



**Facultad de Medicina
Escuela de Fonoaudiología**

**RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PERCEPTUALES,
ACÚSTICOS Y VIBRATORIOS DE LA VOZ CON
DIFERENTES CALIDADES VOCALES DE PERSONAS
ADULTAS CON VOCES TÍPICAS, DISFONÍA
FUNCIONAL PRIMARIA Y NÓDULOS VOCALES**

Versión año 2021

Seminario de Investigación optar al Grado de Licenciado en Fonoaudiología

Profesor Guía

Christian Castro Toro

Asesores

Eva Sotelo

Daniel Herrera

Matías Zañartu

Estudiantes Tesistas

Antonia Aravena Vera

Florencia Behrendsen Vergara

Carolina Bernal Pezoa

Javiera Paillaqueo Olivares

Natalia Prado Astudillo

Fecha de entrega: enero, 2022

ÍNDICE

Resumen	6
Introducción	7
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Problema de investigación	9
1.2 Pregunta de investigación	12
1.3 Objetivos	12
1.3.1 General	12
1.3.2 Específicos	13
1.4 Hipótesis	13
1.5 Viabilidad de la investigación.....	14
2. Capítulo II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Voz.....	15
2.2 Anatomía de la voz	16
2.3 Fisiología de la voz	18
2.4 Parámetros acústicos de la voz	20
2.5 Voz típica.....	22
2.6 Disfonías	23
2.6.1 Disfonías funcionales.....	23
2.6.2 Disfonías orgánicas de fase funcional.....	24
2.7 Nódulos vocales	24
2.8 Evaluación de la voz	25
2.8.1 Evaluación perceptual	25
2.8.2 Evaluación objetiva.....	27

2.8.2.1 Evaluación acústica.....	27
2.8.2.2 Evaluaciones Laringoscópicas	28
2.8.2.2.1 Nasofibroscofia	28
2.8.2.2.2 Estroboscopia	29
2.8.2.2.3 Endoscopia de alta velocidad (<i>High Speed Video Endoscopy</i>).....	30
2.8.2.2.3.1 Análisis cuantitativo a partir de la endoscopia de alta velocidad.....	31
3. Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Tipo de estudio.....	33
3.1 Tipo de estudio.....	33
3.1.1 Enfoque	33
3.1.2 Alcance.....	33
3.1.3 Diseño	34
3.2 Población	34
3.3 Muestra	34
3.3.1 Tipo de muestreo y diseño de las muestras.....	34
3.3.2 Tamaño de la muestra	35
3.3.3 Criterios de selección de la muestra.....	35
3.3.3.1 Criterios de inclusión.....	35
3.3.3.2 Criterios de exclusión	36
3.4 Operacionalización de variables	37
3.5 Instrumentos.....	42
3.5.1 Instrumentos para seleccionar la muestra	42
3.5.2 Instrumentos para lograr el objetivo de la investigación	42
3.5.3 Técnicas de obtención de la información.....	43
3.6 Procedimientos.....	43

3.7 Materiales.....	45
4. Capítulo IV: RESULTADOS	47
4.1 Parámetros biomecánicos acústicos.....	48
4.2 Correlación entre medidas acústicas y perceptuales.....	51
4.2.1 Perturbación de la frecuencia (Jitter)	52
4.2.2 Perturbación de la intensidad (Shimmer).....	53
4.2.3 Relación ruido armónico (NHR).....	55
4.2.4 Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS).....	56
4.2.5 H1-H2.....	58
4.2.6 Frecuencia fundamental (F0)	59
4.2.7 Sound Pressure Level (SPL)	61
4.3 Correlación entre medidas vibratorias y perceptuales	63
4.3.1 Porcentaje de asimetría de fase (AP)	63
4.3.2 Porcentaje de asimetría de amplitud (AA)	65
5. Capítulo V: DISCUSIÓN	67
6. Capítulo VI: CONCLUSIONES.....	73
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
8. ANEXOS.....	87

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud al profesor Christian Castro como supervisor de esta investigación, por su activa participación, sus orientaciones a lo largo de todo el proceso y la entrega de todos sus conocimientos. Nuestro agradecimiento también se extiende al asesor de tesis, Daniel Herrera, por su apoyo en la realización del análisis de datos, dedicar tanto tiempo a esta investigación y entregarnos la motivación cuando hacía falta. También agradecemos a la profesora Eva Sotelo por su cariño e incondicional dedicación al guiarnos en la redacción. Asimismo, queremos agradecer al profesor Matías Zañartu de la Universidad Federico Santa María por colaborar en este trabajo de investigación.

Indudablemente nuestro agradecimiento también es dirigido a nuestras familias que son nuestro principal apoyo.

Muchas gracias.

RESUMEN

En la clínica fonoaudiológica es muy frecuente utilizar escalas semi-objetivas, como la escala GIBBAS, para describir la calidad vocal de los usuarios y generar diagnósticos en base al supuesto clínico de que lo percibido auditivamente tendría relación con la forma en que vibran los pliegues vocales. Sin embargo, esta relación debería ser explorada en mayor medida desde una perspectiva cuantitativa; por ello, la presente investigación buscó describir la relación entre la evaluación perceptual, correspondiente a la escala GIBBAS, y parámetros de evaluación objetivos. Su finalidad fue correlacionar distintas variables, tales como, *Jitter*, *Shimmer*, Frecuencia Fundamental, *Noise Harmonic Ratio*, *Sound Pressure Level*, *Smoothed Cepstral Peak Prominence*, H1-H2 (diferencia entre el primer y segundo armónico), porcentaje de asimetría de fase y porcentaje de asimetría de amplitud. Cabe destacar que las dos últimas variables son resultado de la evaluación objetiva mediante endoscopia de alta velocidad (*High Speed Video Endoscopy*). Para obtener diferentes calidades vocales, se evaluó a personas con disfonía funcional primaria y nódulos vocales. Como resultado, se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas en *Shimmer* y *Smoothed Cepstral Peak Prominence* con los parámetros de Grado general de la disfonía y Soplocidad; *Jitter*, con el parámetro de Aspereza; Porcentaje de Asimetría de Amplitud con Ronquera y Astenia; *Noise Harmonic Ratio*, con Grado de Disfonía; y Porcentaje de Asimetría de Amplitud, con el parámetro de Astenia. A pesar de lo anterior, se debe seguir investigando en esta área con otras patologías vocales y grados de calidades vocales.

Palabras clave: Calidad vocal – GIBBAS- *High Speed Video*

INTRODUCCIÓN

Durante años, los profesionales del área de la voz, tales como fonoaudiólogos y otorrinolaringólogos, han requerido suficiente experiencia para emitir diagnósticos y planificar una adecuada intervención para usuarios con diferentes patologías vocales (Cobeta, Núñez y Fernández, 2013). Para lograr sus objetivos, utilizan distinta información recabada a través de antecedentes del paciente, pruebas subjetivas y objetivas. La presente investigación es relevante, puesto que busca explorar la relación entre ambas pruebas, lo que permitiría precisar los diagnósticos vocales, y, por consiguiente, lograr una efectiva intervención.

El objetivo general de la investigación es correlacionar los resultados de la escala GIRBAS con los patrones vibratorios de los pliegues vocales (PPVV) y las mediciones acústicas en diferentes calidades vocales. En cuanto a la metodología del estudio, es de carácter cuantitativo, en el cual se correlacionarán variables biomecánicas, como son el Porcentaje de Asimetría de Fase (AP), Porcentaje de Asimetría de Amplitud (AA), *Jitter*, *Shimmer*, Relación Ruido Armónico (NHR), *Smoothed Cepstral Peak Prominence* (CPPS), H1–H2, *Sound Pressure Level* (SPL), Frecuencia Fundamental (F0) y perceptuales (GIRBAS). Asimismo, este estudio se plantea con un diseño no experimental de tipo transversal.

La población que participará en el proyecto corresponde a adultos de entre 18 y 30 años, provenientes de las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso. Se seleccionará una muestra de tipo no probabilístico para contar con 30 personas en total, 10 con voz típica, 10 con nódulos vocales y 10 con disfonía funcional primaria o también llamada hiperfunción no fonotraumática (NPVH). Los registros de las muestras mencionadas están compuestos de videos de alta velocidad y grabaciones acústicas, las que conforman una base de datos de hiperfunción vocal

(PVH); esta será facilitada por la Universidad Federico Santa María. Cabe destacar que se escogerán estas patologías de la base de datos puesto que entregará más probabilidades de obtener diferentes calidades vocales. Cabe mencionar que esta base de datos no cuenta con disfonías orgánicas. A partir de las voces, se obtendrán las señales acústicas y vibratorias que serán analizadas a través de dos programas, MATLAB y Praat, que finalmente serán consolidados en formato Excel y SPSS.

En la presente investigación, se abordarán los contenidos fundamentales que permitirán el desarrollo de este informe, presentados en cinco capítulos. El primero presentará el planteamiento del problema, cuya finalidad es describir los desafíos que originan este estudio, objetivos y viabilidad del proyecto. En el segundo capítulo, el marco teórico se enfocará en la definición de conceptos básicos de la investigación, conceptos anatomofisiológicos, parámetros acústicos y algunas evaluaciones objetivas, acústicas y subjetivas. En cuanto al tercer capítulo, el marco metodológico desarrollará el enfoque, alcance, diseño, población y muestra de la investigación, acompañado de los criterios de inclusión y exclusión, definición de variables y procedimientos. Por último, se presentarán los resultados en el cuarto capítulo; en el quinto, las discusiones, para cerrar con las conclusiones desprendidas de los hallazgos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problema de investigación

La Fonoaudiología estudia los distintos aspectos de la comunicación humana, entre los cuales destaca la voz, herramienta fundamental para la comunicación oral (Martin, Cortés y Enciso, 2014). Cuando ésta se altera, afectan la calidad de vida de las personas, en especial en quienes hablan durante largas horas al día, no tienen entrenamiento ni buena higiene vocal (Martín et al., 2014).

