto, no ha sido posible contar con una categorización universalmente aceptada (Behlau, Azevedo & Pontes, 2001). De esta forma, algunas clasificaciones descritas en la literatura se basan en: la duración de los síntomas, en la división de funcionales y orgánicas, basadas en el uso vocal hipofuncional e hiperfuncional y aquella basada en la etiología de los trastornos vocales (Behlau, Azevedo & Pontes, 2001).

En 1990 y 1995, Behlau & Pontes proponen un sistema de clasificación etiológica, modificada más tarde en el año 2001. Esta versión final agrupa las disfonías, principalmente, en tres grandes categorías: disfonías funcionales (primarias, secundaria y psicógenas); disfonías orgánicas de base funcional y disfonías orgánicas (adquiridas y congénitas) (Behlau, Azevedo, & Pontes, 2001). Esta clasificación será empleada en la presente investigación, destacando las disfonías orgánicas de base funcional.

2.2. Orgánicas de Base Funcional

Las disfonías orgánicas de base funcional son aquellas que “poseen lesiones secundarias siendo una consecuencia de una disfonía funcional no tratada o detectada tardía mente provocando una lesión” (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001, p.298). De esta manera el sobre esfuerzo vocal puede generar patologías a nivel laríngeo conocida como disfonías de base funcional, dentro de esta clasificación es posible encontrar: Pólipos vocales, Edema de Reinke, Granuloma, Ulcera de contacto y Nódulos vocales. Cada uno de ellos será descrito a continuación (Behlau, Madazio & Pontes, 2001).

- **Pólipos vocales:** Se ubican en el borde libre de las cuerdas vocales, específicamente en la capa superficial de la lámina propia impidiendo el cierre glótico. Estos, además pueden ser de color rojizo o blanquecino, de varios tamaños, pediculados o sésiles, unilaterales o bilaterales (Núñez & Fernández, 2013).
- **Edema de Reinke:** presentada como una lesión difusa en la capa superficial del pliegue vocal, de coloración rosada caracterizada por la acumulación de líquido de modo irregular en alguna región de la porción membranosa o en toda ella (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001).
- **Granuloma:** se caracteriza por un crecimiento benigno de tejido de granulación hipertrófico. Su aspecto puede tornarse blanquecino, amarillento o rojizo y se encuentra situado en la región posterior de la laringe sobre la punta del proceso vocal del cartílago aritenoides (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001).
- **Ulcera de contacto:** se observan como excavaciones bilaterales erosivas, unilaterales en un comienzo. se ubican en la mucosa que cubre el proceso vocal de los cartílagos aritenoides llegando a exponer su superficie medial (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001).

- **Nódulos vocales:** Localizados en la unión del tercio medio con el anterior de las cuerdas vocales, específicamente en la capa superficial de la lámina propia. Generalmente son lesiones pequeñas, blanquecinas, sésiles y bilaterales (Núñez & Fernández, 2013).

Dentro de las alteraciones estructurales del pliegue vocal la de mayor prevalencia, en los profesionales de la voz, son los nódulos vocales lo cuales estarían estrechamente relacionados con el uso y mal uso de la voz, lo que trae consigo una hiperfunción de la musculatura participante.

2.3. Nódulos Vocales (hiperfunción/contracciones supraglóticas)

Los nódulos vocales se caracterizan por ser lesiones bilaterales, generalmente, simétricas, con un patrón de cierre incompleta en forma de reloj de arena, al observarse por medio de la estroboscopia. Estas lesiones guardan relación con un abuso o mal uso de la voz (Núñez & Fernández, 2013). Según Jiang y Titze (1994), los nódulos del pliegue vocal se presentan como traumatismos de pequeña dimensión, de color variable entre blanquecina y sonrosada, dependiendo del momento evolutivo en que se encuentren. Comúnmente, se ubican en la parte central de la porción vibratoria de las cuerdas vocales, debido a que el impacto, entre los pliegues, es mayor en esta zona. Igualmente, la ASHA (American Speech-Language-Hearing Association) en el año 2016, agrega que los nódulos vocales son crecimientos benignos, no cancerosos, que surgen en ambos pliegues vocales. Behlau (2001), agrega igualmente que los nódulos corresponderían a lesiones de masa benigna, generalmente bilaterales de color blanquecinas o levemente rojizas ubicados en la región anterior de los pliegues vocales.

Esta última patología, foco principal de este estudio, debe ser abordada desde todas sus perspectivas. Una de ellas es la incidencia, la cual determina cuan recurrente es una afectación en un periodo de tiempo definido. De igual forma, contar con datos acerca de la prevalencia entorno a los nódulos vocales, permite formar una estimación de la cantidad de personas que resultan afectadas por esta patología.

2.3.1. Incidencia

Los nódulos del pliegue vocal, descritos como una lesión orgánica de base funcional, se ocasionan de manera más habitual dentro de las patologías vocales, representando entre un 17% y 24% de los casos (Díaz de Cerio & Gascón, 2003). Epidemiológicamente, la prevalencia de los trastornos vocales representa alrededor del 1%, afectando con mayor recurrencia al sexo femenino -63,4% frente al 36,6% en los hombres con fluctuaciones debidas a la edad en ambos sexos (Núñez & Fernández, 2013). Lo expuesto anteriormente, concuerda con lo descrito por Mara Behlau en el año 2001, en cuanto a la existencia de mayor prevalencia de nódulos vocales en mujeres adultas jóvenes.

Asimismo, Coyle y Weinrich (2001), en un total de 1.158 sujetos, observaron que un 10,2% de ellos tenían un diagnóstico de nódulos vocales, los principales afectados fueron estudiantes y profesores, pues en ellos hubo mayor frecuencia de nódulos, siendo 48 sujetos diagnosticados. Un estudio realizado en Bélgica, entre los años 2004 y 2008, observó que, en una muestra de 882 sujetos, un 15% de éstos presentó nódulos vocales, siendo la patología de base funcional de mayor frecuencia. Además, se obtuvo que la prevalencia de nódulos vocales radicaba en un rango etario de entre 15 a 24 años de edad, representando un 25,6% de los casos. Sumado a lo anterior, en este estudio también se logró determinar la incidencia que había en los profesionales de la voz, los cuales representaban un 15%, destacando que la frecuencia de aparición de nódulos vocales estaba dada en mayor medida en mujeres profesionales con un 19,4% (Van Houtte, Val Lierde, & D'Haeseleer, 2010).

Según un estudio realizado por Won et al. (2016), en Korea del Sur, en el cual participaron un total de 19.636 sujetos mayores de 19 años, entre los años 2008 y 2011, se obtuvo como resultado que el 1,96% de ellos presentó alguna enfermedad laríngea. De los cuales, 268 participantes, es decir, en el 1,31% de ellos, había registro de nódulos vocales. De acuerdo a este estudio, se determinó que en el año 2008 la prevalencia de nódulos fue del 0,99%. En el año 2009 ésta tuvo un incremento substancial llegando a representar el 1,72%. Igualmente,

en el año 2010 la prevalencia se mantuvo con un 1,72% a diferencia del 1,21% que se obtuvo en el año 2011 (Won, et al, 2016). Asimismo, Remacle, Petitfils y Finck (2016), afirman que, los nódulos del pliegue vocal se presentan en alrededor de un 40% de los estudiantes y entre un 12 y 18% en hombres y mujeres trabajadores, respectivamente, lo anterior de acuerdo a un estudio realizado en Bélgica en la cual se contó con la participación de 1.097 personas.

La incidencia de esta patología en la población tanto de profesionales de la voz, como en no profesionales se presenta con características histológicas similares. Asimismo, el tejido de los nódulos que tienen mujeres y hombres no varía según el sexo. Esto debido a que la lesión en los adultos suele ubicarse en la misma posición del pliegue vocal.

2.3.2. Histología

El nódulo vocal en el adulto se ubica siempre en la unión del tercio anterior y el tercio medio del repliegue vocal, en un punto denominado punto nodular que señala la mitad de la glotis ligamentosa. En niños, se localiza usualmente en la unión entre el primer cuarto anterior del repliegue vocal y el segundo. Esta lesión se presenta bajo la forma de un engrosamiento grisáceo o rosado de la mucosa, de tamaño y consistencia variables. Con frecuencia es bilateral, pero cuando es unilateral se sitúa más a menudo en el lado izquierdo (Le Huche & Allali, 2003).

Según Behlau, Madazio y Pontes en el 2001, los nódulos se localizan en la capa superficial de la lámina propia y consisten principalmente en tejido edematoso y/o fibras colágenas. Se constituyen de epitelio hiperplásico y edema submucoso, y producen una queratinización del epitelio. Inicialmente son suaves y flexibles, en etapa crónica, se vuelven de tejido fibroso y rígido (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001). De acuerdo a Buzelin, Behlau, y Buzelin (2013), los nódulos de la cuerda vocal se forman debido a una hiperplasia. Además, presentan una queratinización del epitelio del tipo paraqueratosis y una fibrosis de la lámina propia. Asimismo, poseen un engrosamiento en la membrana basal y angiectasia leve.

Por lo tanto, las características histológicas influirán en las características vocales de los sujetos con nódulo. Por consiguiente, otorgarán rasgos vocales específicos y similares entre sujetos con la misma patología. Estas particularidades en la voz se explican por la composición, ubicación y forma de la lesión nodular.

2.3.3. Características Perceptuales en Nódulos Vocales

Al realizar la evaluación perceptual de los sujetos que presentan nódulos usando para ello la escala GIRBAS, se pueden observar distintas características vocales como: un grado de disfonía que se caracteriza, principalmente, por presentar voz áspera, soplada y tensión en forma permanente. En relación con los síntomas vocales que pudiesen tener las personas con este cuadro vocal se encuentran comúnmente, la fonostenia en emisiones prolongadas, dolor moderado o también descrito picor de garganta, así como también tensión en la zona perilaríngea de forma constante (Farías, 2007).

Las características de la voz, en sujetos que presentan nódulos en los pliegues vocales tienen un correlato acústico específico. Este puede ser evaluado de forma objetiva por el profesional fonoaudiólogo, por medio de distintos software y hardware. De esta forma, es posible otorgar características distintivas de los parámetros acústicos de las personas con nódulos vocales.

2.3.4. Características Acústicas en Nódulos Vocales

En cuanto a los parámetros acústicos, en el año 2001, Behlau expone que, en los pacientes con nódulos se observa una frecuencia fundamental más grave, es decir, una tonalidad baja de acuerdo con el sexo y edad. Además, se caracteriza por presentar el tiempo máximo de fonación reducido, valores altos en índices de perturbación a corto plazo (tanto jitter como shimmer), reducción de la extensión fonatoria y dinámica, aumento en la relación ruido

armónico (NHR) y, por último, los formantes se encuentran sustituidos por ruidos, en mayor o menor relación (Behlau, Madazio, & Pontes, 2001).

3. Control Motor de la Voz

El aumento de investigaciones basadas en técnicas de neuroimagen funcional cerebral, han permitido establecer qué áreas cerebrales estarían en la base del control motor del habla construyendo una red mínima de regiones corticales que participan en este proceso. Esta metodología de estudio demuestra mayor activación de la corteza frontal bilateral medial y fronto lateral, corteza parietal, corteza temporal superior, el tálamo, ganglios basales y el cerebelo. En consecuencia, estas estructuras son asociadas a la planificación y ejecución de los movimientos vinculándose con el procesamiento acústico y fonológico de los sonidos del habla, principalmente el giro temporal superior (Tourville, 2013; Indefrey & Levelt, 2004; Turkeltaub, Eden, Jones & Zeffiro, 2002).

Adicionalmente, el control motor del habla está relacionado con vías neurológicas que funcionan como comandos de control en tiempo real que monitorean objetivos específicos para la producción del habla. Lo anterior, es debido a una constante interacción entre áreas motoras, somatosensoriales y auditivas. El sistema de control neuronal en tiempo real ha sido descrito cuantitativamente por un modelo numérico de redes neuronales de voz llamado “Directions Into Velocities of Articulators” o “DIVA” por sus siglas en inglés. De este modo, el surgimiento de este modelo se constituye un avance para la comprensión de diversos trastornos comunicativos, y por supuesto, proporciona un marco teórico para la investigación de la producción vocal y el control motor de la voz (Guenther , 2006).

3.1. Modelo DIVA

El modelo DIVA ha sido propuesto por Frank Guenther (1994) tras sus investigaciones que combinan modelos teóricos con experimentos comportamentales y de neuroimagen. Este modelo se construye particularmente por medio de fMRI y provee una medida cuantitativa de procesos neurales subyacentes al control motor del habla y los desórdenes en la comunicación. De esta forma, proporciona una explicación numérica y neuroanatómica sobre la red de regiones cerebrales involucradas en la producción del habla (Guenther, 1994; Guenther, 1995; Guenther, Ghosh & Tourville, 2006; Guenther, Hampson & Johnson, 1998).

Este esquema numérico consiste en controlar un tracto vocal simulado (Maeda, 1990), entrenado mediante el uso de redes computacionales partir del input de sonidos del habla. En tiempos variados se generan secuencias de posiciones articulatorias de acuerdo a los comandos de movimientos del tracto vocal simulado para producir el sonido deseado. Cada bloque corresponde a un set de neuronas que constituyen una representación neuronal.

En la descripción del modelo, según Guenther (1998) el término mapa es usado para referirse a un conjunto de neuronas representadas por cajas. El término “mapping” se refiere a la transformación desde una representación neuronal a otra. Dichas traslaciones son representadas por flechas (box and arrow) y se asume que se lleva a cabo por activación de neuronas filtradoras en un mapa a través de proyecciones sinápticas en otro mapa. Los movimientos aleatorios de la articulación del habla proveen señales de feedback táctil, propioceptivo y auditivo empleadas para aprender el mapeo entre las diferentes representaciones neuronales. La incorporación rápida de estas estrategias en etapas tempranas para producir sonidos es debido a la nueva información auditiva que recibe constantemente el cerebro (Guenther F., 1995).

El subsistema de control feedforward está constituido por proyecciones que van desde la corteza premotora hacia la corteza motora primaria, siendo complementada por fibras cerebelosas. Estas conexiones neurológicas se constituyen como “puntajes gestuales” y están fuertemente interconectadas. De forma paralela, el cerebelo recibe input de las áreas corticales premotoras (a través de los núcleos pontinos), así como también de las áreas auditivas y somatosensoriales que proporcionan información fundamental para seleccionar los comandos motores (Guenther, 2006).

En los primeros años de vida, los comandos feedforward se caracterizan por ser inexactos y por recibir monitorizaciones imprecisas del subsistema de feedback. Sin embargo, a medida que se realizan repetitivos intentos de producción de sonidos en la interacción con el lenguaje cotidiano, estos subsistemas se van afianzando, disminuyendo los errores auditivos hasta que el sistema feedforward es capaz de producir objetivos acústicos sin equivocaciones auditivas (Guenther, 2006). De este modo, el comando feedforward por sí mismo es suficiente para producir el sonido en condiciones normales, generando mínimos errores en la producción de un sonido y por lo tanto, no requiere constantemente de la retroalimentación auditiva. Paralelamente, el subsistema de control de feedback auditivo se encarga de entregar retroalimentación auditiva que señala las diferencias entre el objetivo auditivo de un hablante y la señal auditiva, mientras que el subsistema de control somatosensorial entrega información táctil y propioceptiva sobre el tracto vocal del hablante (Ghosh, 2004).

El modelo DIVA otorga un importante marco conceptual para comprender la influencia que tiene la retroalimentación auditiva y somatosensorial para lograr determinados objetivos acústicos. De acuerdo a lo señalado en algunos estudios (Buchsbaum, Hickok, & Humphries, 2001; Tourville, Guenther, Ghosh, Reilly, Bohland, & Nieto-Castanon, 2005) la directa perturbación del feedback - ya sea somatosensorial o auditivo - puede afectar el desempeño del subsistema de control feedforward. Cuando algunos de estos parámetros son alterados se ha observado que la voz sufre modificaciones (Guenther, 2006).

La voz, dentro de la producción del habla, se considera un acto motor que requiere de la participación coordinada de estructuras neurofisiológicas y anatómicas. Algunos de los sistemas implicados son el auditivo, respiratorio, fonatorio, articulatorio y resonancial, los cuales se encargan de activar y controlar los diferentes músculos involucrados en la articulación de los sonidos. Sin embargo, para que la interacción entre estas aéreas sea exitosa, se hacen necesarios elementos que se encarguen de la correcta regulación y control que monitoreen el proceso. En consecuencia, el modelo DIVA propone la existencia de dos sistemas encargados del control motor del acto de habla en tiempo real, lo cual es realizado por áreas temporales y parietales, denominadas *feedback sensorial* y *feedback auditivo* (Vide, 2006).

3.2. Feedback Sensorial

El feedback somatosensorial para la producción del habla, engloba toda la información mecanorreceptiva (propiocepción), termorreceptiva (tacto y temperatura), dolorosa, lumínica y química derivada de la periferia. Actualmente, el modelo DIVA postula un subsistema de control de retroalimentación somatosensorial que funciona en conjunto con el subsistema de control de retroalimentación auditiva. El mapa somatosensorial del modelo corresponde a la representación de la información táctil y propioceptiva de las estructuras que participan en la producción del habla, en áreas corticales somatosensoriales primarias y de orden superior en el giro postcentral y giro supramarginal (Guenther, 2006).

Se plantea la hipótesis de que el mapa somatosensorial del modelo reside tanto en el giro supramarginal, una región que ha estado implicada en el procesamiento fonológico para la percepción del habla y la producción de este (Guenther, 2006). Por consiguiente, las neuronas en este mapa se activan durante el habla. Si la respuesta táctil y propioceptiva del hablante desde el tracto vocal se desvía de la región objetivo somatosensorial para el sonido que se produce, la salida del mapa somatosensorial se propaga a la corteza motora (Guenther, 2006).