Una de las poblaciones de riesgo en Chile son los profesores, ya que su voz es la principal herramienta de trabajo. Esto se pudo evidenciar en un estudio realizado por Castillo, Casanova, Valenzuela y Castañón (2015) en la ciudad de Santiago, en donde se obtuvo una muestra total de 402 profesores, pudiendo identificar hiperfunciones no fonotraumáticas en un 75.5% de ellos, de los cuales el 87,8% se encuentra en un grado leve y un 12,2% en un grado moderado (Castillo et al., 2015).

Durante años, los terapeutas han requerido gran experiencia para precisar diagnósticos y planificar una adecuada intervención frente a pacientes con diferentes patologías vocales (Cobeta, Núñez y Fernández, 2013). Para lograr sus objetivos, utilizan distintos métodos evaluativos, los cuales son antecedentes del paciente, pruebas subjetivas y objetivas.

Entre las mediciones subjetivas se encuentra la evaluación perceptual, que entrega información sobre el estado y función de las estructuras involucradas, como las escalas de GIRBAS y RASATI que detectan la presencia y grado del desvío vocal (López, Yévenes e Isla, 2018). A pesar de que es un instrumento utilizado por Fonoaudiólogos, se demostró que la medida de GIRBAS no es lo suficientemente certera al relacionarla con parámetros objetivos (Fujiki & Thibeault, 2021). Lo anterior, se debe a que su resolución queda netamente a juicio perceptual y personal del evaluador, donde en algunos casos no se correlaciona con las medidas objetivas de la voz (Fujiki & Thibeault, 2021). Además, en un estudio realizado en 2021, se obtuvo como conclusión que la escala de GIRBAS y otras medidas de voz están relacionadas de forma débil, por lo cual surge la necesidad de utilizar varios tipos de medidas para complementar el diagnóstico, porque ninguna estaba altamente correlacionada con la calidad de voz (Fujiki & Thibeault, 2021).

Con relación a las medidas objetivas, se encuentran las evaluaciones acústicas como las aerodinámicas y de imagen (Cobeta et al., 2013). Estas aportan información analítica de mecanismos fisiológicos y fisiopatológicos en función del volumen, presión y flujos de aire en fonación (Cobeta et al., 2013). Es necesario señalar que las medidas objetivas más utilizadas son las evaluaciones acústicas, ya que no es invasiva y no produce grandes gastos (Núñez, Díaz, Álvarez, Muñoz & Llorente, 2017).

La medida más idónea al momento de evaluar el patrón vibratorio real de los PPVV es la endoscopía con video de alta velocidad (*High Speed Video*), la cual es una evaluación de imagen que permite observar los PPVV de forma digital y en cámara lenta para posteriormente almacenarlas y utilizarlas de forma cuantitativa. Además, mediante procesamiento digital de imagen es posible extraer mediciones objetivas. Este procesamiento digital hace posible trazar los bordes de los PPVV y el análisis de la zona de la glotis durante la filmación a alta velocidad (Larsson, Hertegard, Lindestad & Hammarberg, 2000). Cabe destacar que este instrumento de

evaluación también permite visualizar la vibración real de los PPVV, mientras que otros utilizan técnicas tales como la estroboscopia que concede examinar la vibración a través de una ilusión óptica con una luz que se sincroniza con la frecuencia del usuario. Sin embargo, no entrega información exacta del ciclo, al igual que la endoscopia con video normal, por lo que no es posible cuantificar los resultados (Reghunathan & Bryson, 2019). El uso de endoscopia de alta velocidad permite lograr diferenciar con éxito el grado de aducción (Parker, Kunduk, Fink & McWorther, 2017), de asimetrías vibratorias (Mehta, Zañartu, Quatieri, Deliyski & Hillman, 2011) y de fuerzas de contacto midiendo directamente el movimiento de los PPVV al fonar (Diaz-Cadiz, Peterson, Galindo, Espinoza, Motie-Shirazi, Erath, & Zañartu, 2019).

Por una parte, si bien las medidas objetivas entregan mayor precisión en el diagnóstico, se requiere de equipos de alto costo y, a pesar de que sus valores han ido disminuyendo siguen siendo difíciles de costear en entornos clínicos (Larsson et al., 2000). Lo anterior, provoca que no se encuentren disponibles en centros de atención primaria, hospitales o centros fonaudiológicos (Larsson et al., 2000). Por otra parte, aunque la evaluación subjetiva es más utilizada, aún no se logra comprender bien la relación entre los resultados de las evaluaciones perceptuales, acústicas y el patrón vibratorio de los PPVV. Estudios según Narasimham y Vishal (2017); Barsties, Latoszek, Kim, Delgado, Hosokagua, Englert, Neumman y Hetjens (2020); Mehta, Deliyski, Quateri y Hillman (2011), han demostrado que las medidas acústicas al realizarse con equipos indirectos no siempre generan una relación directa a nivel glótico, ya que pueden interferir factores directamente dependientes del tracto vocal y no necesariamente de los PPVV.

Debido a lo mencionado, la presente investigación busca indagar sobre la relación que existe entre las evaluaciones perceptuales y las objetivas, a través de grabaciones de video endoscopia laríngea de alta velocidad y mediciones acústicas. De esta manera, la relevancia del presente proyecto de investigación radica en primer lugar, en evidenciar y aumentar el

conocimiento de la relación entre las evaluaciones subjetivas y objetivas. En segundo lugar, de existir una alta correlación entre las medidas, se podría fortalecer la evaluación subjetiva y así, al no existir instrumentación en el centro de salud, se pueda hipotetizar con mayor seguridad que está pasando a nivel acústico y vibratorio con los PPVV. Por ende, se enriquecerá el campo clínico.

1.2 Pregunta de investigación

A partir de los antecedentes surge la siguiente pregunta: ¿Cuál es la relación entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Correlacionar los patrones vibratorios de los PPVV y mediciones acústicas con diferentes calidades vocales correspondiente a voces de personas con voz típica, NPVH (disfonía funcional primaria) y PVH (nódulos vocales)

1.3.2 Específicos

- Describir medidas perceptuales de diferentes calidades vocales correspondiente a voces con voz típica, disfonía funcional (NPVH) y nódulos vocales (PVH).
- Describir medidas vibratorias de los PPVV en diferentes calidades vocales correspondiente a voces con voz típica, disfonía funcional (NPVH) y nódulos vocales (PVH).
- Describir medidas acústicas de la voz de diferentes calidades vocales correspondiente a voces con voz típica, disfonía funcional (NPVH) y nódulos vocales (PVH).
- Determinar la correlación de medidas vibratorias y medidas acústicas con diferentes calidades vocales correspondiente a voces con voz típica, disfonía funcional (NPVH) y nódulos vocales (PVH).

1.4 Hipótesis

- Hipótesis de investigación: existe una alta correlación entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales.
- Hipótesis nula: no existe una correlación entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales.
- Hipótesis alternativa: existe una correlación parcial entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales.

1.5 Viabilidad de la investigación

La investigación es factible de realizar, debido a que existe el equipo, hardware y software necesario para realizar el análisis, y los datos ya han sido obtenidos por la Universidad Federico Santa María, lo que resguarda la seguridad de las estudiantes bajo un contexto de pandemia al realizar esta investigación de forma remota. Además, se cuenta con los recursos humanos pertinentes y con el apoyo del profesor guía Christian Castro, profesor asesor Matías Zañartu, el metodólogo Daniel Herrera y supervisión en la redacción por la profesora Eva Sotelo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

La presente investigación se propone correlacionar los patrones vibratorios de los PPVV y mediciones acústicas con la escala GIRBAS. Para este efecto, en el siguiente apartado se expondrán conceptos técnicos tales como voz, hiperfunción vocal, dado que la base de datos facilitada está compuesta por este tipo de trastornos, evaluación de la voz perceptual y objetiva. Lo anterior permitirá contextualizar y comprender el análisis de los datos recabados.

2.1 Voz

Cobeta et al. (2013) plantean que la voz es una característica propia del ser humano, la cual es elemental para comunicar y expresar las emociones. Cada persona tiene una voz característica y única, sin embargo, todas las voces manifiestan particularidades comunes, que pueden ser clasificadas bajo un criterio de normalidad en función de la edad y sexo de la población. Jackson-Menaldi (2019) agrega que la voz es producida por el aire que viene desde los pulmones y que pasa a través de la glotis, abertura delimitada por los PPVV. La presión de aire produce que la superficie de los pliegues realice un movimiento ondular y que estos, a su vez, se separen y aproximen generando una señal sonora continua, denominada voz.

La voz es el sonido que permite producir y comunicar significados, ideas y opiniones. Además, aporta datos importantes sobre sus características, como son el tono, intensidad, prosodia y calidad de voz. Esto facilita la identificación de información biológica y paralingüística en relación a cada persona, por ejemplo, su nacionalidad, su estado emocional, entre otros (Zhang, 2016).

2.2 Anatomía de la voz

La voz se compone de subsistemas biológicos, tales como el respiratorio, articulatorio, resonancial y fonatorio. Este último, incluye las funciones de la laringe, órgano en el cual se encuentran los PPVV, los cuales, al vibrar por la presión subglótica producida por el aire proveniente de los pulmones, dan origen a la voz (Delgado, Diaz, Leiva, Salazar y Vergara, 2017).

La laringe es el aparato fonador ubicado entre las vértebras C4 y C6, y está situada delante de la faringe. En hombres adultos, mide aproximadamente entre 5 y 7 centímetros, a diferencia de las mujeres adultas que suelen tener menor longitud (Sologuren, 2009). Su límite superior es el hueso hioides, dejando una porción libre debido a que un segmento de la epiglotis lo sobrepasa (Jackson-Menaldi, 2019).