3.3. Feedback Auditivo

El feedback auditivo se describe como un mecanismo de procesamiento cortical, que durante la producción del habla se produce cuando el propio sujeto compara y confirma el mensaje producido, con el mensaje deseado (Howel y Ling, cit. en Antipova, Purdy, Blakeley & Williams, 2008). De esta manera, permite el monitoreo constante y la realización de las modificaciones vocales y del discurso necesarias para alcanzar un equilibrio entre el estado ideal con el estado real (Evans & Deliyski, 2007). Desde su base neurofisiológica participan el planum temporale, la circunvolución de Heschl y la parte posterior de la circunvolución temporal superior, a lo que debería añadirse el surco temporal (Vide, 2006).

4. **Métodos de Estudio del Feedback Auditivo**

La alteración del *Feedback* auditivo puede ser realizada de diferentes formas, usando técnicas de perturbación de Delay, Pitch/Schift, Forman Shift y Efecto Lombard (Gonçalo Leal, 2015). Estos serán explicados a continuación.

4.1. Delay

El método de alteración del feedback auditivo usando Delay, consiste en una perturbación en la cual se graba la voz del sujeto e inmediatamente, por medio de auriculares, se reproduce la voz de la persona, la que es detectada por este con un breve retraso de tiempo. Este desfase de tiempo en el que el individuo escucha su propia voz genera una alteración subjetiva de la misma, que aumenta con el retardo de la prolongación. Por ello, a mayor desfase, mayor es la perturbación que se percibe de la calidad de voz (Corey & Anand, 2008).

Un estudio realizado en el año 2004 por Groth y Birkmose, en personas normo oyentes y en usuarios con audífonos, demostró que la percepción de la perturbación usando Delay se acrecienta a medida que aumenta el retraso en que los sujetos oyen su propia voz, este retraso debe ser por más de 10 milisegundos debido a que en tiempos inferiores resulta difícil notar la perturbación (Groth & Birkmose, 2004). En la misma línea, Shipp, Sundberg y Doherty (1998) realizaron un estudio en donde utilizaron un desfase en la percepción de la voz para evaluar las modificaciones motoras que realizan los sujetos al realizar tareas de perturbación del feedback auditivo usando Delay. Esta investigación fue realizada en tres cantantes de sexo masculino con registro de barítono. Quienes fueron grabados mientras producían una vocal /a/ sostenida en un tono e intensidad cómoda usando vibrato. Inicialmente la vocal fue realizada sin retardo y luego se incluyó un retardo de 5 segundos. Lo cual indica, presuntivamente, que la perturbación de la retroalimentación auditiva interfiere con el mecanismo de sincronización de ésta, para regular los pulsos de los músculos laríngeos que cambian el tono para aumentar la velocidad del vibrato. Por último, se evidenció que manipular la perturbación del feedback auditivo usando Delay en el cantante, produjo ligeras, pero significativas, diferencias en tres de los cinco retrasos realizados. No obstante, no hubo diferencias en la velocidad de vibración, ni en el grado de vibrato, entre la prueba con retar y la realizada sin retraso (Shipp, Sundberg, & Doherty, 1998).

4.2. Pitch/Schift

La técnica pitch-shift, se caracteriza por ser no invasiva. Principalmente, consiste en aumentar o disminuir la frecuencia fundamental (F_0) de la voz (tono) de un sujeto en tiempo real. Estas variaciones se realizan modificando el pitch-shift, el cual se sitúa en el rango de los semitonos. Por lo tanto, es necesario declarar que esta técnica se puede ejecutar mediante el uso de un hardware “Modo de Modulación de Anchura de Pulso Rápido (PWM)” o de un software “Rutina de Servicio de Interrupción (ISR)” (Natke & Kalveram, 2001).

Diversos estudios han utilizado variaciones del pitch-shift como, por ejemplo, en producción de sílabas sin sentido (Natke & Kalveram, 2001), glissandos (Burnett & Larson, 2002), en silbidos y vocalizaciones (Jeffery & Jones, 2002), han demostrado que el feedback

auditivo es el encargado de estabilizar la frecuencia fundamental, cuando se realizan variaciones en la voz. Lo anterior podría explicarse debido a que cuando el sujeto percibe su propia voz con el tono alterado, su cerebro responde frente a esta perturbación realizando cambios de forma inconsciente a nivel motor, es decir, realiza compensaciones musculares para lograr que su tono actual llegue a su tono usual (Behroozmand, Ibrahim, Korzyukov, Robin, & Larson, 2015).

En el marco de las investigaciones descritas anteriormente, las cuales usan perturbaciones de pitch-shift, se han observado dos tipos de respuestas frente a la alteración. En la primera de ellas, el sujeto compensa voz en contra del estímulo tratando de regular su tono de voz en relación al tono escuchado, de esta forma cuando la percepción de su propia voz se encuentra con un tono aumentado, el sujeto responde descendiendo la frecuencia fundamental de su voz. Por el contrario, si el sujeto percibe el tono de su voz descendido, este compensa aumentando la frecuencia fundamental (Hanjun Liu, 2007). El segundo tipo de respuestas obtenidas en este estudio se basa en el seguimiento del estímulo escuchado. De este modo, cuando un sujeto percibe su propia voz con un tono aumentado o disminuido, responde copiando el estímulo, por lo que al mostrarle una frecuencia fundamental con un tono más alto a la de su voz, este responde subiendo aún más su frecuencia fundamental, de igual forma al presentarle un tono más grave el sujeto tenderá a hacer que su voz sea más grave bajando un semi tono (Natke & Kalveram, 2001).

Entonces, la técnica pitch-shift, resulta un método útil para manipular el feedback auditivo en tiempo real, tornándose un medio para investigar de forma directa la relación existente entre el feedback auditivo y el control de la frecuencia fundamental durante la emisión. Con la realización de estas investigaciones se ha logrado demostrar que existiría una estrecha relación entre el feedback auditivo y la frecuencia fundamental. Estableciendo de manera fehaciente que el feedback auditivo es quien parece ayudar en la estabilización de la frecuencia fundamental de la voz, cuando ésta ha sido expuesta a variaciones tonales (Mahalakshmi Sivasankar, 2006).

4.3. Efecto Lombard

En lugares con altos niveles de ruido, se requiere más esfuerzo para aumentar la relación señal-ruido (SNR) y, por lo tanto, se aumenta la intensidad de la voz (Raitio, Suni, Vainio, & Alku, 2014). Ese efecto automático se conoce como efecto Lombard y consiste en elevar de manera inconsciente el nivel de la voz cuando se está en entornos ruidosos. Y, de esta manera, poder tener una retroalimentación de lo que se está diciendo y no comprometer la comunicación (Hernández & Gil, 2014).

Un estudio en Estados Unidos realizado por Grillo, Elizabeth; Verdolini, Katherine; Lee, Timothy en el año 2010, que incluyó la participación de 18 mujeres vocalmente capacitadas, mostrando que, dependiendo del patrón vocal utilizado, este se puede ver afectado por la falta de retroalimentación auditiva. Metodológicamente, las participantes debían producir distintos tipos de patrones vocales soplado, normal y con tensión, realizando la combinación consonante vocal “pi”, en 7 frecuencias distintas, midiendo el nivel de resistencia laríngea en condiciones normales, y bajo enmascaramiento auditivo. Los resultados del estudio evidenciaron que, por un lado, en los patrones de voz soplada y normal, las variaciones de la resistencia laríngea no fueron tan significativas, lo que se puede explicar por el modo de vibración y contacto de los pliegues vocales utilizado en estos casos, en donde la cantidad de presión subglótica y la resistencia puesta por los pliegues es más suave. Por otro lado, el patrón de voz presionado tuvo mayor variación bajo la influencia de retroalimentación auditiva porque era menos estable que los patrones de voz normal y soplado. Esto puede relacionarse con el hecho de que las personas con disfonía tensional se vean más afectados en situaciones de ruido externo (Grillo, Verdolini, & Lee, 2010).

Otro estudio realizado en Brasil por Ribeiro, Pedrosa y Behlau, en el año 2012, analizó el comportamiento vocal en reporteros y personas sin entrenamiento auditivo, ni vocal que se encontraban dentro del mismo lugar de trabajo. Todos los sujetos fueron sometidos a pruebas en las cuales debían hablar bajo un enmascaramiento de 50 dB y de 90 dB. En ambos casos, se

observó que, reporteros y no reporteros, registraron cambios en la voz caracterizados por un aumento de la intensidad, tono, tensión y precisión articulatoria. Aquello, tuvo un mayor desplazamiento de los resultados en el grupo de periodistas. No obstante, el profesional de la voz puede reducir al mínimo las consecuencias negativas provocadas por el Efecto Lombard, realizando modificaciones menores en los parámetros de ruido manteniendo una estabilidad de la emisión cuando se expone a la situación de ruido (Ribeiro, Pedrosa, & Behlau, 2012).

Una tercera investigación realizada por Stowe y Golob, en el año 2013, en adultos sanos, midió la intensidad, duración y frecuencia fundamental en el habla con enmascaramiento de distintas frecuencias (broadband, notched y bandpass) en 75dB y 90dB. En ambos casos, se obtuvo como resultado que todos los parámetros a evaluar aumentaron considerablemente en broadband y bandpass, pero este último en menor medida, en relación al notched, este tuvo una variación mínima frente al enmascaramiento. Estos datos apoyan la idea de que el Efecto Lombard es una respuesta selectiva que depende de las propiedades espectrales del ruido ambiental. Además, se obtuvo que los incrementos de intensidad y duración se encontraban fuertemente correlacionados, y que los aumentos en todos los parámetros suprasegmentales medios de la voz fueron estables a través de distintos tipos de ruidos y el paso del tiempo. De esta forma, la monitorización de la expresión en relación con la competencia de ruidos ambientales es selectivo para frecuencias similares a las del habla entre 0,5 y 4 kHz, las que son cruciales para el auto monitoreo (Stowe & Golob, 2013).

Sumado a lo anterior, un estudio realizado en Francia por Garnier y Henrich en el año 2014 observó que los hablantes modifican su discurso en presencia de ruido, de tal manera que los contrastes acústicos se realzan, lo que mejoraría la audibilidad del habla. En esta investigación se contó con la participación de 10 franceses de entre 20 y 28 años que estuvieron bajo condiciones ruidosas con diferentes características espectrales: un ruido de banda ancha y un ruido de cocktail-party a 86 dB SPL. El estudio logró observar un mayor incremento de la intensidad y duración en el ruido de banda ancha, en comparación con el ruido cocktail-party, aunque este último, indujo un mayor enmascaramiento energético en el habla. Independientemente del tipo de ruido, se encontró además que la intensidad y la duración de la

voz aumentan en mayor medida en las vocales que en las consonantes (Garnier & Henrich, 2014). De esta manera, este estudio apoya la idea de que los hablantes adaptan su nivel de esfuerzo vocal a la percepción del ruido de fondo y es mayor en ruido de banda ancha que en ruidos de baja frecuencia, como el ruido cocktail-party.

Es por esto que la estrategia principal para hacer frente al ruido parece consistir en aumentar la intensidad vocal a un nivel que preserva una relación señal ruido positiva (en dB SPL). Esta principal acción de aumentar el esfuerzo vocal puede dar cuenta de la elevada F_0 , F_1 y centro de gravedad que se observan en el discurso en ruido, ya que estas modificaciones acompañan comúnmente el aumento de la intensidad vocal cuando se recibe una retroalimentación atenuada de la voz (Garnier & Henrich, 2014).

Un estudio realizado por Bottalico, Graetzar y Hunter, en el año 2016, evaluó el efecto Lombard y la relación entre el nivel de presión acústica (SPL) y la retroalimentación auditiva externa para los cantantes profesionales y no profesionales considerando el efecto del entrenamiento y el feedback auditivo sobre aspectos de la voz cantada y la calidad de esta. Idealmente, un cantante es independiente de la retroalimentación auditiva externa, pero esta independencia va en contra del efecto Lombard. En los resultados fue posible evidenciar que el SPL era 4 dB más alto para los cantantes profesionales que para los cantantes no profesionales, el efecto Lombard fue más fuerte para los cantantes no profesionales que para los cantantes profesionales. Los niveles más altos de retroalimentación auditiva externa se asociaron con una reducción de SPL y este efecto fue más fuerte en cantantes no profesionales que en profesionales. Así también, la media SPR fue mayor para los cantantes profesionales que los cantantes no profesionales. Se detectó una mejor calidad de la voz en presencia de mayores niveles de retroalimentación auditiva externa. Por lo anterior, es posible predecir que, con un aumento en la formación del cantante, como en el caso de cantantes profesionales, disminuiría la confianza en la retroalimentación externa por parte del cantante (Bottalico, Graetzar, & Hunter, 2016).

Todas las investigaciones vistas (Grillo, Verdolini, & Lee, 2010; Ribeiro, Pedrosa, & Behlau, 2012; Stowe & Golob, 2013; Garnier & Henrich, 2014 y Bottalico, Graetzar, & Hunter, 2016), proponen que las personas al verse enfrentadas a situaciones de ruido en contextos de habla aumentan la intensidad de su voz para poder regular lo que están diciendo. Por ello, todos los sujetos generaron modificaciones y adaptaciones en los patrones musculares encargados de la producción vocal, pudiendo provocar una disfonía de tipo funcional. Sin embargo, no hay estudios realizados en personas con nódulos vocales que evidencien cómo reaccionan frente a alteraciones del feedback auditivo como, por ejemplo, el habla en ruido. Por ello, en la presente investigación, se utilizará este último método de perturbación de feedback auditivo basado en la premisa de que hablar bajo una situación de ruido genera distintas modificaciones en el patrón vocal que pudiesen contribuir al desarrollo de trastornos de la voz, vinculados con la generación de nódulos vocales (Cínilo, 2004 cit. en Ribeiro, Pedrosa, & Behlau, 2012).

V. METODOLOGIA

1. Planteamiento del Problema

1.1. Pregunta de investigación

En estudios previos se han obtenido datos preliminares que sugerirían que las personas con disfonía responderían de forma distinta a las personas normales ante alteraciones del feedback auditivo. Sin embargo, se requiere una mayor cantidad de estudios que describan la respuesta de personas con disfonía expuestas a perturbaciones del feedback auditivo, específicamente en personas con nódulos vocales. A raíz de lo anterior se desprende la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible observar diferencias en los parámetros acústicos entre los estudiantes universitarios con nódulos vocales y estudiantes universitarios con voces sanas, tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo?

1.2. Objetivo de Estudio

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se propuso un estudio comparativo, en donde se estableció si existían diferencias entre las respuestas a alteraciones de feedback auditivo en estudiantes universitarios y estudiantes universitarios con nódulos vocales. Las variaciones se evaluaron a través de mediciones acústicas.

1.3. Justificación

Se propuso realizar este estudio, debido a que existe poca evidencia científica acerca del comportamiento de las personas con disfonía, específicamente con aquellos que presentan nódulos vocales, bajo tareas de perturbación del feedback auditivo. Se considero importante este estudio, dado que uno de los factores de riesgo asociados clásicamente a la generación de disfonía, es el hablar por sobre el ruido ambiente lo cual generaría mayor esfuerzo sobre los pliegues vocales aportando a la aparición de patológicas vocales. Sin embargo, no se ha estudiado si las personas con disfonía responden de forma distinta a las personas sin patología.

De esa forma, contar con evidencia que demuestre diferencias entre las respuestas de personas con disfonía por nódulos vocales y personas con voces sanas ante la perturbación del feedback auditivo podría dar pie a futuras investigaciones que profundicen en esta temática y así contribuir a la generación de campañas de salud ocupacional apuntadas a disminuir el ruido en lugares de trabajo.

Del mismo modo, tener mayor comprensión de como los aspectos auditivos influyen en el patrón vibratorio de los pliegues vocales podría aportar una nueva perspectiva al estudio de la génesis de los trastornos vocales funcionales, área que aún se encuentra en desarrollo.

1.4. Viabilidad

Esta investigación contó con elementos que facilitaron la realización del proceso. Una de ellas correspondió a las muestras, que en este estudio contó con un grupo fijo y amplio de sujetos, que pudieron participar en la investigación, constituido por alumnos de las carreras de teatro, pedagogía en historia y música de la Universidad de Valparaíso, que poseían un diagnóstico de nódulos y que fueron participes de estudios similares en la Universidad Técnico Federico Santa María. Esto fue fundamental ya que no se realizó una primera etapa de diagnóstico a tantos alumnos lo que implicó un menor gasto en recursos económicos y

materiales. Resulta necesario mencionar, que se seleccionó esta población debido a la alta incidencia de nódulos vocales en estos futuros profesionales de la voz.

Por otro lado, para la obtención de los registros de los participantes se utilizó las dependencias de la Universidad Técnica Federico Santa María, ya que esta contaba con la implementación necesaria para realizar las evaluaciones de screening auditivo y más importante las pruebas de perturbación de feedback auditivo que fue la base de esta investigación. Lo anterior fue posible debido al vínculo laboral que poseía el investigador principal Christian Castro con esta casa de estudios.

En relación con la toma de muestras, esta fue realizada por los cinco estudiantes de fonoaudiología a cargo de esta tesis más el profesor guía, quienes contaron con las habilidades y requerimientos técnicos necesarios para la aplicación de las pruebas. Por último, es relevante destacar que esta investigación no necesitó de un gran equipamiento técnico, ni mayor demanda de recursos económicos, materiales o recursos humanos, ya que sólo se utilizó los implementos ocupados para realizar pruebas auditivas las que fueron proporcionados por la Universidad Santa María.

1.5. Deficiencia en el conocimiento del problema

Varios estudios se han centrado en la alteración del feedback auditivo para el estudio del control motor de la voz. Una de las técnicas más usadas es el “Pitch Shift” y con “Ruido de alta intensidad”. Sin embargo, en la actualidad no se ha encontrado evidencia que sustente la posible relación entre fenómenos de control motor de la voz con la generación disfonías provocadas por hiperfunción vocal, tales como los nódulos vocales.

Cristina Ribeiro Paiva, Vanessa Pedrosa Vieira y Mara Behlau (2012), en la investigación titulada “Análise das modificações vocais de repórteres na situação de ruído” se

basó en el análisis del comportamiento vocal en un total de 46 personas con audición normal, 23 de estos reporteros y 23 sin entrenamiento vocal. Los participantes debían leer en voz alta un fragmento dado en tres situaciones de escucha, sin ruido enmascarante, con ruido enmascarante de 50 dB y con un ruido de 90 dB. Tras el análisis de las muestras se concluyó que, en ambos casos, reporteros y no reportero, registraron cambios en la voz caracterizados por un aumento de la intensidad, tono, tensión y precisión articulatoria, aquello tuvo un mayor desplazamiento de los resultados en el grupo de periodistas, estos demostraron conseguir inhibir parcialmente el impacto negativo de las situaciones de ruido, lo cual se encontraría relacionado a una posible estabilidad de la emisión cuando son expuestos a situación de ruido (Ribeiro, Pedrosa, & Behlau, 2012).

Maëva Garnier, y Nathalie Henrich (2014), en la investigación titulada “Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise?”, se basó en el estudio en 10 sujetos franceses sometidos a diversas condiciones de ruido con diferentes características espectrales, ruido de banda ancha y ruido de cocktail-party a 86 dB SPL. Los resultados evidenciaron que los hablantes modifican su discurso en presencia de ruido, de tal manera que los contrastes acústicos se realzan, mejorando la audibilidad del habla. De esta manera, se observó un incremento mayor de la intensidad y de la duración en ruido de banda ancha, en comparación al ruido cocktail-party, aunque este último, induce un mayor enmascaramiento energético en el habla (Garnier & Henrich, 2014).

Pasquale Bottalico, Simone Graetzer y Eric Hunter (2016), en la investigación titulada “*Effect of Training and Level of External Auditory Feedback on the Singing Voice: Volume and Quality*”, se basó en el estudio en la evaluación del efecto Lombard y la relación de este con el nivel de presión sonora y el feedback auditivo en un grupo de 10 cantantes profesionales y 10 no profesionales. Estos debieron cantar un extracto de “Star-Spangled Banner” acompañados de tres intensidades distintas de ruido (70, 80 y 90 dB). Tras este estudio se obtuvo que el efecto Lombard fue más fuerte para los cantantes profesionales que para los cantantes no profesionales

(Bottalico, Graetzer, & Hunter, 2016). De lo cual se desprende que el efecto Lombard podría estar modificado por la técnica vocal de los cantantes.

Cara Stepp, Rosemary Lester-Smith, Dafne Abur, Ayoub Daliri, J. Pieter Noordzij y Ashing Lupiani (2017), en la investigación titulada “*Evidence for Auditory-Motor Impairment in individuals With Hyperfunctional Voice Disorders*”, se basó en estudiar el control motor del habla en individuos con disfonías hiperfuncionales. El estudio contó con la participación de nueve sujetos con disfonía funcional y nueve con voces normales, los cuales debieron repetir una serie de vocales divididas en grupos, emitiendo 160 vocales en total. Las evaluaciones se realizaron en dos condiciones distintas la primera experimentando perturbaciones del feedback auditivo de forma gradual aumentando así la frecuencia fundamental (f_0) percibida por los individuos. La segunda tarea se realizó sin perturbación alguna del feedback auditivo. Los resultados de este estudio indican que algunos de los individuos diagnosticados con disfonías funcionales, por hiperfunción, cuentan con una disrupción en el sistema de control motor auditivo, lo que sugiere una alteración atípica de la función neurológica (Stepp, y otros, 2017). Este estudio se relaciona estrechamente con la presente investigación, puesto se confirma la evidencia entre alteraciones en el feedback auditivo e hiperfunción, fenómeno que está vinculado con la generación de nódulos vocales. Esto podría replantear la hipótesis actual que sólo se generan por un abuso y mal uso de la voz.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Establecer las posibles diferencias de los parámetros acústicos en estudiantes universitarios con voces normales y con disfonía por nódulos vocales tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo.

2.2. Objetivos Específicos

- Describir los parámetros acústicos (frecuencia fundamental, jitter, intensidad y shimmer) de la voz de estudiantes universitarios con voces normales antes, durante y después de la aplicación de tareas de alteración de feedback auditivo.
- Describir los parámetros acústicos (frecuencia fundamental, jitter, intensidad y shimmer) de la voz de estudiantes con nódulos vocales antes, durante y después de la aplicación de tareas de alteración de feedback auditivo.
- Comparar los parámetros acústicos (frecuencia fundamental, jitter, intensidad, shimmer) de estudiantes universitarios normales y con nódulos vocales antes, durante y después de la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo.

3. Hipótesis de investigación

3.1. Hipótesis de investigación

- Existe diferencia en al menos uno de los parámetros acústicos entre estudiantes universitarios con nódulos vocales y personas con voces sanas tras la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo.

3.2. Hipótesis H0 versus H1

- H0: No existen diferencias en al menos uno los parámetros acústicos entre estudiantes universitarios con nódulos vocales y estudiantes universitarios con voces sanas tras la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo.
- H1: Existe diferencia en todos los parámetros acústicos entre estudiantes universitarios con nódulos vocales y estudiantes universitarios con voces sanas tras la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo.

4. Enfoque: Cuantitativo

Según lo propuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2010), el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Debido a lo anterior, el presente estudio se enmarcó dentro del enfoque cuantitativo. Esta investigación busco cuantificar y efectuar una comparación estadística de los parámetros vocales entre estudiantes universitarios con y sin nódulos vocales tras la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo.

5. Alcance Correlacional

Según lo propuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2010) el diseño correlacional es aquel que asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. En esta investigación se buscó la variación de los parámetros acústicos en estudiantes universitarios con nódulos y con voces normales en respuesta a la perturbación del feedback auditivo, por lo que se midió las variables para cuantificar y analizar el grado de asociación.

6. Diseño: Cuasiexperimental

Según lo propuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2010) un diseño cuasi-experimental permite manipular, de manera intencional, una o más variables independientes para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes en grupos elegidos de forma intencional. En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos, ya que la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento.

En esta investigación se empleó tareas de perturbación de feedback auditivo, que fue la variable independiente del presente estudio, y se observó su efecto en los parámetros acústicos de la voz, los cuales fueron las variables dependientes. Todo lo anterior, se les realizó a los grupos seleccionados de forma no aleatoria ya que deben cumplir con los criterios de inclusión, donde el primer grupo perteneció a personas con nódulos y el segundo a personas sin nódulos.

7. Población

Estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cursaban carreras de teatro, pedagogía en historia y música en 4to y 5to año de formación, de edades entre 21 y 28 años. Cabe destacar que la población se eligió por conveniencia, puesto que dentro de estas carreras fue mayor la probabilidad de encontrar sujetos con nódulos vocales (debido al esfuerzo vocal) que cumplieron con los criterios de inclusión.

Luego del contacto formal mediante una carta a los directores de las carreras de música, teatro e historia de la Universidad de Valparaíso, se extendió a dichos alumnos una invitación para participar de forma gratuita a un screening vocal y auditivo, el cual fue realizado por los investigadores en un stand en las respectivas sedes. Según los resultados que se obtuvieron de

aquellos alumnos que presentaron características compatibles con los criterios de inclusión del estudio fueron invitados a participar a la siguiente etapa de la investigación.

8. Muestra

8.1. Muestra 1: Grupo con Nódulos

Estudiantes de la Universidad de Valparaíso que estudian carreras de teatro, pedagogía en historia y música, que cursen 4to o 5to año que presentaron nódulos vocales y que cumplieron los criterios de inclusión.

8.1.1. Tipo de Muestreo: No Probabilístico de tipo homogéneo

Según lo propuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2010) el muestreo no probabilístico es aquel que selecciona individuos o casos “típicos” según los criterios establecidos por los investigadores, sin utilizar cálculos probabilísticos. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación. En las muestras no probabilísticas de tipo homogéneas las unidades a seleccionar poseen un mismo perfil o características, o bien, comparten rasgos similares. Su propósito es centrarse en el tema a investigar o resaltar situaciones, procesos o episodios en un grupo social.

Este estudio empleó un muestreo no probabilístico homogéneo ya que los grupos que se estudiaron presentaron características relacionadas con la investigación, debido que, para seleccionar a los sujetos se tomaron en cuenta que poseían un diagnóstico previo de nódulos vocales además de otros criterios de inclusión que no dependieron de la probabilidad.

8.1.2. Tamaño de la Muestra

6 estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

8.1.3. Criterios de Inclusión y Exclusión

- Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión establecidos para los alumnos que conformaron la muestra son los siguientes:

- Alumnos que presentaron normoacusia.
- Alumnos que asistieron a todas las mediciones del experimento.
- Alumnos que presentaron nódulos vocales.
- Alumnos que no refirieron haber presentado patologías neurológicas.

- Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión establecidos para los alumnos que conformaron la muestra son los siguientes:

- Alumnos que presentaron hipoacusia.
- Alumnos que presentaron otras alteraciones vocales además de nódulos.
- Alumnos que no asistieron a todas las mediciones del experimento.
- Alumnos que refirieron haber presentado patologías neurológicas.

8.2. Muestra 2: Grupo Sin Nódulos

6 estudiantes de la Universidad de Valparaíso que estudian carreras de teatro, pedagogía o música que cursen 4to y 5to año que no presentaron patología vocal y que cumplieron con los criterios de inclusión.

8.2.1. Tipo de Muestreo: No probabilístico de tipo homogéneo

Según lo propuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2010) el muestreo no probabilístico es aquel que selecciona individuos o casos “típicos” según los criterios establecidos por los investigadores, sin utilizar cálculos probabilísticos. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación. En las muestras no probabilísticas de tipo homogéneas las unidades a seleccionar poseen un mismo perfil o características, o bien, comparten rasgos similares. Su propósito es centrarse en el tema a investigar o resaltar situaciones, procesos o episodios en un grupo social.

Este estudio empleó un muestreo no probabilístico homogéneo ya que los grupos que se estudiaron presentaron características relacionadas con la investigación debido que, para seleccionar a los sujetos se tomaron en cuenta que presentaban voces no patológicas, además de otros criterios de inclusión que no dependieron de la probabilidad.

8.2.2. Tamaño de la Muestra

6 estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de Inclusión y Exclusión

- **Criterios de inclusión**

Los criterios de inclusión establecidos para los alumnos que conformaron la muestra son los siguientes:

- Alumnos que presentaron normoacusia.
- Alumnos que asistieron a todas las mediciones del experimento.
- Alumnos que no presentan alteraciones vocales.
- Alumnos que no refirieron haber presentado patologías neurológicas.

- **Criterios de exclusión**

Los criterios de exclusión establecidos para los alumnos que conformaron la muestra son los siguientes:

- Alumnos que presentaron hipoacusia.
- Alumnos que no asistieron a todas las mediciones del experimento.
- Alumnos que presenten alteraciones vocales.
- Alumnos que refirieron haber presentado patologías neurológicas.

9. Variables

Dimensión: parámetros fonético-acústicos		
Indicador	Definición	Operacionalización.
Frecuencia fundamental (F0)	Número de vibraciones de las cuerdas vocales por segundo y se mide en ciclos/segundo o Hz. (Jackson-Menaldi, 2002).	<p><u>Hombres:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia normal entre 110 Hz y 141 Hz. - Frecuencia anormal valores debajo de 110 Hz y sobre 141 Hz. <p><u>Mujeres:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia normal entre 210 Hz y 256 Hz. - Frecuencia anormal valores debajo de 210 Hz o sobre 256 Hz.
Perturbación de la frecuencia (Jitter)	Variabilidad de la frecuencia fundamental de la voz ciclo a ciclo y se mide en microsegundos. (González & cols., 2002).	<p>Se considera:</p> <p><u>Normal:</u> valores entre 0% y 1,04%</p> <p><u>Anormal:</u> valores debajo de 0% o sobre 1,04%</p>
Intensidad	Correlación física del fenómeno perceptual de la sonoridad vocal. Refleja la amplitud con la que se	<p>Según Infante (2005) se considera:</p> <p><u>Normal:</u> valores entre 55 dB y 65 dB.</p>

	produce el tono y se expresa en decibelios (Elhendi, 2005).	<u>Anormal:</u> valores debajo de 55 dB o sobre 65 dB.
Perturbación de la intensidad (<i>Shimmer</i>)	Medición de la variabilidad de la amplitud de la onda sonora entre períodos consecutivos y se expresa en dB (González & cols., 2002).	Se considera: <u>Normal:</u> valores iguales o inferiores a 3,81%. <u>Anormal:</u> valores sobre 3,81%.

10. Instrumento

- **Anamnesis de Audio:** Se basó en la recolección de datos mediante preguntas específicas, la anamnesis de audiología creada por internos de fonoaudiología en el año 2011 de la Universidad de Valparaíso Casa Central buscó recabar información auditiva preliminar que pudiese evidenciar un posible riesgo auditivo, esta además contempló la exploración de la membrana timpánica a través de un otoscopio, lo cual permitió profundizar en la evaluación. La duración en formato screening no sobrepasó los 10 minutos.
- **Anamnesis de Voz:** Creada por internas de fonoaudiología en el año 2011, buscó recabar información específica del uso vocal considerando aspectos de postura, tonicidad muscular, respiración y emisión; realizando una evaluación subjetiva mediante la realización de preguntas al paciente y por otro lado una evaluación objetiva a través del análisis fonético acústico entregado por el programa PRAAT. La duración en formato screening no sobrepasó los 15 minutos.
- **Praat:** Es un software de análisis de datos (señales de habla) de amplios propósitos, que permitió 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. Es un programa de libre distribución, de código abierto, multiplataforma y, además, gratuito. El tiempo de aplicación dependió de la duración en la que el especialista lo requiera, aproximadamente 20 segundos.

- **Audiometría:** Prueba que evaluó el funcionamiento del sistema auditivo, que permitió determinar la capacidad de una persona para escuchar los sonidos y la fase del proceso de audición que esta alterada. Al comienzo de la audiometría se le realizaron preguntas generales en cuanto su estado de salud y sobre situaciones en donde existió dificultad para escuchar. Tras realizar estas consultas se le pidió al paciente que ingresara a una cabina en donde se le colocaron audífonos en una posición adecuada y se le comenzó a emitir diferentes sonidos con intensidad y tonos distintos. Se realizaron dos emisiones: una con la capacidad de detectar los sonidos a través del aire (vía aérea) y la otra, a través de los huesos de la cabeza (vía ósea). Al término de la prueba, aproximadamente a los 20 minutos, se obtuvieron inmediatamente los resultados.
- **Nasolaringoscopia:** Procedimiento realizado por un ORL en ocasiones acompañado de un fonoaudiólogo, se realizó con un endoscopio, que se introdujo a través de las fosas nasales. Su finalidad primordial fue obtener una imagen real y dinámica de las diferentes estructuras anatómicas. Su aplicación fue sencilla, de corta duración y requirió de la aplicación de anestesia local superficial, específicamente lidocaína al 5% en spray la cual tuvo un tiempo de duración de 5 a 10 minutos aprox. Eventualmente se podrían haber presentado síntomas adversos, principalmente mareo, náuseas, vértigo, sensación de adormecimiento y tinnitus, los cuales se percibieron solo con el empleo de dosis más altas de las que se suministraron en este estudio. En caso de haberse presentado contraindicaciones se contó con medico ORL con más de 20 años de experiencia capacitado para manejar estas situaciones.

11. Técnicas de Obtención de la Información y análisis de variables

- **Praat:** 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.
- **Cubase:** Aplicación informática para editar audio digital, MIDI y un secuenciador de música.
- **Audacity:** Editor de audio gratuito, puede grabar audio en directo a través de un micrófono o un mezclador.
- **Matlab:** Sistema interactivo cuyo elemento básico de datos es una matriz que no requiere dimensionamiento, incluye herramientas de cálculo científico y técnico visualización gráfica, así como un lenguaje de programación de alto nivel.
- **Sigma Stat:** Programa de análisis estadístico.

12. Procedimiento

Se colocó un stand en cada una de las facultades de las siguientes carreras: teatro, pedagogía en música y en historia. Estos lugares contaron con: un computador que tenía el programa PRAAT, un micrófono y un otoscopio. De esta manera, se logró realizar un screening a aquellos estudiantes interesados, permitiendo capturar a los posibles candidatos que tenían nódulos. Luego que los posibles candidatos accedieran a participar de la investigación se les hizo entrega de un consentimiento informado el cual explicaba todo el procedimiento y cuál iba a ser específicamente su participación dentro del estudio (véase anexo 1). En la segunda etapa, los candidatos se sometieron a un examen de nasolaringoscopia, para la confirmar el diagnóstico de nódulos y se les realizó una otoscopia y una audiometría para verificar que sus umbrales audiométricos se encontraran dentro de los valores normales. La tercera etapa, consistió en la aplicación de las pruebas de perturbación del feedback auditivo, donde se ubicó al sujeto en una

sala sonoamortiguada y se le pidió sentarse en una silla que estaba ubicada frente al monitor, se colocaron audífonos en ambos oídos por los cuales salió un estímulo auditivo. Después, se le solicitó repetir todo lo que viera en el monitor durante un tiempo determinado. En ella se mostraron 16 series de 5 vocales silabas con los fonemas oclusivos y la vocal /a/ de 5 segundos de duración y 5 segundos de descanso. Esto se repitió en 3 ocasiones, con un baseline, con ruido blanco y finalmente pruebas con paradigma de alteración de frecuencia en tiempo real (pitch shift). Para la primera prueba, la alteración del feedback auditivo inducido por ruido, se utilizó un audiómetro clínico por el cual se envió un ruido de tipo “speech noise” a 75 dB SPL. Para el segundo tipo de perturbación del feedback auditivo se utilizará el programa Cubase modificando el tono de la persona en tiempo real. Durante la realización de la tarea, se grabó la voz de la persona antes, durante, y posterior a la aplicación de la prueba, con el fin de medir los diferentes parámetros acústicos de la voz.