Anatómicamente, la laringe se compone de “cinco cartílagos principales y cuatro cartílagos accesorios, que se unen entre sí y con estructuras periféricas mediante membranas y ligamentos” (Jackson-Menaldi, 2019, p.50). Entre los cartílagos que destacan son, Tiroides que mide alrededor de 3 cm y está conformado por dos láminas que generan un descanso para la glotis. También, se encuentra el cartílago cricoides que posee dos arcos; éste se ubica a 15 mm aproximadamente bajo los PPVV. Los cartílagos aritenoides tienen aspecto de pirámides y en su vértice se encuentran los cartílagos corniculados, los cuales se articulan con el cartílago cricoides (Sologuren, 2009). Además, están los cartílagos cuneiformes o de Wrisberg que destacan por su forma cilíndrica ligeramente plana y se sitúan en el espesor del repliegue aritenoepiglótico o zona de Wrisberg. Asimismo, se encuentra el cartílago epiglótico constituido por una lámina delgada de cartílago elástico y con múltiples perforaciones que sirven de paso para los filetes anteriores de la rama interna del nervio laríngeo superior (Jackson-Menaldi, 2019).

La laringe está compuesta, también, por músculos intrínsecos y extrínsecos. Los primeros están insertos en la zona interna de la laringe y tienen como función tensar los PPVV, además de abrir y cerrar la glotis. En cambio, los músculos extrínsecos están insertos en la zona externa de la laringe y se encargan de los movimientos laríngeos en la deglución (Sologuren, 2009).

En cuanto a los músculos intrínsecos, existen siete y cada uno con funciones distintas. En primer lugar, el músculo aritenopiglótico tiene la tarea de reducir el diámetro de la apertura laríngea y desplazar la epiglotis hacia atrás. El músculo tiroepiglótico está constituido por un grupo de fibras musculares tiro aritenoides que se encargan de ampliar el diámetro de la apertura laríngea y elevar epiglotis. El músculo tiroaritenoso es el cuerpo del pliegue vocal y se conforma por dos grupos de fibra, el tiroaritenoso interno y el externo. Por su parte, el músculo cricotiroideo posterior es el músculo que termina con superficie posterosuperior del proceso vocal; está compuesto por dos conjuntos de fibras, el haz lateral de dirección vertical y el haz medial de dirección horizontal, cuya acción principal es la abducción de los PPVV, por lo que durante la producción de algunos sonidos intervocálicos se produce un incremento de la actividad. El músculo cricoaritenoso lateral tiene como objetivo la aproximación de la porción membranosa del pliegue vocal, por lo cual regula la frecuencia y la intensidad. El músculo interaritenoso o aritenoso es constrictor de la glotis, ya que aproxima las caras internas de aritenoides en dirección medial. Por último, el músculo cricotiroideo es el encargado de aproximar el margen superior del arco cricoideo por debajo del cartílago tiroides, lo cual genera una elongación del pliegue vocal, porque se moviliza la lámina cricoidea hacia atrás y hacia abajo (Jackson - Menaldi, 2019).

Con respecto a los músculos extrínsecos, se dividen en elevadores de la laringe y depresores de la laringe. Uno de los más importantes es el esternotiroideo que tiene como acción principal desplazar la laringe hacia abajo y levemente hacia delante. También destaca el tirohioideo que, al contraerse, acorta la distancia entre el borde superior del cartílago tiroides e hioides; sin embargo, cuando el hioides está fijo, su rol esencial es el ascenso de la laringe. Por último, el cartílago constrictor inferior de la laringe o músculo tirofaríngeo durante la fonación genera variaciones de diámetro y consistencia como una cavidad de resonancia (Jackson-Menaldi, 2019).

Los PPVV están integrados por tres capas: capa superficial, capa intermedia y capa profunda. La capa superficial, también llamada mucosa del PPVV, tiene fibras elásticas distribuidas de forma desorganizada, lo cual permite a la mucosa poder desplazarse y recuperar su posición de partida tras finalizar el estímulo (Cobeta et al., 2013). La capa intermedia, también denominada ligamento vocal, provee a los PPVV con la rigidez y soporte requeridos; está compuesta por fibras elásticas y fibras colágenas; las primeras aportan cierto grado de elasticidad y las segundas resisten su distensibilidad (Cobeta et al., 2013). La capa profunda, también conocida como músculo vocal, está constituido por “fibras orientadas en el paralelo al ligamento vocal. En estas propiedades se basa la teoría mioelástica de la fonación” (Cobeta et al., 2013, p.32)

2.3 Fisiología de la voz

La fisiología de la fonación consiste en un continuo ajuste del flujo aéreo determinado por la interacción de las estructuras subglóticas, glóticas y supraglóticas. Dicho ajuste tiene como finalidad controlar la conversión de la energía aerodinámica en energía acústica a través de la presión subglótica, resonancia y presión supraglótica (Cobeta et al., 2013). La presión subglótica se puede comprender como la presión de aire debajo de los PPVV (subglotis) (Jackson-Menaldi et al., 1992 como se citó en Alvarez, Estay, González, Padilla y Pizarro,

2018). En cuanto a la resonancia, “consiste en la amplificación de un sonido de determinada frecuencia de una fuente de energía sonora por la acción de un cuerpo pasivo denominado ‘resonador’ o ‘filtro’” (Jackson-Menaldi et al., 1992, como se citó en Alvarez et al., 2018, p. 16). La presión supraglótica se refiere a la presión del aire contenida entre la glotis y los labios (tracto vocal) (Calvache y Guzmán, 2018); además, esta presión modifica el flujo glótico, específicamente, la amplitud y el contenido armónicos (Mac-iver, Nina y Urzúa, 2017)

La literatura evidencia teorías que describen la fisiología vocal; una de ellas es la teoría mioelástica. Esta plantea que los pliegues se contraen y tensan al momento de la fonación para así regular su elasticidad y apertura glótica. A su vez, manifiesta que la transmisión de energía provocada en la glotis genera una vibración en los PPVV, la cual es modulada por las presiones subglóticas y supraglóticas (Cobeta et al., 2013).

La fisiología de la voz también es explicada por la teoría fuente-filtro, la cual estipula que la señal radiada del habla corresponde al producto de la energía de la laringe y tracto vocal contemplando tres componentes para su producción. El primero, es la excitación que corresponde al flujo glótico producto de la vibración de los PPVV. El segundo elemento es la transmisión que está condicionada por la configuración y la resonancia del tracto vocal supraglótico, es decir, las cavidades faríngea y oral. En último lugar, se encuentra la radiación, que es la configuración de la apertura de la boca por la posición de los labios (Cobeta et al., 2013).

2.4 Parámetros acústicos de la voz

Los parámetros acústicos facilitan la descripción de la voz de manera objetiva, permitiendo distinguir entre emisión vocal saludable o patológica, además de entregar un perfil de estas. La descripción y caracterización es posible mediante las bases de datos, existentes en estudios previos, correspondiente a cada parámetro (Teixeira & Fernandes, 2015, como se citó en Alvarez et al., 2018). A continuación, se definen los parámetros acústicos más utilizados en el análisis clínico.

- **Frecuencia fundamental:** El parámetro de Frecuencia Fundamental (F0) corresponde a la cantidad de veces que una onda sonora se repite en el tiempo; su unidad de medida es los Hertzios (Hz). Se considera dependiente de la musculatura y la interacción fluido-estructural. Al evaluar este parámetro, se consideran rangos valóricos distintos para sexo y edad (Teixeira & Fernandes, 2015, como se citó en Alvarez et al., 2018).
- **Jitter:** La perturbación de la frecuencia, también llamada *Jitter*, se relaciona con las perturbaciones producidas en F0 en cortos períodos de tiempo, y su rango de normalidad es de 0 a 1,04 Hz. (Jackson-Menaldi, 2002; Elhendi, 2004, como se citó en Delgado et al., 2017).
- **Intensidad:** La intensidad es el parámetro que corresponde a una correlación física del fenómeno perceptual del volumen vocal; se expresa en decibelios (dB); y refleja la fuerza o amplitud con la que se produce el tono (Elhendi, 2005, como se citó en Alvarez et al., 2018). Cabe destacar que la intensidad es dependiente del contacto de los PPVV y de la presión subglótica; por ende, mientras menos contacto y presión posea, menor intensidad (Cisternas, Díaz y Marfull, 2012, como se citó en Alvarez et al., 2018). En este estudio se tomará una forma particular de medir la intensidad, en donde los decibeles son convertidos a presión sonora en un proceso de calibración, a lo cual se denominará intensidad “*Sound Pressure Level* o SPL”.

- *Shimmer*: La perturbación de amplitud o *Shimmer* tiene por objetivo estimar la variación de amplitud de la onda a través de períodos cortos de tiempo; suele medirse en decibeles (dB); y sus parámetros de normalidad pueden ser mayores o inferiores a 3,81% (Jackson-Menaldi, 2002; Elhendi, 2004, como se citó en Delgado et al., 2017).
- Armónicos: Los armónicos son considerados múltiples enteros de la F0; estos se describen como los modos de vibración de los PPVV (Salesa et al., 2013, como se citó en Alvarez et al., 2018). Es una onda periódica que repite el ciclo en intervalos regulares de tiempo, aumentando su frecuencia al doble (Gracida & Orduña, 2011, como se citó en Alvarez et al., 2018). Además, perceptualmente, están relacionados con la mordiente o brillo de la voz (Guzmán, 2011, como se citó en Delgado et al., 2017).
- Duración: La duración se describe como el tiempo de vibración de un sonido; para la mantención de la fonación, se necesita una coordinación entre el mecanismo valvular de la laringe con el flujo aéreo que proviene de los pulmones (Farias, 2020; Cobeta et al., 2013, como se citó en Delgado et al., 2017)
- Formantes: Los formantes se consideran como modos vibratorios dentro del tracto vocal; los cuatro primeros son los principales. El formante uno (F1) y dos (F2) identifican la mayor parte de las vocales, a diferencia de los formantes tres (F3) y cuatro (F4) que caracterizan la particularidad vocal de cada individuo. La relación que se produce entre formantes es definida como timbre o calidad vocal. Perceptualmente, los formantes están relacionados con el color de la voz (Farias, 2020; Guzmán, 2011, como se citó en Delgado et al., 2017).