Las señales acústicas se grabaron con un micrófono condensador a través del software Audacity que posteriormente fueron extraídas en el programa PRAAT para su posterior procesamiento. Una vez obtenido los datos estos fueron analizados estadísticamente con el programa SigmaStat para ver diferencias significativas entre el antes, durante y después del grupo control y del grupo experimental en cada una de las tareas. Además, se observó si existen diferencias significativas entre estas muestras.

Para el análisis estadístico de los datos, se aplicaron descripciones mediante gráficos de barra y líneas. Para hacer las comparaciones se ocupó la prueba T – Student para muestras relacionadas, en el caso de que las variables a analizar fueron normales. En el caso contrario, cuando no fueron normales, se aplicaron pruebas no paramétricas, tal como la prueba de MANN- WHITNEY con una probabilidad de error del 5%. Con el fin de proteger la información de cada persona, los datos obtenidos solo fueron ocupados para esta investigación, luego de esta la información fue eliminada.

13. Materiales

- Materiales para la selección de la muestra
 - Computador
 - Micrófono
 - Otoscopio
 - Lápiz

- Materiales para la obtención de datos
 - Computador con sistema operativo Windows 7
 - Silla
 - Monitor
 - Fonos TDH39

VI. RESULTADOS

En el siguiente apartado se exponen los resultados del estudio. La muestra estuvo compuesta por 12 estudiantes universitarios que aceptaron la invitación voluntaria para participar del estudio y que cumplían con los criterios de inclusión mencionados anteriormente. Los participantes fueron divididos en dos grupos; el grupo control (N=6) sin patología vocal y grupo experimental (N=6) con nódulos vocales.

Los datos siguen el orden de los parámetros utilizados y descritos en el apartado de metodología. El análisis se enfoca en describir los cambios provocados por alteración auditiva del feedback auditivo utilizando ruido “Speech Noise” a 80 dB. Considerando tres condiciones: Pre (sin ruido), Lombard (con ruido) y Post (sin ruido posterior a 5 min de descanso). Cada condición consistió en 12 repeticiones de 5 sílabas oclusivas con el fonema /a/ dando un total de 60 vocales /a/ para cada condición.

Finalmente se comparan los resultados entre ambos grupos. Cabe destacar que el análisis estadístico se realizó mediante prueba T- Student considerando diferencias estadísticamente significativas con un valor p menor a 0,05 ($\alpha < 0,05$).

1. Resultados para Grupo Control:

A continuación, se describirán los resultados obtenidos de cada parámetro acústico de los registros del grupo control en las consistencias; Pre, Lombard y Post.

1.1. Variable Frecuencia Fundamental (F0) por sujeto Grupo Control:

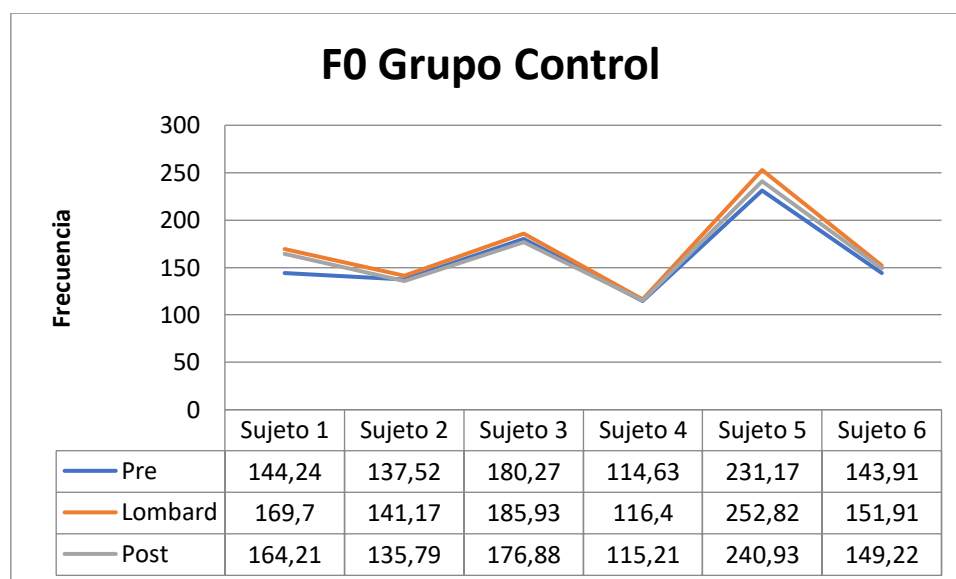


Figura 2. Valores de frecuencia fundamental (F0) de la voz para sujetos pertenecientes al grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 2 muestra las variaciones de frecuencia fundamental para sujetos del grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post. Se aprecia que un 100% del total de la muestra aumentó su frecuencia fundamental cuando se encontraron en condición Lombard (ruido). En 5 de los 6 sujetos, es decir, en un 83,33% de la muestra, se evidenció una disminución en la frecuencia fundamental en condición Post, volviendo a condiciones basales.

1.1.1. Variable Frecuencia Fundamental (F0) Promedio Grupo Control:

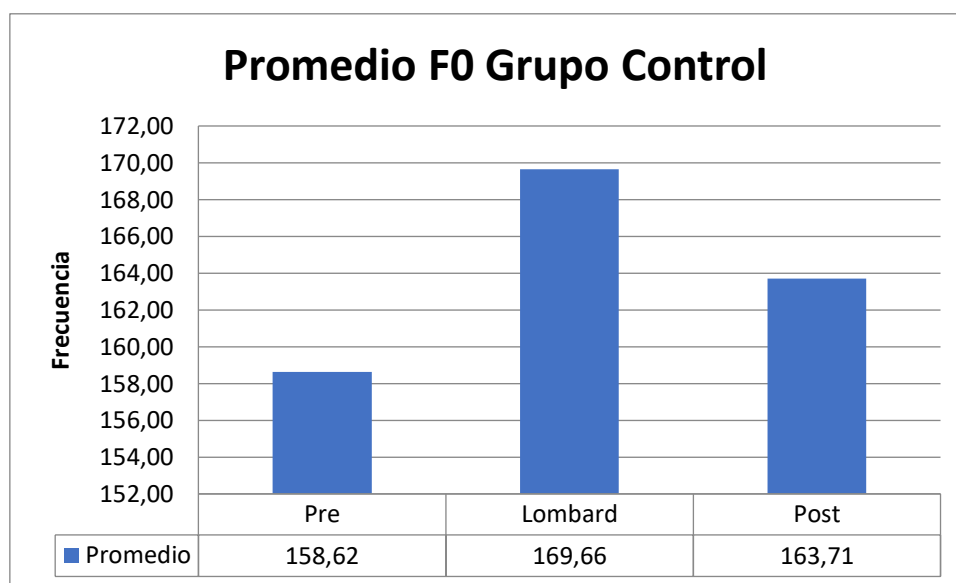


Figura 3. Valores promedio de la frecuencia fundamental para grupo control en condicione Pre, Lombard y Post.

La Figura 3 muestra los valores promedio del parámetro frecuencia fundamental para sujetos del grupo control en las tres condiciones experimentales. Se observa que en condición Pre se obtuvo 158,62 Hz, mientras que en Lombard el promedio fue de 169,65 Hz, por lo que la variación grupal fue de 11,03 Hz. Este valor fue estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,788)$. En la tercera medición, el promedio para el grupo fue de 163,70 Hz variando en 5,95 Hz entre la segunda y tercera evaluación. Este valor fue estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,4550)$.

1.2. Variable Intensidad Grupo Control:

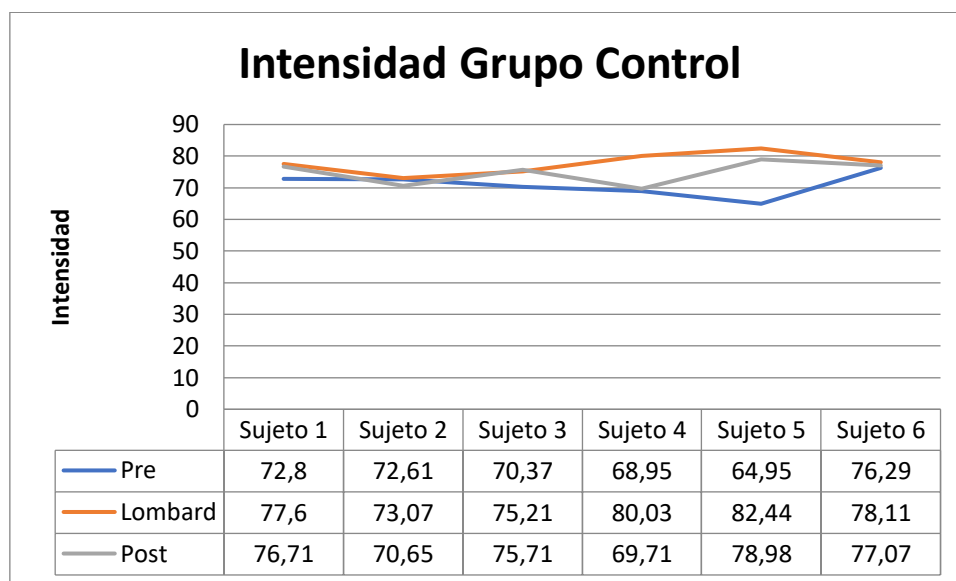


Figura 4. Valores de Intensidad de la voz (dB) para sujetos pertenecientes al grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post

La Figura 4 muestra las variaciones por sujeto de la variable intensidad (dB), Se aprecia que un 100 % del total de la muestra aumentó su intensidad entre la primera (pre) y segunda condición (Lombard). Entre la segunda y tercera condición, Lombard y Post, se observó que 5 de 6 sujetos; es decir, un 83,33% de la muestra, disminuyó la intensidad y un 16,66% la aumentó levemente.

1.2.1. Variable Intensidad Promedio Grupo Control:

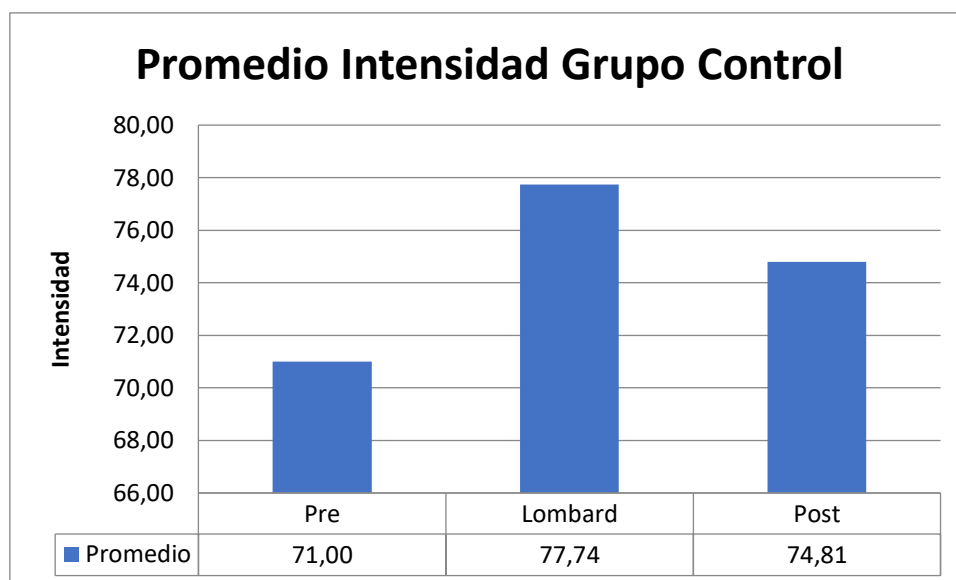


Figura 5. Valores promedio para la variable Intensidad de la voz (dB) para sujetos pertenecientes al grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post

En cuanto a la variación promedio del grupo, en la Figura 5 se observa que en Pre se obtuvo un valor promedio 70,99 dB, mientras que en Lombard el valor promedio fue de 77,74 dB, por lo que la variación grupal fue de 6,75 dB. Este valor fue estadísticamente significativo con un valor $p (=0,006)$. En condición post, el promedio para el grupo fue de 74,80 dB. Esto es, después de cesado el ruido los sujetos del grupo control descendieron la intensidad de su voz en 2,94 dB. Este valor es estadísticamente significativo con un valor $p (=0,0430)$.

1.3. Variable Jitter Grupo Control:

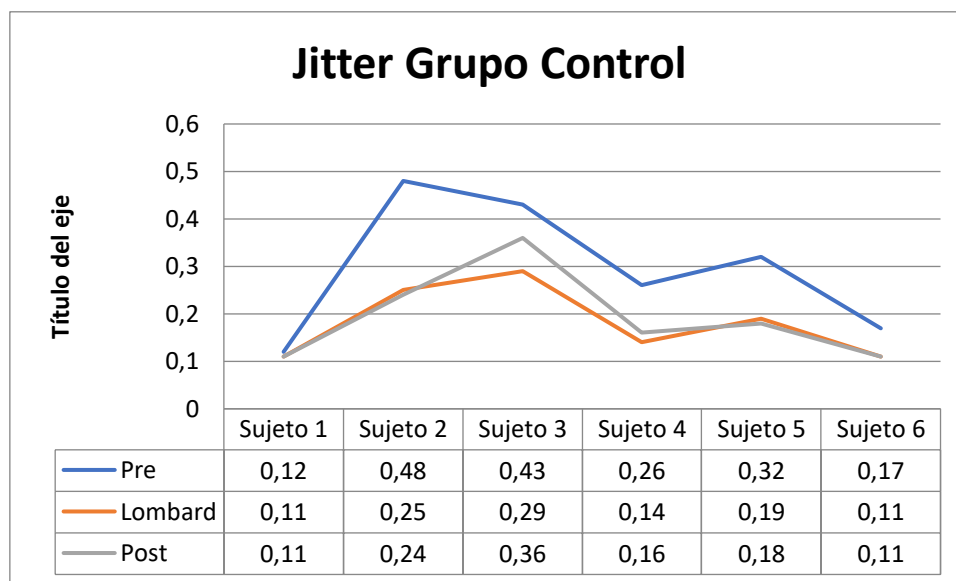


Figura 6. Valores de Jitter para sujetos pertenecientes al grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post

La Figura 6 muestra los valores por sujeto de la variable Jitter, obtenidas en los participantes del grupo control. En esta se aprecia que un 100 % del total de la muestra disminuyó los valores de Jitter en la condición Lombard comparado con la condición Pre. En cambio, para la condición Post se observó que 2 sujetos; es decir, un 33,33% de la muestra, aumentaron sus valores para Jitter. Un 33,33% del grupo presentó una disminución, mientras que en las 2 personas restantes (33,3%) no hubo variación en el parámetro en esta condición comparados con la condición Lombard.

1.3.1. Variable Jitter Comparecidos Grupo Control:

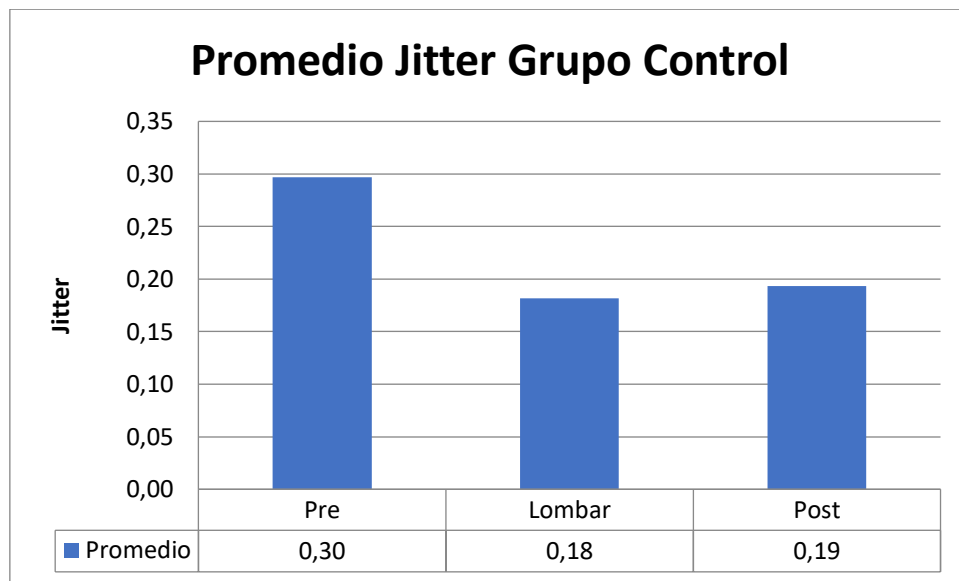


Figura 7. Valores promedio de variable Jitter para grupo control en condicione Pre, Lombard y Post.

En la Figura 7 se observa que los valores promedio del grupo en condición pre fue de 0,29%, mientras que en Lombard el promedio fue de 0,18%, por lo que la variación grupal fue de 0.11 %. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor p ($=0,9370$). En la condición Post, el promedio para el grupo fue de 0,22% variando en 0.04 Hz respecto a la condición Lombard. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor p ($=0,9946$).

1.4. Variable Shimmer Grupo Control:

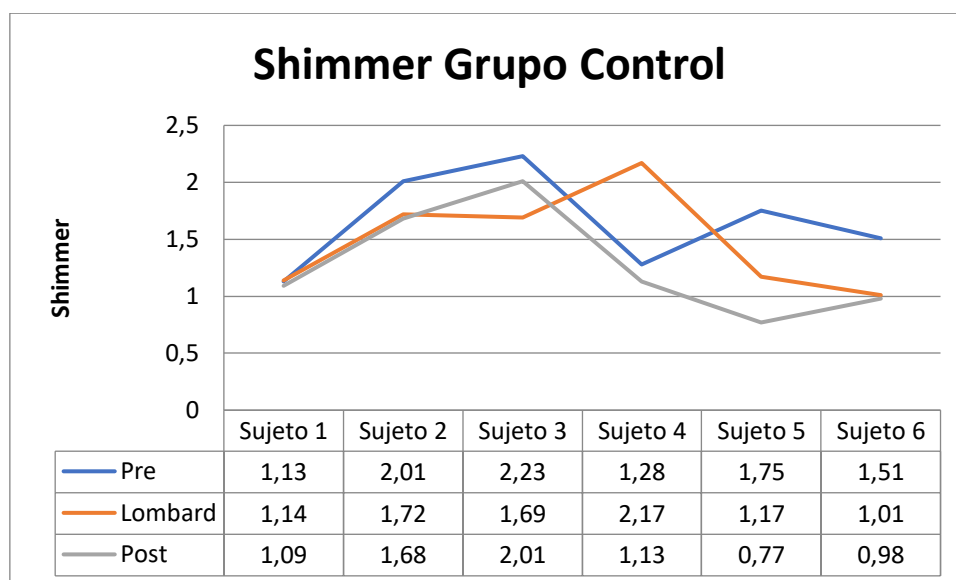


Figura 8. Valores de Shimmer para sujetos pertenecientes al grupo control en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 8 muestra las variaciones por sujeto de la variable Shimmer, para las condiciones Pre, Lombard y Post. Se aprecia que un 83,33 % del total de la muestra disminuyó sus Valores en la condición Lombard comparado con la condición Pre. Mientras que un 16,66% aumentó sus valores. En la condición Post, 4 de 6 sujetos; es decir, en un 66,66% de la muestra, disminuyeron sus valores para Shimmer en comparación con la condición Lombard, mientras que el 33,33% restante aumentó levemente sus valores.

1.4.1. Variable Shimmer Promedio Grupo Control:

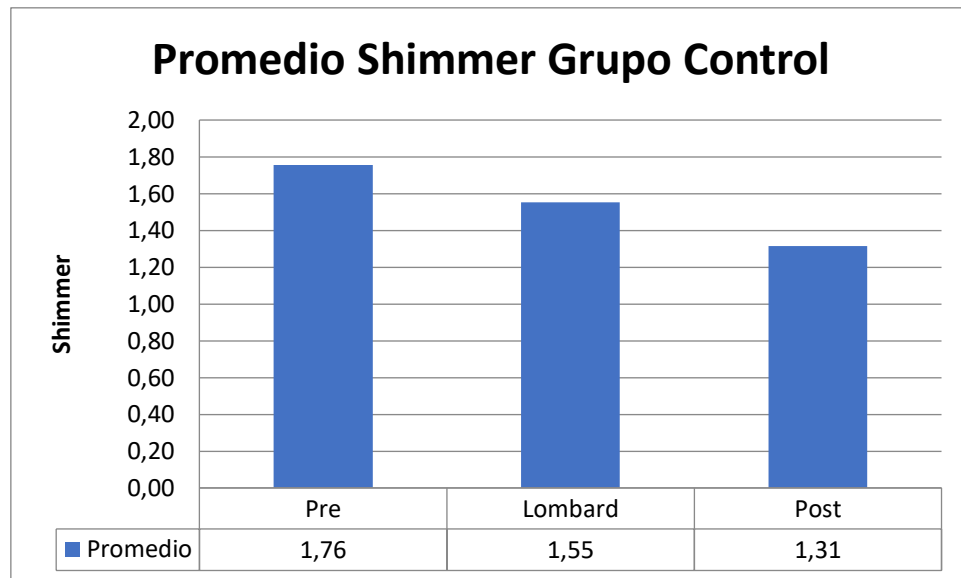


Figura 8. Valores promedio de variable Shimmer para grupo control en condicione Pre, Lombard y Post.

En cuanto a la variación promedio del grupo en condición pre se obtuvo un valor promedio de 1,75%, mientras que en Lombard el promedio fue de 1,55% por lo que la variación grupal fue de 0.2 dB. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=1,13)$. En la condición Post, el promedio para el grupo fue de 1,31% variando en 0.23 dB comparado con la condición Lombard. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,998)$.

2. Resultados para Grupo Experimental:

El presente grupo estuvo constituido por 6 estudiantes universitarios con nódulos vocales, los cuales fueron evaluados en condiciones Pre, Lombard y Post a través de la repetición de sílabas oclusivas con la vocal /a/. A continuación, se describirán los resultados obtenidos de acuerdo con cada parámetro acústico evaluado.

2.1 Variable Frecuencia fundamental Grupo Experimental (F0):

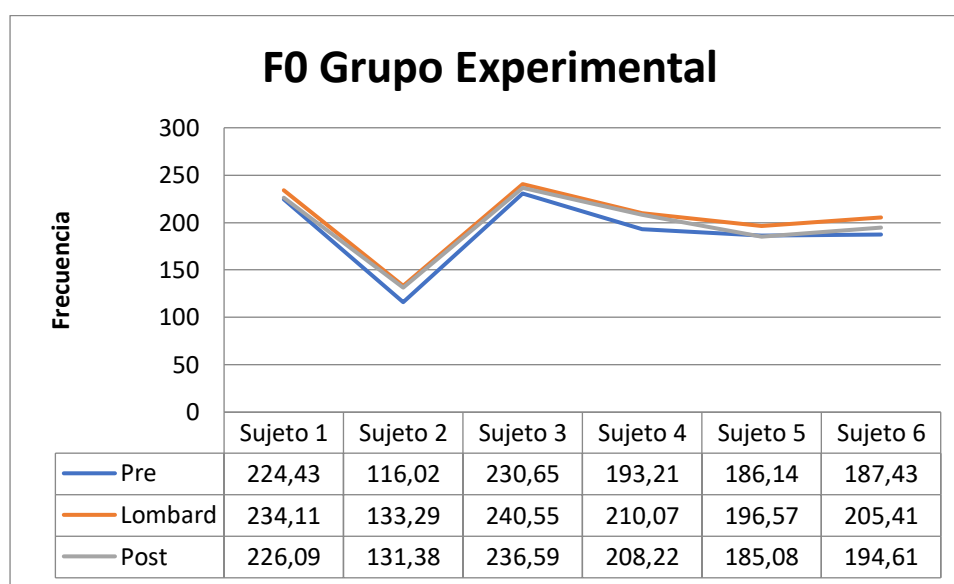


Figura 9. Valores de frecuencia fundamental para sujetos pertenecientes al grupo Experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 9 muestra las variaciones por sujeto de la variable de frecuencia fundamental para las condiciones Pre, Lombard y Post. En esta se aprecia que un 100% de la muestra aumentó su frecuencia fundamental en la condición Lombard y disminuyeron sus valores en la condición Post.

2.1.1 Variable Frecuencia fundamental Promedio Grupo Experimental (F0):

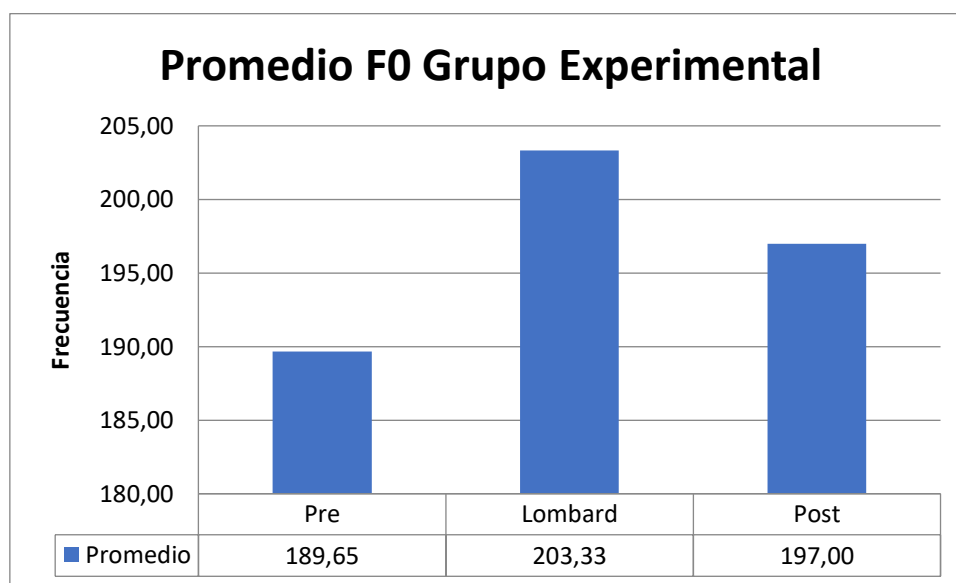


Figura 10. Valores promedio de variable Frecuencia Fundamental para grupo experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

En cuanto a los valores promedio para frecuencia fundamental (F0) del grupo experimental en la Figura 10 se observa que en la condición Pre se obtuvo un promedio de 189,64 Hz, mientras que en condición Lombard el promedio fue de 203,33 Hz, por lo que la variación grupal entre estas condiciones fue de 13,69 Hz. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,6400)$. En condición Post, el valor promedio para el grupo fue de 196,99 Hz, variando en 6,34 Hz en comparación con la condición Lombard. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,560)$.

2.2 Variable intensidad Grupo Experimental:

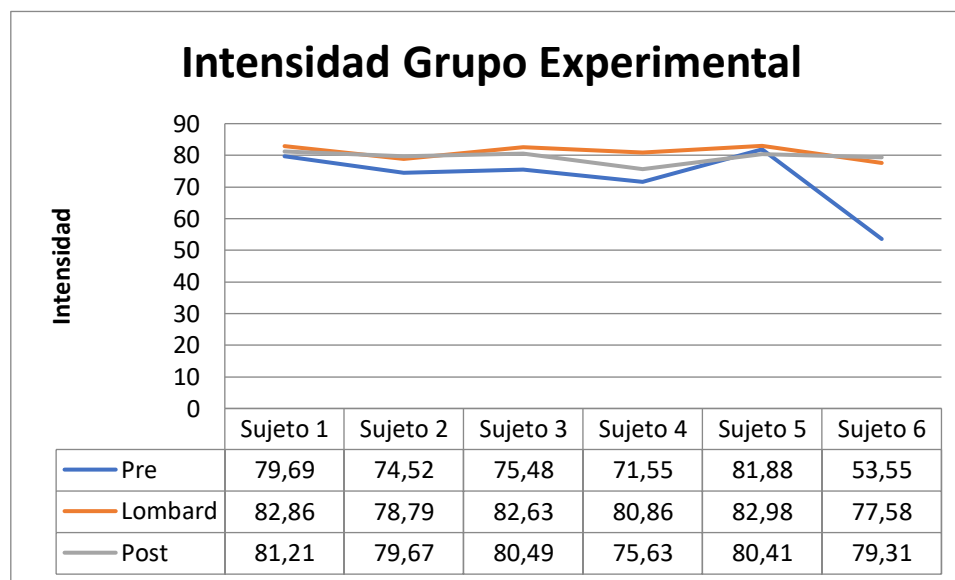


Figura 11. Valores de Intensidad para sujetos pertenecientes al grupo Experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 11 muestra los valores por sujeto de la variable intensidad, obtenidas en los participantes del grupo experimental. Se aprecia que un el total de la muestra (100 %) aumentó su Intensidad de la voz en las condiciones Lombard y Post. Destaca el sujeto 6, quien en Lombard elevó su intensidad en 24,03 dB respecto de la evaluación inicial. En la tercera evaluación, por un lado, se observó que 4 de 6 sujetos; es decir, un 66,33% de la muestra, disminuyó la intensidad respecto de Lombard en 2,89 dB en promedio, pero no volvió a condiciones basales (condición Pre). Por otro lado, 2 sujetos de 6 (33,66%) en la condición Post aumentaron la intensidad con una variación promedio de 1,3 dB por sobre la condición Lombard.

2.2.1 Variable intensidad Grupo Experimental:

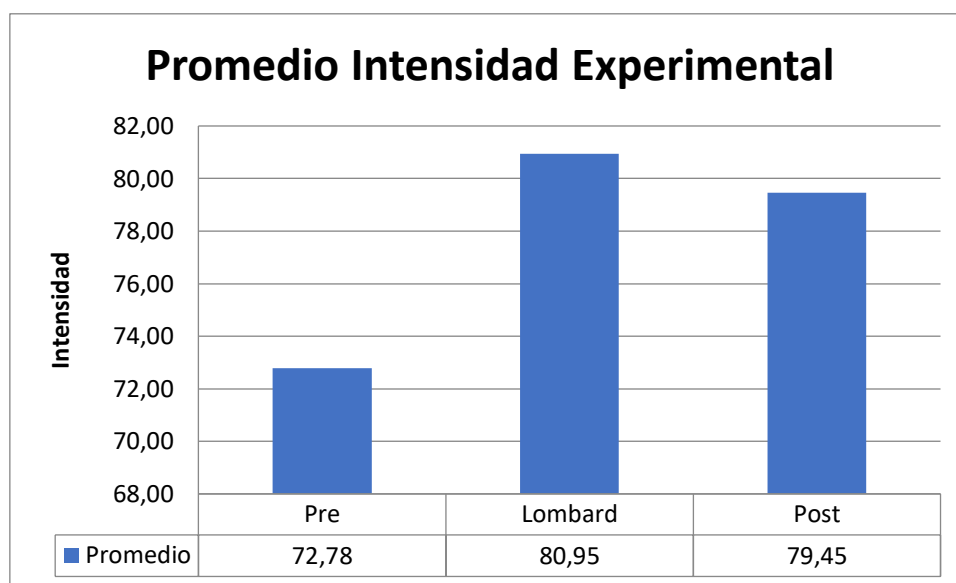


Figura 12. Valores promedio de variable Intensidad para grupo experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

En cuanto a la variación promedio del grupo, en la Figura 12 se observa que en condición Pre el grupo obtuvo un valor promedio de 72,77 dB, mientras que en condición Lombard el promedio fue de 80,95 dB, por lo que la variación grupal fue de 8,18 dB. Este valor es estadísticamente significativo con un valor $p (=0,090)$. En la tercera medición, el promedio para el grupo fue de 79,45 dB variando en 1,5 dB comparado con la condición Lombard. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (0,0650)$.

2.3 Variable Jitter Grupo Experimental:

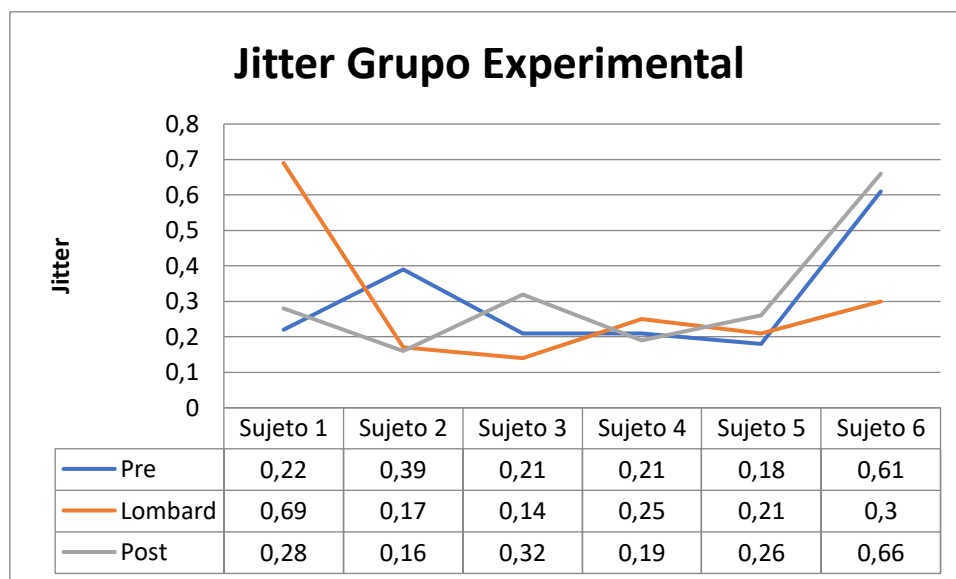


Figura 13. Valores de Jitter para sujetos pertenecientes al grupo Experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 13 muestra los valores para la variable Jitter por sujeto para el grupo experimental en condiciones Pre, Lombard y Post. Se aprecia bastante variabilidad en los valores en donde 3 sujetos, es decir, un 50% de la muestra aumentaron sus valores de Jitter en condición Lombard mientras que el otro 50% de la muestra disminuyeron sus valores de Jitter para esta condición. En cuanto a la tercera condición, un 50% de la muestra, mostro disminución del parámetro Jitter respecto a la condición Lombard, y en el otro 50% de la muestra el parámetro Jitter aumentó en la condición Post.

2.3.1 Variable Jitter Grupo Promedio Experimental:

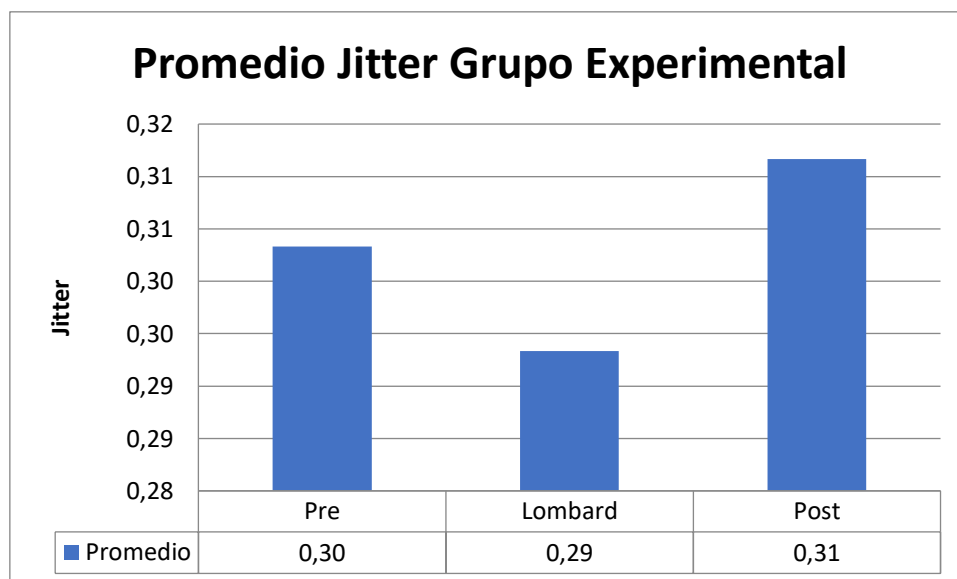


Figura 14. Valores promedio de variable Jitter para grupo experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

En cuanto a la variación promedio del grupo experimental, en la Figura 14 se observa que para la condición Pre obtuvieron un promedio de 0,30%, mientras que en Lombard el promedio fue de 0,29%, por lo que la variación grupal fue de 0,01% respecto a la condición Pre. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=1.0)$. En tercera condición, el promedio para el grupo fue de 0,31% variando en 0,02 % respecto a la condición Lombard. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=0.99)$.