- Relación ruido armónico (*Noise to Harmonic Ratio*): *Noise to Harmonic Ratio* (NHR) es la proporción entre el ruido (*Noise*) y los armónicos (*Harmonics*) que contiene una voz y 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 y Miralles, 2002). Sus valores de normalidad se encuentran entre 0 y 0,19% (Jackson-Menaldi, 2002).
- Prominencia del Pico Cepstral Suavizado: *Smoothed Cepstral Peak Prominence* (CPPS) es la medida más consistente de la gravedad de la NPVH; corresponde a la prominencia del pico cepstral suavizado y está en estrecha relación con las calificaciones perceptivas de los cambios en la calidad vocal (Schenck et al., 2020). Además, establece la F0 en base a la periodicidad de los armónicos de un sonido (Delgado, Gómez y Jiménez, 2019). La amplitud del pico detalla el grado de periodicidad de la señal más baja en relación a otros componentes periódicos (Delgado et al., 2019).

2.5 Voz típica

La voz, para ser considerada una voz típica, perceptualmente debe tener un timbre agradable, tono adecuado a la edad y sexo, volumen y flexibilidad apropiado. En cuanto a la anatomía de PPVV sanos, deben tener homogeneidad a lo largo de su eje longitudinal y simetría en los movimientos vibratorios (Cobeta et al., 2013). Cabe destacar que la voz típica depende de la percepción de cada oyente y de cada hablante en base a criterios socioculturales, educacionales, laborales y ambientales (Sanz, Rodríguez, Bau & Rivera, 2015).

2.6 Disfonías

La disfonía es reconocida como una alteración vocal que puede ser momentánea o duradera; se caracteriza por afectar uno o más parámetros vocales, como la flexibilidad, timbre, duración, intensidad y altura tonal. En cuanto a su clasificación, esta patología se divide en orgánica o trastorno orgánico-funcional, trastornos funcionales y psicógenos (Sanz et al., 2015).

2.6.1 Disfonías funcionales

Las disfonías funcionales se definen como “desórdenes en el comportamiento vocal, que no presentan alteración orgánica visible en el estudio laríngeo” (Mac-iver et al., 2017, p. 18). Según estas autoras, en las disfonías funcionales se manifiesta una desviación del comportamiento vocal típica, lo cual puede ser causado por una utilización vocal inapropiada (disfonías funcionales primarias), inadaptaciones (disfonías funcionales secundarias) o alteraciones psicógenas (Behlau y Pontes, 2000, como se citó en Mac-iver et al., 2017).

Recientemente, la disfonía funcional se ha clasificado bajo una nueva nomenclatura como hiperfunción no fonotraumática (NPVH por sus siglas en inglés) y es entendida como un factor etiológico en la disfonía de tensión muscular primaria. Las personas con NPVH desarrollan una función fonatoria anormal e ineficaz, caracterizándose por aumento en presión subglótica y cierre glótico incompleto, provocando disfonías, pero no traumatismos en el tejido del pliegue (Hillman, Stepp, Van Stan, Zañartu, & Mehta, 2020)

2.6.2 Disfonías orgánicas de base funcional

Las disfonías orgánicas de base funcional se identifican por presentar lesiones benignas causadas por un mal uso y/o abuso vocal. Algunas de las lesiones son nódulos, pólipos vocales, quistes, edemas de Reinke, entre otras (Sanz et al., 2015). Estas lesiones pueden revertirse con terapia vocal cuando son pesquisadas tempranamente (Behlau y Pontes, 1995, como se citó en Mac-iver et al., 2017).

Recientemente, la disfonía orgánica de base funcional se ha clasificado bajo una nueva nomenclatura como hiperfunción fonotraumática (PVH por sus siglas en inglés), y se considera que las personas con esta disfonía tienden a realizar un cierre glótico abrupto y poseer mayor fuerza fonatoria. Lo anterior genera un daño en el tejido del pliegue vocal, provocando un aumento progresivo en la hiperfunción para lograr una emisión adecuada. Esto último ocurre para compensar la deficiencia vocal y alcanzar niveles normales de presión sonora vocal (Hillman et al., 2020).

2.7 Nódulos vocales

Como se mencionó con anterioridad, una de las lesiones causadas en las disfonías orgánicas funcional son los nódulos vocales, patología que se abordará como objeto de estudio en la presente investigación. Este tipo de lesiones se caracterizan por un engrosamiento en la capa superficial de la mucosa que recubre al pliegue vocal y tienden a ubicarse en el tercio anterior de los PPVV. Es común que sean simétricos, bilaterales y presenten un cierre incompleto de la glotis en forma de reloj de arena, caracterizando una voz que suele ser ronca con escapes de aire (Sanz et al., 2015).

American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) relaciona el abuso continuo de la voz con el crecimiento de nódulos, descritos como un crecimiento benigno no canceroso resultante de la inflamación y endurecimiento del tejido de los PPVV. Algunos de los tratamientos que son sugeridos por parte de un terapeuta de la voz son la reducción de abuso vocal y de tensión muscular, además de cambios en el tono vocal. La aparición de este tipo de lesiones es predominante en el sexo femenino, observándose una sintomatología caracterizada por dolor, picazón, fatiga vocal, extensión tonal acortada y desplazada hacia graves, pérdida de voz al incrementar su uso, entre otros (Farias, 2020). Para la evaluación de estos parámetros y posterior diagnóstico de estas lesiones, en el tracto vocal se pueden realizar distintos exámenes perceptuales y objetivos. A continuación, se describen algunos.

2.8 Evaluación de la voz

En el presente apartado se describirán las distintas apreciaciones utilizadas en la evaluación de la voz, tales como perceptual, objetiva, laringoscópica y acústica. A su vez, se destacará la Endoscopia de alta velocidad (*High Speed Video Endoscopy*), con el objetivo de contextualizar y comprender el análisis de los datos del presente estudio.

2.8.1 Evaluación perceptual

La evaluación perceptual comienza con la anamnesis, cuyo objetivo es recaudar información relevante sobre la persona y observar la voz espontánea para comenzar a identificar sus características, tales como resonancia, prosodia, articulación, entre otros (Reghunathan & Bryson, 2019). La evaluación perceptual se puede complementar con escalas semiobjetivas, como la escala GRBAS, “recomendada por la Sociedad Europea de Laringología para evaluar la calidad global de la voz de forma perceptual” (Bustos et al., 2016, p. 71), para describir y cuantificar sistemáticamente diversas características de la voz. La evaluación se enfoca en cinco parámetros, puntuando de 0 a 3, en donde 0 es ausencia de disfonía, y de 1 a 3, presencia de esta; entre más alto el valor, es más grave la disfonía (Busto et al., 2016).

Como se señaló anteriormente, la Escala de GRBAS consta de cinco parámetros. El primero es *Grade* (G), que corresponde al grado de anormalidad, disfonía o afectación vocal. El segundo ítem es *Roughness* (R) cuyo objetivo es evaluar la ronquera o aspereza de la voz, además de medir la irregularidad de los PPVV y caracterizarse por poseer un componente de ruido de baja frecuencia. El tercero es *Asthenicity* (A) o astenia que refleja debilitamiento vocal o hipofuncionalidad. El cuarto es *Breathiness* (B) o soplocidad, mediante el cual se percibe escape de aire en la voz o ruidos originados por la insuficiencia glótica. Finalmente, el parámetro *Strain* (S) o tensión vocal evidencia esfuerzo excesivo para fonar (Bustos et al., 2016).

La Escala de evaluación de GRBAS fue desarrollada por la *Japan Society of Logopedics and Phoniatics* durante el año 1981 y es “la escala más fiable, difundida y utilizada para la valoración perceptual de la calidad vocal” (Sostres, Quintero y Amaro, 2015, p. 80). Años más tarde, se agregó un sexto parámetro a la escala (Dejonckere et al., 1996, como se citó en Pinkerton, 2016), la *Instability* (I), cuya función es la identificación de temblor y quiebres tonales o cambios de la calidad vocal a lo largo del tiempo (Carrasco et al., 2010). Por esta razón, la sigla de la Escala cambió y actualmente se identifica como GIRBAS.

Además de la evaluación antes descrita, existe la escala RASATI, la cual surge como una adaptación portuguesa a la escala GIRBAS. Ésta considera los parámetros de Ronquera (R), Aspereza (A), Soplocidad (S), Astenia (A), Tensión (T) e Inestabilidad (I). La principal distinción y característica se deben a la separación de los parámetros de R y aspereza (Farias, 2016). Respecto a la puntuación de esta escala, esta se mide de 0 a 3 según el nivel de disfonía. La característica principal de esta evaluación es que puede identificar, a la vez, aspereza y R en cuanto a las variaciones vocales. Esta escala se utiliza a nivel local, principalmente en Brasil, a diferencia de la Escala de GIRBAS, la que es usada a nivel internacional (Pinho y Pontes, 2002 como se citó en Isla et al., 2018).

El parámetro de R se enfoca en la irregularidad vibratoria de la mucosa de los PPVV durante la fonación, siendo característica en presencia de nódulos, hiperemia y edemas (Isshiki, 1980 como se citó en Farías, 2016). El parámetro de aspereza, en tanto, se distingue del anterior porque permite identificar la rigidez de la mucosa de los PPVV, lo que provoca una voz seca sin proyección, característico en presencia de sulcus vocal y sinequias. Respecto a los otros parámetros, estos son definidos igual que en escala GIRBAS (Farías, 2020).

2.8.2 Evaluación objetiva

Las evaluaciones objetivas dan resultados que se pueden comprobar con información visual, permitiendo observar alteraciones vocales directamente examinando la estructura. Estas evaluaciones aportan mucha información al diagnóstico clínico sin involucrar demasiado el juicio personal. A continuación, se describirán algunas evaluaciones objetivas, específicamente, Evaluación Acústica, Nasofibroscopía, Estroboscopia y Endoscopia de alta velocidad.

2.8.2.1 Evaluación Acústica

La evaluación acústica de la voz corresponde a una “herramienta objetiva y no invasiva de exploración vocal, que emplea el registro y análisis de la señal acústica obtenida a partir de una tarea vocal” (Droguett, 2017, p. 474). Además, confiere la medición de los principales parámetros acústicos de la voz, los cuales se mencionaron anteriormente. Entre los más importantes destacan *Shimmer* (variación de intensidad o amplitud), F0, SPL, *Jitter* (variación de frecuencia que existe entre cada ciclo vocal), HNR, NHR (Sanz et al., 2015; González et al., 2002), y CPPS (Schenck et al., 2020).

2.8.2.2 Evaluaciones laringoscópicas

Las evaluaciones laringoscópicas emiten imágenes y grabaciones mediante instrumentos que se introducen por vía oral o nasal que pueden ser analizadas, permitiendo observar estructuras anatómicas y evaluar diferentes parámetros de la voz de manera objetiva. A continuación, se describirán los tipos de Laringoscopías, específicamente nasofibroscopía, estroboscopia y endoscopia de alta velocidad.

2.8.2.2.1 Nasofibroscopía

El examen de nasofibroscopía, según Finkelstein y Caro (2008), corresponde a un procedimiento simple y útil para complementar la evaluación clínica. Esta es una observación objetiva que permite realizar el diagnóstico de nódulos vocales, entre otras lesiones posibles en los PPVV (Sanz et al., 2015).

Para realizar el examen, se utiliza un nasofibroscopio, reconocido como un instrumento de fibra óptica que posee un diámetro de entre 4,2 y 3,2 mm, tiene una longitud de 30 cm, y su calidad de exploración depende de la inclinación, que puede llegar hasta los 180°. Para utilizarlo, se puede anestesiarse la fosa nasal más ancha del usuario e indicarle que respire por vía oral al momento de introducir el aparato para evitar que se empañe la cámara. Cuando el nasofibroscopio llega al velo faríngeo, se le solicita al usuario que respire por vía nasal, lo que permite visualizar la laringe durante la respiración, voz hablada o cantada (Remacle, Lawson, Giovanni y Woisard, 2006).

Esta evaluación se utiliza con regularidad en la consulta otorrinolaringológica, debido a su facilidad de aplicación, pues permite la observación de PPVV, incluso con mala posición epiglótica, en niños pequeños y pacientes postrados. Sin embargo, su desventaja está en el resultado de imagen, ya que es pequeña, de baja calidad y con una pérdida significativa de luz. Esto último se puede corregir reemplazando el uso de fibras ópticas por una microcámara con dispositivo de carga acoplada (CCD) y así obtener imágenes de mayor calidad (Remacle et al., 2006).

2.8.2.2.2 Estroboscopia

La estroboscopia es un examen que otorga información sobre la flexibilidad de la mucosa; para ello, se utiliza un estroboscopio. Este es un instrumento óptico que emite una fuente de luz intermitente y que se sincroniza con la frecuencia fundamental del paciente dando la ilusión de una oscilación de la mucosa en cámara lenta (Reghunathan & Bryson, 2019). Por lo tanto, lo que se visualiza, en realidad, “es una suma de fragmentos consecutivos del ciclo vibratorio que difieren ligeramente entre sí y que, presentados de manera consecutiva, generan la impresión visual de un ciclo completo” (Cobeta et al., 2013, p. 148). Específicamente, Reghunathan y Bryson (2019) señalan que “esta imagen parece fluida debido a la ley de Talbot, que establece que las imágenes presentadas con una rapidez superior a 200 ms (5 imágenes por segundo) se ven como una imagen constante y en suave movimiento” (Reghunathan & Bryson, 2019, p. 592).

Al analizar perceptualmente la grabación de la estroboscopia, se logra observar los cinco componentes del ciclo vibratorio (Reghunathan & Bryson, 2019):

- Regularidad: uniformidad de los ciclos.
- Amplitud: movimiento lateral del pliegue
- Onda de la mucosa: relacionada con el movimiento de esta
- Simetría de la fase: comparación entre ambos pliegues, respecto a la apertura, cierre y movimiento de medial a lateral:
- Nivel vertical: simetría en el plano vertical de ambos pliegues
- Cierre glótico: permite observar el cierre completo o incompleto

2.8.2.2.3 Endoscopia de alta velocidad (*High Speed Video Endoscopy*)

La videoendoscopia de alta velocidad (VHS) es un procedimiento que evalúa la función y estructura laríngea mediante el uso de un endoscopio introducido por vía oral o nasal, conectado a una cámara de alta velocidad (Deliyski, Hillman & Mehta, 2015). Este dispositivo permite obtener un video en color o blanco y negro de alta velocidad (CHS), lo que se conoce como video “*slow motion*” o “video en cámara lenta” (Popolo & Johnson, 2020). En cuanto a la cantidad de cuadros por segundo que registra, es significativamente mayor en comparación con la videoestroboscopia, es decir, captura de 2.000 a 20.000 fotogramas por segundos (FPS), comparados con los 24 a 36 cuadros por segundo utilizados en los procedimientos estroboscópicos. De esta forma, se puede captar la vibración de los PPVV más rápido y reproducirlas en cámara lenta aportando información importante, antes inobservable, para el diagnóstico y tratamiento de personas con PPVV sin alteraciones, así como patológicos (Zacharias, Deliyski & Gerlach, 2017).

2.8.2.2.3.1 Análisis cuantitativo a partir de la endoscopía de alta velocidad

La endoscopía de alta velocidad contribuye al estudio de aspectos vibratorios que no son factibles de cuantificar mediante la estroboscopia, dado que esta última técnica sólo facilita un análisis perceptual por parte del clínico especialista. En cambio, el uso de cámara de alta velocidad en endoscopías laríngeas a través de técnicas de procesamiento digital de imagen permite cuantificar aspectos vibratorios. Estas técnicas son el Porcentaje de Asimetría de Fase, que refleja la asimetría en los desplazamientos laterales de los PPVV izquierdo y derecho en relación con la línea media (Deliyski, Hillman, Mehta, Quatieri & Zañartu, 2011); y el Porcentaje de Asimetría de Amplitud, definido como la diferencia de amplitud vibratoria respecto al eje del cierre cordal entre el pliegue vocal derecho e izquierdo, permitiendo cuantificar sus grados de variabilidad de amplitud (Mehta et al., 2011). Ambos aspectos son de utilidad para describir patologías laríngeas (Zacharias et al., 2017). Esto se puede realizar mediante técnicas de análisis de video como son la kymografía, la fonovibrografía y la distribución de borde.

Entre los análisis de videoendoscopías de alta velocidad, uno de los más utilizados se obtiene mediante la técnica conocida como kymografía. Este análisis de imagen permite la visualización, análisis de la patrones y movimientos de la vibración real de los PPVV en conjunto con los tejidos circundantes, a través de la segmentación de la glotis en porciones (generalmente una porción anterior, media y posterior). Por cada porción glotal, se reconocen los bordes de cada pliegue vocal para posteriormente seguir su trayectoria a lo largo del tiempo (García, 2011; Vydrová, Svec & Sram, 2015). De esta forma, se obtiene un análisis del comportamiento dinámico de los PPVV, posibilitando una óptima caracterización de su proceso de vibración (Herbst, 2009, Manfredi, 2006, como se citó en García, 2011).

La kymografía propicia la observación de asimetrías en los patrones de vibración y la cuantificación de vibraciones de los PPVV (Tsutsumi et al., 2016). Además, esta técnica permite detectar alteraciones vibracionales en hiperfunciones no fonotraumáticas, en donde los PPVV no exhiben alguna anomalía estructural obvia, no obstante, la voz está alterada de alguna manera (Vydrová et al., 2015).

Otra técnica de procesamiento digital de video es la fonovibrografía (PVG), que permite observar el desplazamiento de los PPVV en diferentes posiciones a lo largo de la glotis. Al contrario de la kymografía, no se realiza por segmentos, sino que detecta el borde de cada pliegue vocal, los separa en izquierda y derecha, y sigue su movimiento considerando su longitud anteroposterior. Además, entrega información cualitativa de la uniformidad de la fase y la amplitud asimétrica de los pliegues (Mehta et al., 2011). Este método proporciona imágenes muy claras de las fases de apertura y cierre de los pliegues, lo que posibilita caracterizar de forma precisa el comportamiento dinámico de estos (García, 2011).

En cuanto al análisis de distribución de borde, este consiste en extraer información del borde de los PPVV, detectando el pliegue vocal izquierdo y derecho, así como el área glótica para cada cuadro del video creado con HSV. Posteriormente, se aplica un análisis estadístico para lograr estimar la función de densidad de probabilidad, es decir, una visualización de las estadísticas del borde del pliegue a lo largo del ciclo vibratorio. Esto permite visualizar irregularidades en los patrones de vibración, amplitud de vibración y área vibratoria (Testar, Castro, Galindo, Pérez & Zañartu, 2017).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se describirán las características del estudio, de la muestra, definiciones y rangos de normalidad de cada variable, los instrumentos utilizados en cada fase y finalmente el procedimiento.

3.1 Tipo de estudio

3.1.1 Enfoque

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que mide variables en un contexto determinado, los resultados se analizan utilizando métodos estadísticos y finalmente se extraen una serie de conclusiones (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Esta investigación tiene como finalidad correlacionar las variables biomecánicas (Área glótica, AP, AA, *Jitter*, *Shimmer*, NHR, CPPS, SPL, H1 – H2, F0 y perceptuales (GIRBAS).

3.1.2 Alcance

El estudio correlacional corresponde al grado de asociación entre dos o más variables las cuales se miden por separado, luego se cuantifican y analizan para posteriormente vincularlas o relacionarlas (Hernández et al., 2014). En este estudio, se pretende determinar la relación entre las variables; AP, AA, *Jitter*, *Shimmer*, NHR, CPPS, SPL, H1 – H2, F0 y los parámetros de GIRBAS. Esto se realizará mediante un diseño de datos y observación.