2.4 Variable Shimmer Grupo Experimental:

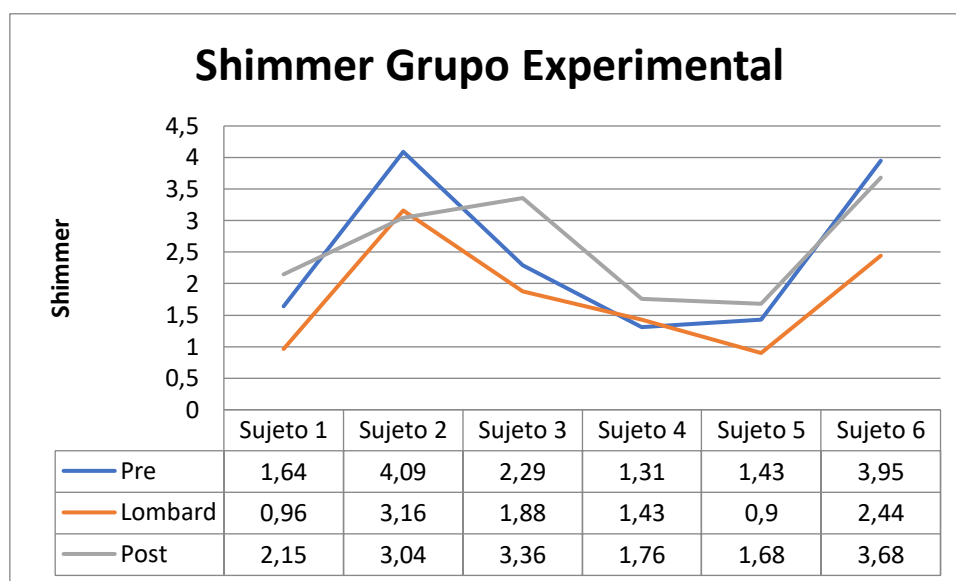


Figura 15. Valores de Shimmer para sujetos pertenecientes al grupo Experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

La Figura 15 muestra las variaciones por sujeto obtenidas en los participantes del grupo experimental respecto a la variable Shimmer para las condiciones Pre, Lombard y Post. Se aprecia que, en 5 sujetos, es decir en un 83,66% de la muestra, hubo un aumento en el valor de Shimmer en la condición Lombard, mientras que en el otro 16,33% este parámetro disminuyó. En la tercera condición (Pre) un 83,66% de la muestra, mostro una disminución de Shimmer respecto de la condición Lombard, y sólo en un 16,33% aumentó.

2.4.1 Variable Shimmer Promedio Grupo Experimental:

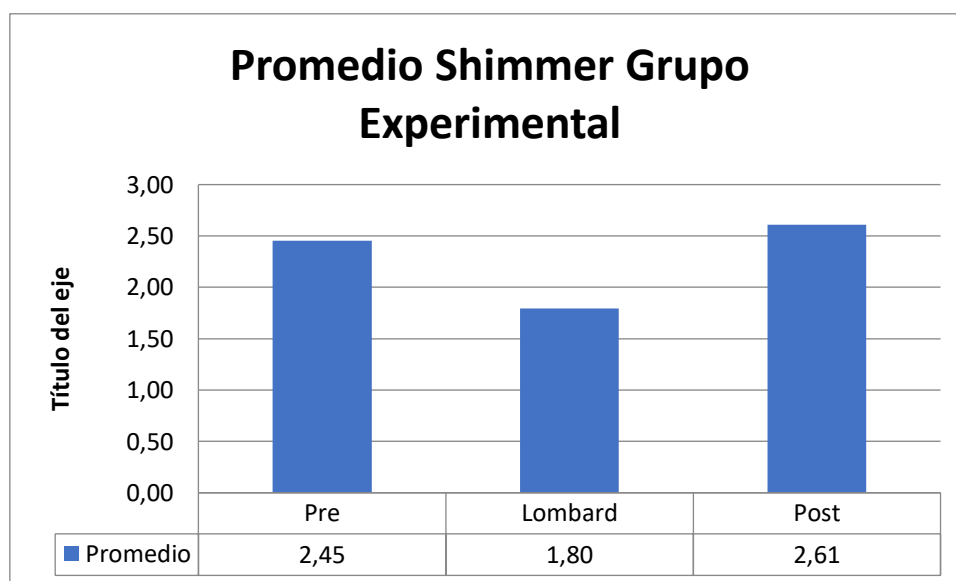


Figura 16. Valores promedio de variable Shimmer para grupo experimental en condiciones Pre, Lombard y Post.

En cuanto a la variación promedio del grupo experimental, en la Figura 16 se observa que para la condición Pre se obtuvo un promedio de 2,45%, mientras que en la condición Lombard el promedio fue de 1,79%, por lo que la variación entre estas dos condiciones fue de 0,66 dB. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (=0,8720)$. En la tercera condición, el promedio para el grupo fue de 2,61% variando en 0,81 dB entre condición Lombard y Post. Este valor es estadísticamente no significativo con un valor $p (0,9220)$.

3. Comparación Parámetros Acústicos Grupo Control /Grupo Experimental

La presente comparación se realizó en base a los promedios obtenidos de los 12 estudiantes universitarios que formaron el grupo control y experimental, los cuales fueron evaluados en condiciones Pre, Lombard y Post. A continuación, se describirán los resultados obtenidos de acuerdo con cada parámetro acústico evaluado.

3.1 Comparación variable F0 grupo Control vs Grupo Experimental

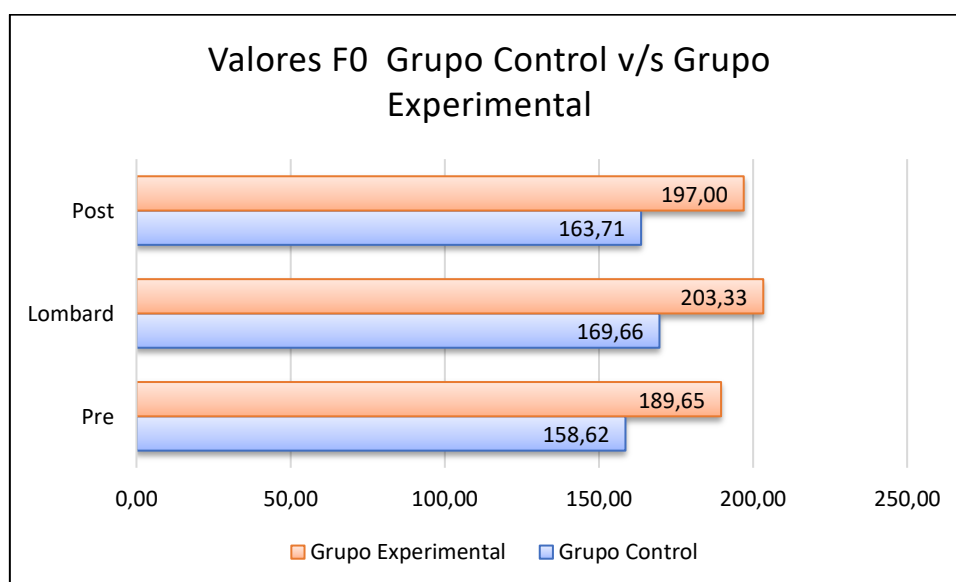


Figura 17. Valores promedio de la variable Frecuencia Fundamental (F0) en condiciones Pre, Lombard y Post para grupo experimental y grupo control.

La figura 17, muestra los valores para la variable F0 para el grupo control y experimental. Al comparar los valores promedio para la condición Pre se obtiene una diferencia de 31,03 Hz esto es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,035$. Para la condición Lombard se obtiene una variación de 33,5 Hz lo cual es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,043$. Finalmente, para la condición Post se obtuvo una diferencia de 31,01 Hz lo cual es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,034$.

3.2 Comparación variable Intensidad grupo Control vs grupo Experimental

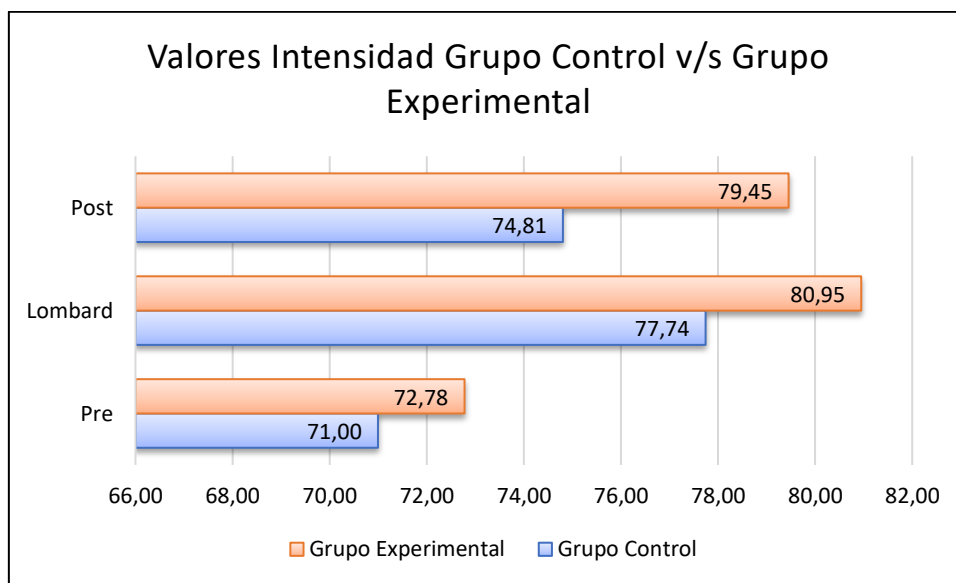


Figura 18. Valores promedio de la variable Intensidad en condiciones Pre, Lombard y Post para grupo experimental y grupo control

La figura 18, muestra los valores para la variable Intensidad para el grupo control y experimental. Al comparar los valores promedio para la condición Pre se obtuvo una diferencia de 1,775 dB la cual es no estadísticamente significativo con un valor $p = 0,406$. Para la condición Lombard se obtiene una variación de 3,21 dB la cual no es estadísticamente significativa con un valor $p = 0,120$. Finalmente, para la condición Post se obtiene una diferencia de 4,65 dB esto es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,040$.

3.3 Comparación variable Jitter grupo Control vs grupo Experimental:

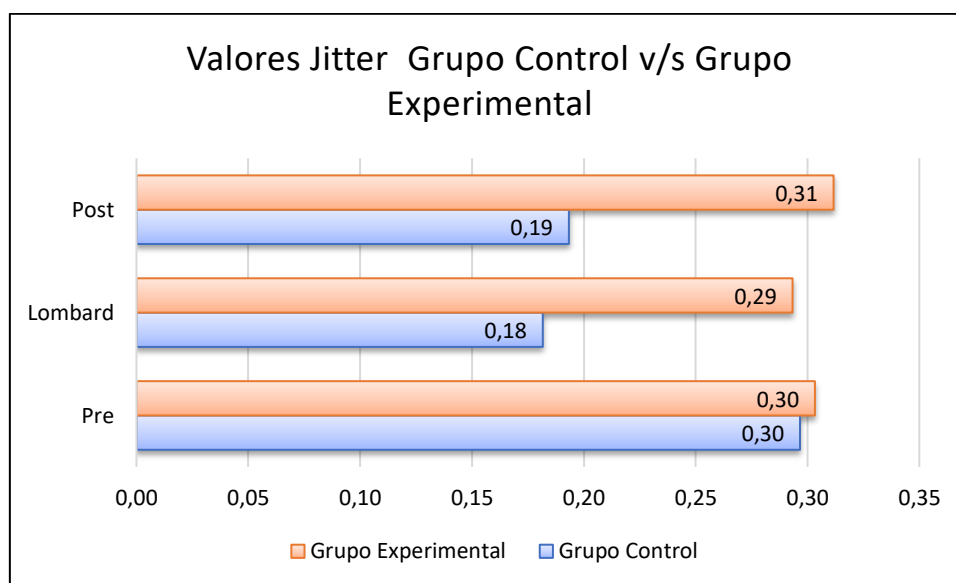


Figura 18. Valores promedio de la variable Jitter en condiciones Pre, Lombard y Post para grupo experimental y grupo control.

La figura 19, muestra los valores para la variable Jitter para el grupo control y experimental. Al comparar los valores promedio para la condición Pre se obtuvo una diferencia de 0,118 % la cual es no estadísticamente significativa con un valor $p = 0,429$. Para la condición Lombard se obtiene una variación de 0,113% la cual no es estadísticamente significativa con un valor $p = 0,320$. Finalmente, para la condición Post se obtiene una diferencia de 0,007 esto no es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,975$.

3.4 Comparación variable Shimmer grupo Control vs grupo Experimental:

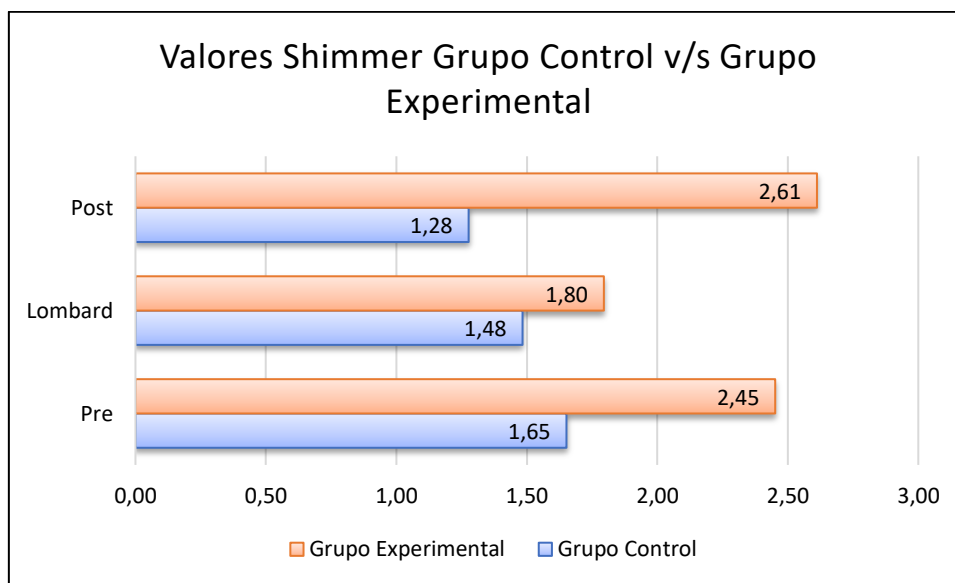


Figura 18. Valores promedio de la variable Shimmer en condiciones Pre, Lombard y Post para grupo experimental y grupo control.

La figura 20, muestra los valores para la variable Shimmer para el grupo control y experimental. Al comparar los valores promedio para la condición Pre se obtuvo una diferencia de 1,341 % la cual es no estadísticamente significativo con un valor $p = 0,933$. Para la condición Lombard se obtiene una variación de 0,312% la cual no es estadísticamente significativa con un valor $p = 0,456$. Finalmente, para la condición Post se obtiene una diferencia de 0,81% esto no es estadísticamente significativo con un valor $p = 0,675$.

VII. DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se discuten los resultados obtenidos de los parámetros acústicos en estudiantes universitarios pertenecientes al grupo Control y Experimental luego de la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo, en este estudio la alteración fue mediante ruido Speech Noise detonando lo que se conoce como Efecto Lombard. Adicionalmente se realizará un análisis comparativo, relacionando los resultados del Grupo Control con los del Grupo Experimental como un continuo teórico. Este tipo de alcance permite un abordaje más amplio de la temática, y a su vez integra los resultados pesquisados formando una perspectiva general del fenómeno estudiado.

1) Frecuencia Fundamental

La frecuencia fundamental (F0) corresponde al número de oscilaciones por segundo de una fuente sonora, en el caso de la voz se relaciona con en el tiempo que dura un ciclo completo de vibración de los pliegues vocales (Cobeta, Núñez & Fernández, 2013) En el Grupo Control se observó que la variable de frecuencia fundamental (F0) presento diferencias entre el grupo control y el grupo experimental, sin embargo, estas no fueron significativas. La variación para el grupo control entre la condición Pre y Lombard fue de 11,03 Hz, esto indica que los sujetos aumentaron el tono de su voz de forma inconsciente, en respuesta a la perturbación del feedback auditivo.

Stowe & Golob (2013), afirman que existe un aumento de la frecuencia fundamental en sujetos expuestos a ruido enmascarante en distintas frecuencias. En concordancia con los resultados de este estudio, Ribeiro, Pedrosa & Behlau en el año 2012 publicaron una investigación en la cual se describe un aumento de tono en los sujetos bajo condición Lombard, que se acompaña generalmente por un aumento en la precisión articulatoria y otras modificaciones vocales.

Al respecto, resulta interesante lo señalado por Hotchkin & Parks (2013) sobre la aplicación de tareas de perturbación del feedback auditivo en voces normales, puesto que describen diferencias en los cambios frecuenciales de los sujetos, dependiendo del tipo de ruido que se emplea durante la evaluación. En su recopilación bibliográfica, encontraron que ruidos de frecuencias medias contenían mayor superposición espectral con el habla, especialmente en mujeres, lo que genera un mayor impacto en el grado de efecto Lombard observado. Por todo esto es posible corroborar que las diferencias en las respuestas frecuenciales en las voces del grupo experimental se considera una respuesta esperable ante la falta de retroalimentación auditiva según lo establecido por la literatura previa (Cooke & Lu, 2010).

En el análisis de esta variable en el Grupo Experimental, no se obtuvieron variaciones estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, se evidenció un aumento de la F0 de 6,34 Hz desde la evaluación Pre, lo que indica que los sujetos con nódulos vocales al ser sometidos a ruido elevaron el tono de su voz de forma inconsciente, en respuesta a la perturbación del feedback auditivo, pero de una forma más discreta que el grupo control. Los cambios en la frecuencia fundamental pueden ser asociados a un aumento de la tensión laríngea como consecuencia de la falta de retroalimentación auditiva (Ribeiro, Pedrosa & Behlau, 2012). Al respecto, en la actualidad no existe literatura que aborde específicamente lo que ocurre bajo el efecto Lombard y la F0 en sujetos con nódulos, es por ello que en esta investigación se buscó describir las variaciones en los parámetros acústicos de dicha patología, siendo así un estudio precursor de esta área inexplorada.

En el análisis comparativo, se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) tanto para el grupo control como para el experimental en las distintas mediciones Pre, Lombard y Post de F0. En las tres mediciones el Grupo Experimental presentó una frecuencia fundamental más elevada respecto al Grupo Control.

Lo anterior guardó relación con la diferencia de sexo que hay entre ambas muestras, pues el Grupo Control se conformó por cinco hombres y una mujer, mientras que el Grupo Experimental estuvo compuesto por cinco mujeres y un hombre. Farías (2007) señala que la F0

en mujeres con voces sanas bordea los 200 +/- 20 Hz y en hombres es de 120 +/- 20 Hz, lo cual podría relacionarse con los datos del rango frecuencial obtenido por el grupo control. Al comparar al único hombre del Grupo experimental con los varones del Grupo Control, se observó que el sujeto del Grupo Experimental presentó un valor promedio de frecuencia fundamental en 21.69 Hz más bajo que el de los varones del Grupo Control. De esta forma, en la evaluación Pre el sujeto experimental marcó una diferencia de 28,09 Hz por debajo de lo obtenido en el Grupo Control.

En condición Lombard, mantuvo una disminución frecuencial de 19,73 respecto al valor promedio de los varones del grupo control, y en la última valoración, al igual que las anteriores, se encuentra por debajo Grupo Control con una diferencia de 16,88 Hz.

De igual manera, al contrastar el resultado de la única mujer participante del Grupo Control con los valores promedio de las mujeres del grupo experimental, se observó que aquellas con nódulos vocales presentaban una disminución en la F0 con diferencias de 26,8 Hz en la primera evaluación, 35,47 Hz en la segunda y 30,82 Hz en la tercera. Lo ocurrido en ambos casos coincide con lo expuesto por Behlau en el año 2001, quien señala que los sujetos con nódulos vocales presentan una disminución de la frecuencia fundamental lo que se verá reflejado en una tonalidad baja de acuerdo con el sexo y edad.

Adicionalmente, fue posible observar que en la condición Lombard, los sujetos controles tuvieron un aumento frecuencial de 8.91 Hz respecto de la evaluación inicial, mientras que el sujeto con nódulos tuvo un aumento de 17,27 Hz. Esto significa que aun cuando los sujetos con nódulos vocales presentan una frecuencia fundamental en promedio más baja que el grupo control, la hiperfunción vocal ante condiciones de exposición a ruido, genera mayores variaciones frecuenciales que el grupo control. Aunque en las mujeres no fue posible observar algo similar, esto se correlaciona con lo señalado por Brockmann, Bohlener & Metha (2017), en relación con las compensaciones que se generan en alteraciones vocales como pólipos y nódulos al alterar el feedback auditivo, y se complementa con lo mencionado por Ribeiro,

Pedrosa & Behlau (2012) sobre la directa relación entre la tensión laríngea y los aumentos en la frecuencia fundamental.

2) Intensidad

En referencia a la intensidad, esta físicamente se vincula con la amplitud de una onda, se relaciona con la presión generada por la misma (compresión) y se mide en dB (Brockmann et al, 2012). En cuanto a esta variable, en el Grupo Control fue posible observar variaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las diferentes condiciones. En este parámetro existió un incremento promedio de 6,75 dB entre la primera y segunda condición.

Estos resultados concuerdan con las investigaciones existentes sobre el efecto Lombard en voces sin alteraciones vocales (Patel & Shell, 2008; Garnier et al, 2010; Brockmann et al, 2012) donde se señala que, al estar expuesto a ambientes ruidosos, existe una elevación inconsciente de la intensidad vocal generalmente superior a 3dB, pero que, al salir de la condición Lombard, los sujetos vuelven a condiciones basales como un medio de autorregulación de la propia voz.

La regulación de la intensidad en tiempo real es monitoreada por subsistemas corticales encargados de coordinar, comparar y confirmar el mensaje que se desea entregar con el mensaje que se está articulando físicamente. De acuerdo al modelo DIVA expuesto por Guenther (2006) al perturbar el feedback auditivo de una persona, en este caso con ruido de alta intensidad se puede afectar la producción de la voz en varios parámetros tales como la intensidad y la frecuencia fundamental (Buchsbaum, Hickok, & Humphries, 2001; Tourville, Guenther, Ghosh, Reilly, Bohland, & Nieto-Castanon, 2005). Garnier & Henrich (2014), señalan que las personas adaptan su nivel de esfuerzo vocal en relación al ruido de fondo. Estas adaptaciones en la intensidad son de diferente magnitud dependiendo del tipo de ruido empleado.

Por otro lado, el parámetro de intensidad analizado en el Grupo experimental arrojó una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$). Existiendo un incremento promedio de 8,18 dB entre la primera y segunda medición. Estos incrementos de intensidad estarían explicados por una falta de retroalimentación auditiva en condiciones de enmascaramiento auditivo, lo que se podría estar relacionado directamente con la aparición de disfonías músculo tensionales (Grillo, et al; 2010).

También se ha descrito que los hablantes adaptan su nivel de esfuerzo vocal en relación con el ruido de fondo, ya que perturba la propiocepción de la propia voz (Garnier & Henrich 2014). En un estudio sobre feedback auditivo en sujetos con hiperfunción vocal (Stepp, et al, 2017) aplicado a 9 sujetos con voces sanas y 9 con alteraciones vocales de entre 20 a 39 años, se observó compensaciones musculares y variaciones en los parámetros acústicos que no fueron observadas en los sujetos con voces normales.

La literatura tradicionalmente se ha enfocado en describir la perturbación del feedback auditivo en sujetos con voces sanas o con disfonías músculo tensionales, pero no existen estudios que indaguen específicamente sobre lo que ocurre en las variaciones de intensidad producidas por el efecto Lombard en los sujetos con nódulos vocales. Resulta interesante observar, además, que en este tipo de patologías se aprecia un aumento de la intensidad en Lombard que luego no es completamente disminuida en ausencia del ruido enmascarante.

Dada la falta de información en personas con nódulos vocales en la literatura, lo anterior puede ser contrastado con el estudio de Stepp et al (2017) realizado en disfonías músculo tensionales en donde se refleja una permanencia de compensaciones inadecuadas en los sujetos con alteraciones vocales aun cuando la perturbación del feedback auditivo ya no está presente. La variación en los distintos parámetros vocales en la hiperfunción vocal por décadas ha sido atribuida mayoritariamente a conductas de sobreesfuerzo que recaen sobre los hábitos vocales del usuario o incluso ha sido asociado causas psicógenas. Sin embargo, lo encontrado en nuestro estudio o en estudios como el de Stepp (2017) pareciera indicar que las personas con problemas

vocales tendrían dificultades en la regulación del control motor. Lo anterior cobra aún mas fuerza al relacionarlo con el hecho de que en este estudio 2 de los sujetos de la muestra experimental presentaron intensidades aún mayores en la condición post.

Por lo anterior la presente investigación permite plantear la interrogante en futuros estudios acerca de la etiología de las alteraciones vocales por hiperfunción vocal, estableciendo relaciones entre circuitos neurológicos y subsistemas de regulación auditiva y/o sensorial para la producción de la voz, así como las formas en que pueden verse alterados en los sujetos con nódulos. Cabe mencionar que nuestro estudio contó con una tercera condición denominada Post, en donde se midió nuevamente la intensidad después de 5 minutos de descanso. En esta condición el grupo control volvió a condiciones similares a las de la condición pre, sin embargo, el grupo experimental sostuvo un menor descenso no logrando llegar a condiciones basales pre exposición a ruido.

Al comparar el parámetro intensidad entre el grupo control y el grupo experimental en las mediciones Pre/Lombard se observa que estos tuvieron una variación de 1,42 dB por sobre los controles, lo cual se repite en igual medida en las mediciones de Lombard/Post arrojando 1,44 dB bajo los controles. De esta manera, se vio una clara tendencia de los sujetos experimentales a incrementar la intensidad de la voz en condiciones de ruido por sobre el grupo control. Tal como se evidenció en el estudio realizado por Grillo et al, 2010 en el cual las personas con un patrón vocal predominante de soplo aumentaban la resistencia laríngea, acrecentando de esta manera la intensidad. Aquello, concordó con lo observado en la presente investigación, en la cual hubo un incremento por parte de los sujetos con nódulos en comparación con los controles, lo que estaría relacionado con el soplo, componente presente y característico en las personas con nódulos vocales.

Cuando se observaron de forma aislada ambos grupos en las tres mediciones realizadas, se aprecia una diferencia en el actuar de ambos. Por un lado, los sujetos con voces sanas aumentaron 6,74 dB entre Pre/Lombard, luego disminuyeron 2,93 dB entre Lombard/Post

y al comparar el estado inicial con el final hubo un aumento de 3,81 dB. Por otro lado, en el Grupo Experimental se evidenció un aumento de 8,17 dB entre la condición Pre/Lombard, luego se registró una disminución, menor a la registrada por el grupo anterior, de 1,49 dB entre Lombard/Post y por último al comparar el estado inicial con el estado final de evaluación en el Grupo Experimental se observa que un incremento de 6,67 dB al finalizar la prueba. Lo obtenido concuerda con lo encontrado por (Stepp, y otros, 2017) estudio en el cual se observó que personas con disfonías funcionales, bajo pruebas de alteración del feedback auditivo, tienden a mantener los patrones musculares luego de pasado el efecto enmascarante.

3) Variable Jitter

El parámetro Jitter o de perturbación de la frecuencia corresponde a las variaciones o perturbaciones de frecuencia fundamental de la voz en cortos periodos de tiempo (Elhendi, 2004). Los valores de normalidad para dicho parámetro se encuentran entre 0 y 1.04%. Si bien en ambos grupos Jitter presentó variaciones en las diferentes condiciones, estas no fueron significativas.

Al respecto, en cuanto a este parámetro de perturbación han sido descritas disminuciones de los valores promedio de Jitter en sujetos sin alteraciones vocales (Brockmann Bauser, Bohlender, & Mehta, 2017).

Aunque esto se corresponde con los valores registrados en la presente investigación, no existen más estudios actuales que puedan ser comparados con las variaciones de este parámetro en voces normales bajo condición Lombard. En el Grupo Experimental tampoco se aprecian variaciones significativas para esta variable ($p > 0,05$), ya que el 50% de la muestra presentó una disminución, mientras que en el otro 50% de los sujetos hubo un aumento del valor para este parámetro.

En la descripción estadística de parámetros acústicos de sujetos con alteraciones vocales cuando se les solicitó aumentar la intensidad de su voz en el estudio de Brockmann, Bohlender & Metha (2017), se observa un aumento de los valores de Jitter que se corresponde solo parcialmente con los resultados de la presente investigación. Esta variabilidad puede ser atribuida a que en dicho estudio las modificaciones de los parámetros de la voz fueron realizadas de forma consciente por los participantes de la investigación, ya que dentro de las indicaciones de la prueba se le solicitaba al paciente hablar a una intensidad baja, cómoda y elevada. En contraste, en la presente investigación, las modificaciones de los parámetros acústicos fueron realizadas de forma inconsciente por los sujetos, por lo que se puede inferir que las variaciones en los parámetros acústicos fueron desencadenadas de forma natural e inconsciente por la falta de retroalimentación auditiva.

Al comparar ambos grupos, se aprecia una leve variación entre cada medición tanto para el Grupo Experimental como para el Grupo Control. En condiciones de Pre/Lombard en el Grupo Control, es posible observar una disminución de 0,11 Hz. Luego entre Lombard/Post se evidenció un mínimo aumento de 0,01 Hz. Resultados que son comparables con los encontrados por Brockmann, Bohlender & Mehta, 2017.

4) Variable Shimmer

La variable de perturbación de intensidad en cortos periodos de tiempo o Shimmer se relaciona con la regularidad del patrón vibratorio. Sus valores de normalidad pueden ser iguales o menores a 3,81% (Jackson-Menaldi, 2002). En el Grupo Control de este estudio se observó que el 83% de los sujetos presentó una disminución de los valores de Shimmer en la segunda medición (Lombard). Pese a ello, la variable no presentó variaciones estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Brockmann, Bohlender & Metha (2017) señalan que en sujetos normales se observa un aumento del valor para Shimmer. Esto no es concordante con los resultados obtenidos en la presente investigación, en donde se observó que Shimmer vuelve a condiciones similares a las basales en sujetos con voces sanas, pero sin variaciones significativas.

El Grupo Experimental no presentó variaciones estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para esta variable, no obstante, un 83% de los sujetos presentó una disminución en los valores de Shimmer en Lombard. En concordancia a estos resultados, Brockmann, Bohlender & Metha (2017), señalan que los valores para Shimmer disminuyen a intensidades elevadas en comparación a una confortable.

Este parámetro presentó una leve disminución de 0,16 dB en la medición de Pre/Lombard en el grupo Control, al igual que en la condición Lombard/Post se evidencia una leve disminución de 0,20 dB manteniéndose estable durante las tres mediciones realizadas. Al analizar la variante Shimmer en los sujetos experimentales Pre/Lombard se observó una disminución de 0,65 dB, a diferencia de la última medición de Lombard/Post tuvo un incremento de 0,81 dB. Los hallazgos se asemejan a los encontrados por Brockmann et al, (2017) evidenciando que en condiciones de habla en tono cómodo el parámetro Shimmer tiende a disminuir su valor, al igual que a una mayor intensidad lo que queda a la vista al comparar la medición Lombard/Post.

Tal como ocurrió en el Grupo Control, las variaciones para los parámetros acústicos de F0, Intensidad Jitter y Shimmer del Grupo Experimental no fueron estadísticamente significativas. De la misma manera lo recién mencionado puede asociarse al tamaño reducido de la muestra ya que este tipo de mediciones estadísticas se ve afectada por mínimas variaciones individuales que cambian el resultado global de la muestra. De igual forma que en el Grupo Control, la muestra no se caracterizaba por ser homogénea, ya que en ambos grupos existía diferencias en la proporción de hombres v/s mujeres.

Por último, cabe destacar que en todos los sujetos del Grupo Experimental se observó una mantención de la intensidad elevada de la voz similar a las alcanzadas en Lombard. Esto podría indicar que las adaptaciones que se generan de forma inconsciente bajo el efecto Lombard, se comportan de manera diferente en los sujetos con y sin alteraciones vocales, observándose en los sujetos con nódulos la misma tendencia a mantener un patrón de adaptación como si estuvieran expuestos a ruidos. Este sobreesfuerzo vocal, en consecuencia, surgiría en respuesta a una desregulación de los sistemas sensoriales del control del feedback auditivo para el control de la voz y no solo a conductas vocales inadecuadas por parte del sujeto. Aún cuando en la presente investigación se obtuvieron resultados que concuerdan con esta idea, no existe literatura que corrobore que las adaptaciones generadas post efecto Lombard serían la causa central de la aparición de estas alteraciones vocales mencionadas. Nace aquí, por tanto, una premisa que sienta las bases para futuras investigaciones.

- **Hallazgos**

Dentro de los hallazgos propios de la investigación, se encontró que una de las mujeres del grupo experimental, de profesión cantante, obtuvo una marcada diferencia entre las mediciones utilizadas, pues no hubo un cambio mayor en 3 dB entre la medición Pre/Lombard, manteniéndose también entre las mediciones Lombard/Post en 1 dB respecto a la segunda evaluación. En lo que respecta a la F0, esta solo se vio aumentada en 1 Hz a diferencia de los demás sujetos con nódulos que aumentaron 13,68Hz en la evaluación Pre/Lombard e incluso no fue posible atribuir su resultado al grupo control, puesto que en este la frecuencia varió en 11,03 Hz en promedio.

De igual forma en la condición Lombard/Post el sujeto no siguió el patrón observado en los demás sujetos del grupo con nódulos vocales bajando 17,76 Hz, incluso más que el estado inicial. Aquello, se corresponde a lo descrito por Ribeiro, Pedrosa y Behlau (2012) quienes señalan que los profesionales de la voz logran reducir al mínimo las consecuencias negativas provocadas por el Efecto Lombard, de tal modo realizar modificaciones menores en los

parámetros de ruido, de esta manera mantiene una estabilidad en la emisión cuando se está expuesto a ruido.

VIII. CONCLUSIONES

La etiología de los trastornos vocales por hiperfunción ha sido parte de la búsqueda de diversos investigadores por varios años (Step, et al, 2017; Brockmann, Bolhender & Metha,2017; Stowe & Golob, 2013, etc). Con el fin de contribuir con nuevas respuestas sobre la temática y complementar la teoría existente, el propósito de esta investigación ha sido describir y comparar los parámetros acústicos de estudiantes universitarios con voces normales y con disfonía por nódulos vocales; tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo. Estas mediciones se realizaron en condición Pre, Lombard y Post, lo que permitió indagar sobre una dimensión que hasta aquí no había sido descrita: las adaptaciones vocales en sujetos con nódulos.