3.1.3 Diseño

El diseño es no experimental, debido a que no hay manipulación de variables, en otras palabras, sólo se observarán fenómenos en un contexto natural. Además, este estudio es de tipo transversal o transeccional, ya que la información obtenida de los participantes se produce en un único momento, por lo que la finalidad es describir variables y analizarlas (Hernández et al., 2014). En esta investigación, se van a realizar las mediciones dentro de un tiempo determinado sin manipular las variables.

3.2 Población

La población objetivo de esta investigación corresponde a adultos entre 18 y 30 años, pertenecientes a las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso, región de Valparaíso, Chile.

3.3 Muestra

3.3.1 Tipo de muestreo y diseños de las muestras

El tipo de muestreo es de tipo no probabilístico o dirigido, ya que se utilizaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar la muestra, es decir, la selección de participantes es orientada según la propia investigación (Hernández et al., 2014). La muestra de este estudio está compuesta por 30 participantes voluntarios a quienes se les realizó 2 evaluaciones, el video de alta velocidad y grabaciones acústicas, cuya información se proporcionó a través de una base de datos del laboratorio de voz de la Universidad Federico Santa María. Además, se evaluarán los parámetros perceptuales de la escala de GIRBAS puntuadas por expertos.

3.3.2 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es de 30 personas, que para fines del estudio fueron divididas en tres grupos: 10 con voz típica, 10 con nódulos vocales y 10 con NPVH, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. La muestra de esta investigación proviene de una base de datos de la Universidad Federico Santa María; ésta consiste en videos de endoscopias realizadas con cámara de alta velocidad de un proyecto FONDECYT de Hiperfunción vocal.

3.3.3 Criterios de selección de la muestra

El tipo de muestreo es dirigido, debido a que las características del presente estudio, como la correlación entre las variables, se aplican solamente para estos casos en específico; éstos no requieren de una representatividad estadística aplicado a una población general.

3.3.3.1 Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión establecidos para el grupo de voces saludables son las siguientes:

- Puntuación de GIRBAS 0.
- No presentar patologías visibles ante una endoscopia.

Los criterios de inclusión establecidos que se consideraron para el grupo de voces patológicas son los siguientes:

- Presencia de Nódulos Vocales bilaterales (PVH), mediante una endoscopia y ser diagnosticado por un Otorrinolaringólogo (ORL).
- Presencia de disfonía funcional primaria (NPVH), mediante una endoscopia y ser diagnosticado por un Otorrinolaringólogo (ORL).
- Puntuación de 1 o más en algún parámetro de la escala GIRBAS.

3.3.3.2 Criterios de exclusión

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

- Adultos que presentaran cualquier otra patología vocal que no fuesen nódulos vocales bilaterales.
- Tener menos de 18 años y más de 60 años, ya que hay altas posibilidades de presentar cambios asociados a la edad (puberfonía y presbifonía respectivamente).
- Presentar cualidades anatómicas que imposibiliten realizar los exámenes correspondientes.

3.4 Operacionalización de variables

A continuación, se describen las medidas vibratorias, medidas acústicas y parámetros perceptuales con sus respectivos rangos cuantitativos.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Dimensión: Parámetros biomecánicos		
Indicador	Definición	Operacionalización
Medidas vibratorias		
Área glótica	Superficie comprendida entre el pliegue vocal derecho y pliegue vocal izquierdo y entre la comisura anterior y posterior (Daryush, Zañartu, Quatieri, Deliyski & Hillman, 2011).	El rango de cociente para sujetos normotípicos va entre 40 y 60% (Deliyski, Petrushev, Shaw, Treman, Martin-Harris & Hillman, 2007). El rango del área glotal va desde 0,45 a 0,001 (Daryush et al., 2011).
Porcentaje de asimetría de fase	Porcentaje que refleja la asimetría en los desplazamientos laterales de los PPVV izquierdo y derecho en relación con la línea media, esta asimetría afecta la modulación del flujo de aire glótico y repercute en las características espectrales de la voz (Deliyski, Hillman, Mehta, Quateri & Zañartu, 2011).	Cuanto más alto es el porcentaje, más asimétricas estarán las vibraciones de los PPVV izquierda y derecha considerando la fase. El parámetro normal corresponde hasta un 10% (Castro, Galindo, Testar & Zañartu, 2017).

Porcentaje de asimetría de amplitud	Asimetría de amplitud izquierda-derecha que cuantifica los desplazamientos relativos <i>peak a peak</i> de los PPVV izquierdo y derecho. Corresponde a la diferencia de amplitud vibratoria respecto al eje del cierre cordal entre el pliegue vocal derecho y el izquierdo, permitiendo cuantificar el grado variabilidad de amplitud entre pliegue vocal izquierdo y derecho (Daryush et al., 2011).	Hasta un 10% se considera normal (Daryush et al., 2011; Castro et al., 2017).
Medidas acústicas		
Perturbación de la frecuencia (Jitter)	Variabilidad de la frecuencia fundamental de la voz ciclo a ciclo y se mide en microsegundos (González et al., 2002).	Se considera: <u>Normal:</u> valores entre 0% y 1,04%. <u>Anormal:</u> valores debajo de 0% o sobre 1,04%.
Perturbación de la intensidad (Shimmer)	Medición de la variabilidad de la amplitud de la onda sonora entre períodos consecutivos y se expresa en dB (González et al., 2002).	Se considera: <u>Normal:</u> valores iguales o inferiores a 3,81%. <u>Anormal:</u> valores sobre 3,81%.
Relación ruido armónico (NHR):	Cociente entre la energía inarmónica en el rango 1500-4500 Hz y la energía armónica en el rango 70-4500 Hz (González et al., 2002).	Se considera: <u>Normal:</u> valores entre 0 y 0,19. <u>Anormal:</u> valores sobre 0,19.

Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS)	La prominencia del pico cepstral suavizado es la medida más robusta de la gravedad de la disfonía, se relaciona con las calificaciones perceptivas de los cambios en la calidad vocal (Schenck et al., 2020). Establece la F0 en base a la periodicidad de los armónicos de un sonido, la amplitud del pico detalla el grado de periodicidad de la señal más baja en frecuencia en relación con otros componentes periódicos o ruidosos presentes (Delgado et al., 2019).	Puede calcularse a través de vocal sostenida o habla continua. <u>Voces normales:</u> media menor a 0.5 ($G_{media} < 0.5$) en la calificación de la escala perceptiva. <u>Voces disfónicas:</u> media mayor o igual a 0.50 ($G_{media} \geq 0.50$ a ≤ 3) en la calificación de la escala perceptiva (Delgado et al., 2019).
Armónico 1 – Armónico 2 (H1–H2)	Se calcula la diferencia de energía entre las regiones del primer armónico con el segundo armónico de la voz. Esta corresponde al nivel de diferencia entre 300-800 Hz y 50-300 Hz, que proporciona información sobre el modo de la fonación, el cual se asocia al tipo de cierre glótico entregando información relevante sobre el ruido en la fuente sonora (Mehta, Espinoza, Van Stan, Zañartu & Hillman, 2019).	Puede calcularse a través de vocal sostenida o habla continua. <u>Voces normales:</u> entre 4 y 7 dB. <u>Voces con hiperfunción:</u> Menor a 3 dB.
Sound Pressure Level (SPL)	El nivel de presión de sonido (SPL), corresponde a la medida expresada en presión sonora de la intensidad de la	Los valores normales en el adulto presentan un rango entre 50 y 110 dB,

	voz en decibeles (dB) (Espinoza, Mehta, Van Stan, Hillman & Zañartu, 2020).	siendo el nivel conversacional habitual de 70-75 dB.
Frecuencia Fundamental (F0)	Corresponde a la cantidad de veces que una onda sonora se repite en el tiempo. Es dependiente de la musculatura y la interacción fluido-estructural. Al evaluar este parámetro, se consideran rangos valóricos distintos para sexo y edad (Teixeira & Fernandes, 2015, como se citó en Alvarez et al., 2018).	La F0 se puede extender en un rango de 100 a 165 Hz en hombres y entre 190 a 262 Hz en mujeres (Jackson-Menaldi, 2005)
Dimensión: Parámetros perceptuales		
GIRBAS	Corresponde a un método perceptual que permite clasificar patologías de la voz a través de 5 parámetros vocales (Núñez et al., 2012).	Se mide con una escala de valoración con numeración de 0 a 3 con diferentes grados. Esta evaluación se realiza con diferentes tareas, como son el habla espontánea, la lectura, emisión de vocales, entre otras.
GIRBAS: <i>Grade of dysphonia</i> (G)	Grado de disfonía, se refiere al nivel general de afectación vocal (Núñez et al., 2012).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave

GIRBAS: <i>Roughness (R)</i>	Ronquera, este parámetro se relaciona con los cierres glóticos irregulares, baja frecuencia, aspereza (Nuñez et al., 2012).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave
GIRBAS: <i>Inestability (I)</i>	Inestabilidad, este parámetro se relaciona con la fluctuación o cambios de la calidad vocal a lo largo del tiempo (Carrasco et al., 2010).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave
GIRBAS: <i>Breathness (B)</i>	Soplocidad, voz relacionada con el ruido provocado por un cierre glótico ineficiente (Nuñez et al., 2012).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave
GIRBAS: <i>Asthenia (A)</i>	Astenia, se caracteriza por presentar debilidad en la fonación, debilidad muscular laríngea (Nuñez et al., 2012).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave

GIRBAS: <i>Strain</i> (S)	Tensión, voz con esfuerzo y tensión excesiva (Nuñez et al., 2012).	Se mide con una escala de 0-3 con los grados: 0: normal 1: leve 2: moderado 3: grave
----------------------------------	--	--

3.5 Instrumentos

3.5.1 Instrumentos para seleccionar la muestra

Para la selección de participantes, se aplicaron 2 pautas, las cuales son una pauta de evaluación fonoaudiológica, que incluye la aplicación de la escala GIRBAS, y una pauta de evaluación de ORL.

3.5.2 Instrumentos para lograr el objetivo de la investigación

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron:

- Cámara de alta velocidad (Modelo SX2, *Photron*)
- Endoscopio
- Fuente de luz
- Adquisidor de señales
- Acondicionador de señales
- Micrófono
- Computador especializados

3.5.3 Técnicas de obtención de la información

La obtención de datos se realizó a través de:

- Software de adquisición de la cámara
- Software de adquisición de señales
- Software MATLAB
- Software Praat
- GIRBAS
- Programa Excel con hoja de cálculo con formato de elaboración propia (Anexo 1).

3.6 Procedimientos

La investigación busca indagar la relación que existe entre las evaluaciones perceptuales y las objetivas a través de grabaciones de video endoscopia laríngea de alta velocidad. Debido a esto, nuestra pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cuál es la relación entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales?. El desarrollo de esta investigación evidenciará y aumentará el conocimiento entre la relación de las evaluaciones subjetivas y objetivas, con la finalidad de fortalecer la evaluación subjetiva y así, al no existir instrumentación en el centro de salud, se pueda declarar con seguridad el diagnóstico, enriqueciendo el campo clínico.

Para comenzar, el procedimiento metodológico inició con un análisis de datos videográficos con cámara de alta velocidad que se correlacionaron con la evaluación perceptual de escala de GIRBAS, realizada a una muestra de 30 personas, 10 con voz típica, 10 con nódulos vocales y 10 con NPVH. Cabe recalcar, que esta última evaluación fue valorada por 3 expertos profesionales del área de la voz.

Una vez adquiridos los videos se procedió a la selección de una zona de interés del video, la cual abarcó completamente la glotis. Posteriormente, se aplicó un filtro de video para convertir las imágenes a blanco y negro, junto a un código para estabilizar el movimiento. Luego, se corrió un script que detectó cada borde de los PPVV mediante umbrales de escalas de grises, para después seleccionar una zona de interés en la glotis. Parte del equipo de recolección de datos con mayor experiencia seleccionó una línea media en el video desde aritenoides hasta la comisura anterior de los PPVV que representó el centro de la glotis. Los parámetros de asimetría de fase y asimetría de amplitud se calcularon en base a esta línea de referencia.

Los videos de alta velocidad se obtuvieron mediante una endoscopia rígida, procedimiento a cargo de médico ORL, el cual consiste en la introducción de una fibra óptica por vía oral hasta la altura de la supraglotis que se conecta a una cámara de alta velocidad (Modelo SX2, *Photron*) mediante un lente adaptador con postura en C (Lens coupler 1945, Kaypentax). Una vez posicionada la fibra endoscópica se realizó una grabación de video de alta velocidad de la vibración de los PPVV, obteniendo videos de una duración de 0.7 segundos de 8000 cuadros por segundo con una resolución de 500 x 500 pixeles a color.

Las grabaciones acústicas de la voz se obtuvieron en la misma sesión de grabación que los videos de alta velocidad. Estas consistieron en una repetición de 5 vocales sostenidas y 5 sílabas /pa/ sostenidas, cada fonación se solicitó a una intensidad confortable y a una intensidad fuerte. Los registros acústicos se obtuvieron por medio de micrófono de condensador (modelo 1967. B&K) conectado a un acondicionador de señales USB (USB373, B&K), el cual a su vez se conectó a un adquisidor de señales (3123 *National Instruments*). Se utilizaron 20 KHz como frecuencia de sampleo con una cuantización de 16 bits.

Para la obtención de los datos perceptuales de la muestra, los audios de las grabaciones de cada voz fueron enviadas a un grupo de expertos compuesto por tres fonoaudiólogos con más de ocho años de experiencia, quienes puntuaron y calificaron las voces según la escala

GIRBAS respaldando la información en una pauta en formato Excel de elaboración propia que se les facilitó. Posteriormente se realizó un análisis de confiabilidad intra e inter evaluador para verificar la concordancia entre las puntuaciones y entre los evaluadores.

En cuanto al análisis estadístico de los datos, se plantea el uso de estadística descriptiva considerando promedio, medianas, modas y desviaciones estándar para cada variable del estudio con el fin de describir el comportamiento de las variables para cada grupo. Así como un análisis de correlación con dos pruebas, *R de Pearson* y *Rho de Spearman* para establecer la relación estadística entre las variables de la investigación. Ambos análisis, tanto el descriptivo como el de correlación estadística se realizarán en el software SPSS de IBM.

Finalmente, con los resultados del análisis estadístico se podrá sustraer la conclusión y discusiones, así mismo dar respuesta a la incógnita sobre la relación existente entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales (típica o saludable, tensa y soplada). Lo anterior, con el propósito de fortalecer la evaluación subjetiva y enriquecer el campo clínico.

3.7 Materiales

En el proceso de recolección de datos, los materiales que se utilizaron son:

- Gasas
- Desinfectante endoscopio
- Alcohol
- Anestesia (lidocaína al 10%)
- Computador
- Internet
- Cámara
- Endoscopio
- Imágenes capturadas
- Base de datos con información de los resultados de las evaluaciones

Para el proceso de análisis, se ocuparon los siguientes elementos:

- Computadores
- Internet
- *Software* MATLAB
- Cuaderno
- Lápiz
- SPSS

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este apartado se abordarán los resultados del estudio, el cual tiene por objetivo correlacionar los patrones vibratorios de los PPVV con mediciones en diferentes calidades vocales, a través de la comparación de parámetros biomecánicos (área glótica, AP, AA, medidas acústicas (*Jitter*, *Shimmer*, NHR y CPPS) y parámetros perceptuales (GIRBAS). La obtención de datos se realizó mediante la emisión de la vocal /a/ analizada en el programa Praat y MATLAB, exponiendo los resultados recolección a través de estadística descriptiva (diagramas de caja) e índice de correlación, ambos calculados utilizando *software* SPSS. Estos fueron extraídos de una muestra compuesta por 30 personas que están divididas en tres subgrupos de 10 personas, las cuales son voz típica, nódulos y disfonías funcionales. A continuación, se describirá el comportamiento de los parámetros vibratorios, acústicos y perceptuales para los tres grupos que conforman la muestra. Luego, se expondrán los resultados de las correlaciones entre las variables perceptuales (GIRBAS) con las variables vibratorias y acústicas.

En este apartado se abordarán los resultados del estudio, el cual tiene por objetivo correlacionar los patrones vibratorios de los PPVV con mediciones acústicas en diferentes calidades vocales, a través de la comparación de parámetros biomecánicos (área glótica, AP, AA, medidas acústicas (*Jitter*, *Shimmer*, NHR y CPPS) y parámetros perceptuales (GIRBAS). La obtención de datos se realizó mediante la emisión de la vocal /a/ analizada en el programa Praat y MATLAB, exponiendo los resultados obtenidos a través de estadística descriptiva (diagramas de caja) e índice de correlación, ambos calculados utilizando *software* SPSS. Estos fueron extraídos de una muestra compuesta por 30 sujetos que están divididas en tres subgrupos de 10 individuos, las cuales son: voz típica, nódulos y disfonías funcionales. A continuación, se describirá el comportamiento de los parámetros acústicos para los tres grupos que conforman la muestra. Luego, se describirán los resultados de las correlaciones entre las variables perceptuales (GIRBAS) y las variables vibratorias y acústicas.

4.1 Parámetros biomecánicos acústicos

En la figura 1, se aprecia el comportamiento de la variable *Jitter* para los tres grupos del estudio. El grupo de NPVH muestra mayor variabilidad que los grupos con nódulos y grupo control. Cabe destacar que los tres grupos se mantuvieron dentro de los valores normativos (*Jitter* menor a 1).

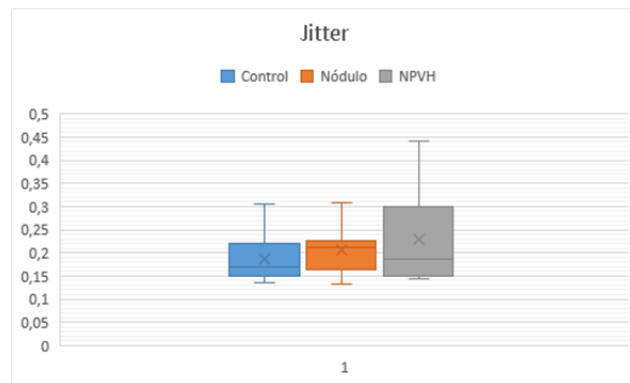


Figura 1 Descripción de parámetro *Jitter*

En la figura 2, se observa el comportamiento de la variable *Shimmer* para los tres grupos estudiados. Al igual que en la variable *Jitter*, el grupo de NPVH muestra mayor variabilidad que los grupos con nódulos y grupo control. Cabe destacar que los tres grupos se mantuvieron dentro de los valores normativos (*Shimmer* menor a 3,81).

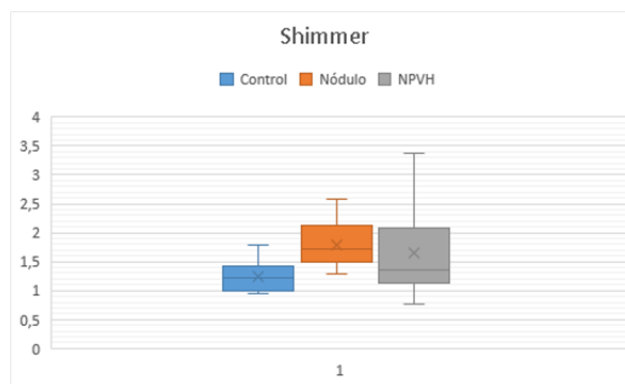


Figura 2 Descripción de parámetro *Shimmer*

La figura 3 expone el comportamiento de NHR para los tres grupos de la investigación. Una vez más, el grupo de NPVH muestra mayor variabilidad comparado con los demás grupos. Sin embargo, continúan dentro de los valores normativos (NHR con valores entre 0 y 0,19).