La tendencia a mantener un patrón de sobreesfuerzo vocal por parte de los sujetos con nódulos vocales marca un precedente que podría cambiar la forma de abordar terapéuticamente las patologías por hiperfunción vocal. Son las vías neurológicas del control motor de la voz sobre las cuales recaería un protagonismo antes ignorado, pero que podría orientar las futuras evaluaciones e intervenciones fonoaudiológicas desde una perspectiva global e integral.

Por todo lo anterior, es posible validar la hipótesis de investigación, dado que existió al menos, variación en uno de los parámetros acústicos en los sujetos del grupo experimental, tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo.

- **Limitaciones y proyecciones del estudio**

Durante el desarrollo de la investigación surgieron ciertas limitaciones que interfirieron en la realización de la misma, pero que no impidieron llegar a concretar los objetivos planteados en un comienzo. Unas de las primeras limitaciones que aparecieron, fue durante el proceso de toma de muestras, donde se contó con un número restringido de personas con nódulos debido a la poca participación y motivación dentro de las carreras establecidas para este estudio.

Adicionalmente, las variaciones para los parámetros acústicos de F0, Jitter y Shimmer del grupo Control y Experimental, no fueron estadísticamente significativas, lo que puede asociarse al tamaño reducido de la muestra. La causa puede relacionarse con que este tipo de mediciones estadísticas se ve afectada por mínimas variaciones individuales que cambian el resultado global de la muestra. Así mismo, la muestra no se caracterizaba por ser homogénea, ya que en ambos grupos se dio la relación 5:1 en cuanto a la variable sexo, caracterizándose el grupo control por poseer más hombres que mujeres, y viceversa en el grupo experimental.

Como cierre del proceso de investigación se plantean las proyecciones que surgen a raíz de este estudio. En primer lugar, se propone la generación de nuevos trabajos con una muestra mayor, ya que es importante considerar que no existen otros estudios que ahonden las variaciones de los parámetros acústicos en perturbaciones del feedback auditivo, específicamente en nódulos vocales. Lo anterior permitiría que los resultados pudiesen extrapolarse a poblaciones más grandes, y proporcionaría una base mayor para afirmar que existe una relación entre la hiperfunción vocal y los aspectos neurocorticales como el feedback somatosensorial y feedback auditivo.

En segundo lugar, al existir un marco conceptual mayor sobre la etiología de las alteraciones vocales por hiperfunción, existiría un cambio en el paradigma tradicionalmente adoptado para la evaluación y el tratamiento de ellas. Esto podría implicar considerar la futura elaboración de pruebas electrofisiológicas que permitan una evaluación más exhaustiva de las vías neurológicas implicadas, lo que a su vez podría dar el paso a la generación de nuevas terapias. Sobre este último punto, resultaría interesante que las intervenciones no se enfoquen

solo en erradicar las conductas que son atribuibles al sujeto, fomentando incluso la creación de estrategias o instrumentos que permitan entrenar al sujeto en función de la regulación del feedback sensorial para la intensidad de la voz.

Finalmente, este tipo de investigaciones permiten ampliar la participación del fonoaudiólogo en el campo de la investigación y en la implementación de abordajes vocales que incluyan el área de audición y no sólo la prevención e higiene vocal.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHA. (24 de Agosto de 2016). *American Speeche-Language-Hearing Association*. Obtenido de <http://www.asha.org/uploadedFiles/public/TESCognitiveCommunicationDisordersfromRightHemisphereBrainDamage.pdf>
- Beatriz Brunetto, R. N. (2002). Estroboscopia y su aplicación clínica. *Revista otorrinolaringológica cir cabeza-cuello*, 183-190.
- Behlau, M. &. (1989). *Voz O Livro do Especialista*. Rio de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M., Azevedo , R., & Pontes, P. (2001). Conceito de Voz Normal e classificação das Disfonias. En M. Behlau, *Voz O Livro do Especialista* (págs. 64-67). Río de Janeiro: Reviventer.
- Behlau, M., Azevedo, R., & Madazzio, G. (2001). Anatomia da Laringe e Fisiologia da Produção Vocal. En M. Behlau, *Voz: o livro do especialista* (págs. 1-42). Río de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M., Azevedo, R., & Pontes, P. (2001). Conceito de Voz Normal e Classificação das Disfonias. En M. Behlau, *Voz: o livro do especialista* (págs. 53-79). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M., Madazio, G., & Pontes, P. (2001). Disfonias Organofuncionais. En M. Behlau, *Voz: O livrio do especialista* (págs. 295-329). Rio de Janeiro: Revinter.
- Behlau, M. (2005). *Voz O livro do Especialista - Volume II*. São Paulo: REVINTER.
- Behroozmand R., I. N. (2015). Functional role of delta and theta band oscillations for auditory feedback processing during vocal pitch motor control. *Frontiers in neuroscience*.
- Bottalico, P., Graetzar, S., & Hunter, E. (2016). Effect of Training and Level of External Auditory Feedback on the Singing Voice: Volume and Quality. *Journal of Voice*, 434-442.

- Brockmann, M., & Bohlender, J. &. (2017). Acoustic Perturbation Measures Improve with Increasing Vocal Intensity in Individuals With and Without Voice Disorders. *Elsevier*, 1-7.
- Buchsbaum, Hickok, & Humphries. (2001). Role of left posterior superior temporal gyrus in phonological processing for speech perception and production. *Cognitive Science*, 663-678.
- Burnett, T., & Larson, C. (2002). Early pitch-shift response is active in both steady and dynamic voice pitch control. *Pubmed*, 1058-63.
- Buzelin, R., Behlau, M., & Buzelin, M. &. (2013). Diagnóstico clínico e análise histológica de nódulos e pólipos vocais. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 434-440.
- Campos, G. (2012). Avances tecnológicos recientes en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de la laringe y el tracto aerodigestivo superior. *Revista de la Facultad de Medicina*, 65-81.
- Casado Morente, J. C., & Adrián Torres, J. A. (2002). *La evaluación clínica de la voz: fundamentos médicos y logopédicos*. Barcelona: Aljibe.
- Cobeta, I., Núñez, F. & Fernández, S. (2013). *Patología de la Voz*. Barcelona: ICG Marge.
- Cooke, M., & Lu, Y. (2010). Spectral and temporal changes to speech produced in the presence of energetic and informational maskers. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Corey, D., & Anand, V. (2008). Delayed auditory feedback effects during reading and conversation tasks: Gender differences in fluent adults. *Journal of Fluency Disorders*, 291-305.
- Coyle, S., & Weinrich, B. (2001). Shifts in Relative Prevalence of Laryngeal Pathology in a Treatment-Seeking Population. *Journal of Voice*, 424-440.
- Diaz de Cerio, P., & Gascón, M. &. (s.f.). Libro Virtual de Formación en Otorrinolaringología. SEORL PCF.

- Elhendi, W. (2004). *Medidas objetivas y subjetivas para la evaluación de los resultados tras el tratamiento rehabilitador de los nódulos vocales y las disfonías funcionales*. Santiago de Compostela.
- Elisei, N. G. (2012). Análisis acústico de la voz normal y patológica utilizando dos sistemas diferentes: ANAGRAF y PRAAT. *Interdisciplinaria*, 29(2).
- Evans & Deliyski (2007). *Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation*. Journal of Voice, Vol. 21, No. 6. Columbia.
- Farías G, P. (2007). *Ejercicios que restauran la función vocal*. Buenos Aires: Librería AKADIA Editorial.
- García-Tapia Urrutia, R., & Cobeta Marco, I. (1996). *Diagnostico y tratamiento de los trastornos de voz*. Madrid: Garsi.
- Garnier, M., & Henrich, N. (2014). Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise? *Computer Speech and Language*, 28, 580-597.
- Garnier, M., & Henrich, N. (2014). Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise? *Computer Speech and Language*, 28, 580-597.
- Garnier, M., Henrich, N., & Dubois, D. (2010). Influence of Sound Immersion and Communicative Interaction on the Lombard Effect. *Journal of speech, language, and hearing research*.
- Ghosh, S. (2004). Understanding cortical and cerebellar contributions to speech production through modeling and functional imaging. *University Ph.D. dissertation. Boston*, Boston.
- Gonçalo Leal, A. J. (2015). New challenges in the treatment of stutterinG . *Logopedia.mail*(70), 5.

- González, J., Cervera, T., & Miralles, J. (2002). Análisis acústico de la voz: Fiabilidad de un conjunto de parámetros multidimensionales. *Acta otorrinolaringológica española*, 256-268.
- Grillo, E., Verdolini, K., & Lee, T. (2010). Effects of Masking Noise on Laryngeal Resistance for Breathly, Normal, and Pressed Voice. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 850-861.
- Groth, J., & Birkmose, M. (2004). Disturbance caused by varying propagation delay in non-occluding hearing aid fittings. *International Journal of Audiology*, 594-599.
- Guenther, F. (1994). A neural network model of speech acquisition and motor equivalent speech production. *Biological Cybernetics*, 43-53.
- Guenther, F. (1995). Speech sound acquisition, coarticulation, and rate effects in a neural network model of speech production. *Psychological Review*, 594-621.
- Guenther, F. (2006). Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *Journal of Communication Disorders*, 250-365.
- Guenther, F., Ghosh, S., & Tourville, J. (2006). Neural modeling and imaging of the cortical interactions underlying syllable production. *Brain and Language*, 280-301.
- Guenther, F., Hampson, M., & Johnson, D. (1998). A theoretical investigation of reference frames for the planning of speech movement. *Psychological Review*, 611-633.
- Hanjun Liu, C. R. (2007). Effects of perturbation magnitude and voice F0 level on the pitch-shift reflex. *Pubmed*, 3671-7.
- Hernández, J., & Gil, Y. (2014). Efectos de la retroalimentación auditiva retardada en los patrones de tartamudez. *Revista Ciencias Salud*, 243-252.
- Hotchkin, C., & Parks, S. (2013). The Lombard effect and other noise-induced vocal modifications: insight from mammalian communication systems. *Biological Reviews*, 1-16.
- Indefrey, P., & Levelt, W. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 101 - 144.

- Jackson-Menaldi, M. C. (2002). *La voz patológica*. Buenos Aires: Panamericana.
- Jeffery A. Jones, K. M. (2002). The role of auditory feedback during phonation: studies of Mandarin tone production. *Elsevier*, 303-320.
- Le Huche, F. &. (2003). *La Voz*. Barcelona: MASSON.
- Leyva, J. (2008). Laringe. En J. L. Mondaca, *Otorrinolaringología* (págs. 102 - 113). Lima: SISBIB.
- López, L. R., Viveros, N. M., & Turpín, J. I. (2007). Anatomía y embriología de la laringe . En R. Ramirez, *El manual de otorrinolaringología*.
- Maeda, S. (1990). Compensatory articulation during speech: Evidence from the analysis and synthesis of vocal tract shapes using an articulatory model. En S. Maeda, *Speech Production and Speech Modeling*. Boston: Marchal A, editors.
- Mahalakshmi Sivasankar, J. J. (2006). Voice responses to changes in pitch of voice or tone auditory feedback. *National Center for Biothechnology Information*, 850-857.
- Mazzarella, R. (2007). Laringe. *Servicio de Otorrinolaringología Hospital General de Agudos "Dr. Enrique Tornú"* , 1-21.
- Morrison, M. (1996). *Tratamiento de los trastornos de la voz*. Barcelona: MASSON.
- Natke, U., & Kalveram, K. (2001). Effects of frequency-shifted auditory feedback on fundamental frequency of long stressed and unstressed syllables. *Pubmed*, 577-584.
- Núñez, F., & Fernández, S. (2013). Afecciones benignas de las cuerdas vocales: lesiones exudativas del espacio de Reinke y otras lesiones. En I. Cobeta, F. Núñez, & S. Fernández, *Patología de la voz* (pág. 244). Barcelona: ICG Marge.
- Núñez, F., González, R., Peláez, M. B., González, I., Fernández, M., & Morato, M. (2014). Análisis acústico de la voz mediante el progama Praat: estudio comparativo con el programa Dr. Speech. *Elsevier*, 170-176.
- Ortega T., A. (2009). Trastornos de la Voz. *Revista Medica Clinica las Condes*, 116-124.

- Patel, R., & Schell, K. W. (2008). The Influence of Linguistic Content on the Lombard Effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 209-220.
- Pérez Serey, J., & Ortiz Araya, V. (2013). Instrumentos aplicados en la evaluación de la voz en profesores: Estudio bibliográfico. *CEFAC*, 1357-1363.
- Quilles, A. (1997). *Principios de fonología y fonética españolas*.
- R. Fernández Cervantes, B. R. (1998). General themes about feedback. *Fisioterapia*, 20(91), 3-11.
- Raitio, T., Suni, A., Vainio, M., & Alku, P. (2014). Synthesis and perception of breathy, normal, and Lombard speech in the presence of noise. *Computer Speech & Language*, 648-664.
- Raming, L. O., & Verdolini, K. (1998). Treatment efficacy: voice disorders. *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 101-116.
- Remacle, A., Petitfils, C., & Finck, C. &. (2016). Description of patients consulting the voice clinic regarding gender, age, occupational status, and diagnosis. *Springer*.
- Ribeiro, C., Pedrosa, V., & Behlau, M. (2012). Análise das modificações vocais de repórteres na situação de ruído. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.*, 321-326.
- Roman, D. (2011). *Manual de introducción al estudio fonético y fonológico*. Santiago.
- Rosique López , L., Mena Viveros, N., & Iniesta Turpín, J. (2007). *El Manual de Otorrinolaringología*. Madrid: McGraw-Hill .
- Shipp, T., Sundberg, J., & Doherty, T. (1998). The Effect of Delayed Auditory Feedback on Vocal Vibrato. *Journal of Voice*, 195-199.
- Stepp, C. E., Lester-Smith, R. A., Abur, D., Daliri, A., Noordzij, J. P., & Lupiani, A. A. (2017). Evidence for Auditory-Motor Impairment in Individuals With Hyperfunctional Voice Disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1-6.
- Story, B. H. (2015). Mechanisms of Voice Production. En M. Redford, *The Handbook of Speech Production* (págs. 34-58). UK: John Wiley and Sons.

- Stowe, L., & Golob, E. (2013). Evidence that the Lombard effect is frequency-specific in humans. *Acoustical Society of America*, 640-647.
- Titze, I. &. (1994). Measurement of vocal fold intraglottal pressure and impact stress. *Elsevier*, 132-144.
- Titze , I. R., & Story, B. H. (2002). Rules for controlling low-dimensional vocal fold models whit muscle activation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1064-1076.
- Tomicic, A., Martínez, C., Chacón , L. D., Guzmán, M., & Reinoso, A. (2011). Patrones de Calidad Vocal en Psicoterapia: Desarrollo y Estudio de Confiabilidad de un Sistema de Codificación. *Psykhe*, 77-93.
- Tourville, Guenther, Ghosh, Reilly, Bohland, & Nieto-Castanon. (2005). Effects of acoustic and articulatory perturbation on cortical activity during speech production. *NeuroImage*, 26-49.
- Tourville, J. (2013). Exploring auditory motor interactions in normal and disordered speech. Proceedings of meeting on Acoustics. *Language and Cognitive Processes*, 951-958.
- Turkeltaub, P., Eden, G., Jones, K., & Zeffiro, T. (2002). Meta-analysis of the functional neuroanatomy of single-word reading: method and validation. *Neuroimage*, 765-780.
- Ueng, S.-K., Luo, C.-M., Tsai, T.-Y., & Yeh, H.-C. (2015). Human Voice Quality Measurement in Noisy Environments. *Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine*.
- Van Houtte, E., Val Lierde, K., & D'Haeseleer, E. &. (2010). The Prevalence of Laryngeal Pathology in a Treatment-Seeking Population With Dysphonia. *Laryngoscope*, 306-312.
- Vide, F. D. (2006). Reflexiones sobre aspectos de la fonética y otros temas de lingüística. En A. M. Planas. Barcelona, España: editora de 53.
- Won, S., Kim, R., Kim, J., Park, J., & Kwon, M. &. (2016). The prevalence and factors associate with vocal nodules in general population: Cross-sectional epidemiological study. *Medicine*, 1-6.

Zañartu, M. (2003). Aplicaciones del análisis acústico en los estudios de la voz humana.
Universidad Mayor.

X. ANEXOS

Acta de Consentimiento Informado Participante

Yo,....., C.I..... Declaró que el investigador principal Fonoaudiólogo Christian Castro Toro, co-investigador Pavel Prado y los estudiantes Natalia Delgado, Dominique Díaz, Juan Luis Leiva, Denis Salazar y Priscilla Vergara de la carrera de Fonoaudiología de la universidad de Valparaíso, facultad de medicina ubicada en calle Angamos Nro. # 655, Reñaca en la ciudad de Viña del Mar me ha/n informado en forma completa en qué consiste la investigación “Parámetros vocales en estudiantes con voces normales y estudiantes con nódulos vocales tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo” que llevarán a cabo en la ciudad de Valparaíso, en las dependencias de la universidad Técnica Federico Santa María, ubicada en Avenida España #1680..

He leído completamente la información proporcionada en este documento acerca de mi participación. Me han informado y explicado cuáles son los procedimientos del estudio a los que seré sometido/a, y en qué consistirá mi participación. Asimismo, he tenido la oportunidad de hacer preguntas y aclarar todas mis dudas con el investigador(a). Entiendo que poseo el derecho de revocar mi consentimiento sin que esta decisión pueda ocasionarme algún perjuicio.

De acuerdo con lo declarado por mí en este documento, firmo aceptando voluntariamente mi participación en esta investigación. Recibo una copia completa de este documento.

Nombre y Firma Participante
Responsable

C.I.:

Fecha:

Nombre y Firma Investigador

C.I.:

Fecha:

Nombre y Firma Director del Establecimiento o su delegado

C.I.:

Fecha:

Valparaíso,...de de 2017