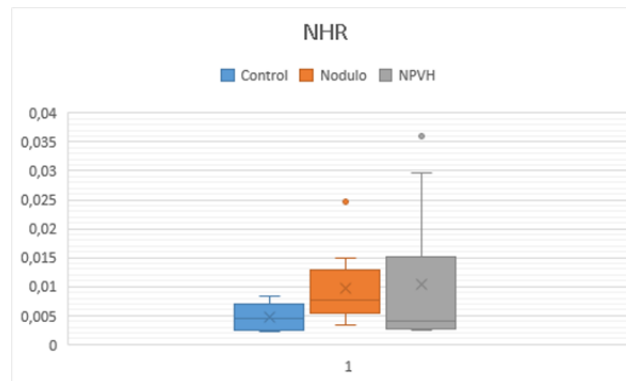


Figura 3 Descripción de parámetro NHR

La figura 4 presenta el comportamiento de la variable F0 para los tres grupos del estudio. El grupo control muestra menor variabilidad que los grupos con nódulos y grupo NPVH. Respecto a los valores expresados en el gráfico, los grupos de nódulos y control se mantuvieron dentro de los valores normativos (entre 194 a 240 Hz). No obstante, el grupo de NPVH se escapa de los parámetros de normalidad.

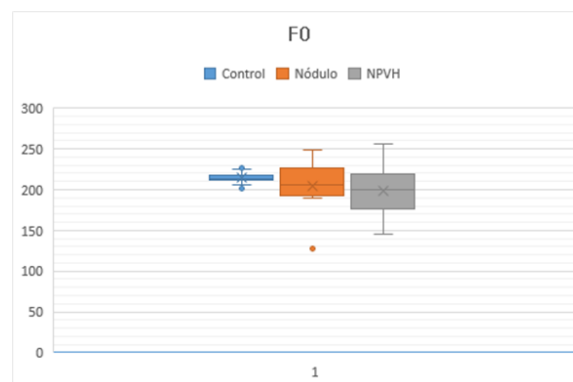


Figura 4 Descripción de parámetro F0

En el gráfico 5, se aprecia el comportamiento de la variable SPL para los tres grupos del estudio. El grupo de nódulos muestra mayor variabilidad que los grupos con NPVH y grupo control. Cabe destacar que los tres grupos se mantuvieron dentro de los valores normativos (60-70 dB).

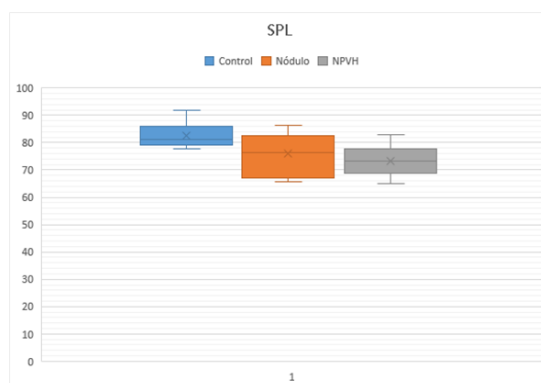


Figura 5 Descripción de parámetro SPL

En la figura 6, se aprecia el comportamiento de la variable H1-H2 para los tres grupos del estudio. El grupo NPVH muestra mayor variabilidad a comparación del grupo nódulo y grupo control. Cabe destacar que los tres grupos se mantuvieron dentro de los valores normativo.

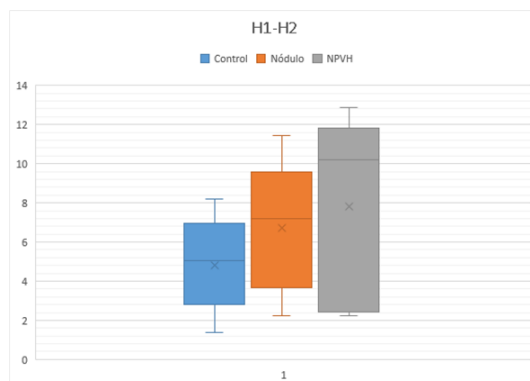


Figura 6 Descripción de parámetro H1-H2

En la figura 7, se representa el comportamiento de la variable CPPS respecto a los tres grupos del estudio. El grupo control muestra mayor variabilidad que los otros dos grupos.

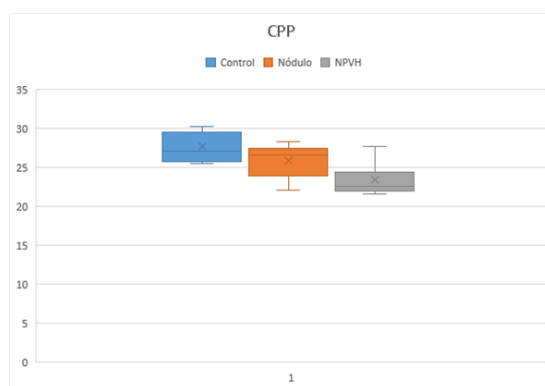


Figura 7 Descripción de parámetro CPPS

4.2 Correlación entre medidas acústicas y perceptuales

En la siguiente sección, se muestran los valores de correlación entre las medidas acústicas, vibratorias y perceptuales. Para realizar este análisis de correlación, se utilizaron dos pruebas estadísticas, *Rho de Spearman* y *R de Pearson* a través del programa SPSS. Estos datos fueron expuestos en tablas con sus respectivos valores P, para así identificar aquellos que tuvieran una correlación estadísticamente significativa. Principalmente, se exponen los datos obtenidos de la correlación entre parámetros perceptuales (escala GIBBAS) y parámetros biomecánicos-acústicos.

4.2.1 Perturbación de la frecuencia (*Jitter*)

A continuación, en la tabla 2, se muestran los valores de correlación para la variable *Jitter* y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre los parámetros de la escala GIRBAS y la variable.

Tabla 2 *Jitter* del grupo control*= <0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,29	0,416	-0,259	0,47
Aspereza				
R				
B	-0,29	0,416	-0,259	0,47
A				
S				
I				

En la tabla 3, se exponen los valores de correlación para la variable *Jitter* y el grupo nódulos. En este caso, se identifica una correlación en el parámetro de Aspereza con un valor P de 0,028.

Tabla 3 *Jitter* del grupo nódulos *= <0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,322	0,365	0,361	0,306
Aspereza	0,687	0,028*	0,619	0,056
R	0,422	0,244	0,419	0,228
B	0,268	0,454	0,358	0,31
A				
S	0,038	0,917	-0,013	0,972
I	-0,142	0,695	0,019	0,9

En la tabla 4, se muestran los valores de correlación para la variable *Jitter* y el grupo NPVH. Los resultados exponen que no hay una correlación estadísticamente significativa entre los parámetros GIRBAS y la variable.

Tabla 4 *Jitter* del grupo NPVH $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,426	0,219	0,521	0,123
Aspereza	0	1	0,183	0,613
R	-0,266	0,458	0,1	0,784
B	0,266	0,458	-0,057	0,875
A	-0,522	0,122	-0,365	0,3
S	0,326	0,358	0,303	0,394
I	0	1	-0,223	0,536

4.2.2 Perturbación de la intensidad (*Shimmer*)

Seguidamente, en la tabla 5 se muestran los valores de correlación para la variable *Shimmer* y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre la escala GIRBAS y la variable.

Tabla 5 *Shimmer* del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,406	0,244	-0,328	0,354
Aspereza				
R				
B	-0,406	0,244	-0,328	0,354
A				
S				
I				

A continuación, en la tabla 6, se muestran los valores de correlación para la variable *Shimmer* y el grupo de nódulos. Aquí se identifica una correlación estadísticamente significativa en los parámetros G y B, ambos con un valor $P < 0,05$.

Tabla 6 *Shimmer* del grupo nódulos* = $< 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,905	0*	0,915	0*
Aspereza	0,527	0,117	0,583	0,77
R	0,43	0,226	0,42	0,226
B	0,844	0*	0,897	0*
A				
S	0,114	0,754	0,227	0,528
I	0,569	0,86	0,503	0,138

En la siguiente tabla 7, se muestran los valores de correlación para la variable *Shimmer* y el grupo NPVH. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre la escala GIRBAS y la variable.

Tabla 7 *Shimmer* del grupo NPVH* = $< 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,142	0,695	0,437	0,207
Aspereza	0,261	0,466	0,239	0,507
R	0,342	0,334	0,31	0,334
B	-0,038	0,917	-0,178	0,623
A	-0,087	0,811	-0,209	0,562
S	-0,69	0,849	0,197	0,585
I	-0,071	0,845	-0,266	0,458

4.2.3 Relación ruido armónico (NHR)

A continuación, en la tabla 8, se muestran los valores de correlación para la variable NHR y el grupo control. Los resultados manifiestan que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 8 NHR del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,406	0,244	-0,367	0,297
Aspereza				
R				
B	-0,406	0,244	-0,367	0,297
A				
S				
I				

En la tabla 9, se muestran los valores de correlación para la variable NHR y el grupo control con el grupo nódulos. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 9 NHR del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,06	0,869	-0,224	0,534
Aspereza	0,139	0,702	-0,003	0,993
R	0,322	0,365	0,082	0,821
B	-0,101	0,782	-0,279	0,435
A				
S	-0,114	0,754	-0,205	0,57
I	0,284	0,426	0,297	0,404

En la siguiente tabla 10, se muestran los valores de correlación para la variable NHR y el grupo NPVH. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 10 NHR del grupo NPVH $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,497	0,143	0,643	0,055
Aspereza	-0,087	0,811	0,243	0,499
R	-0,19	0,599	0,185	0,608
B	0,114	0,754	-0,258	0,472
A	-0,348	0,324	-0,32	0,324
S	0,266	0,458	0,325	0,359
I	-0,213	0,554	-0,382	0,276

4.2.4 Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS)

A continuación, en la tabla 11, se muestran los valores de correlación para la variable CPPS y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 11 CPPS del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,116	0,749	-0,205	0,457
Aspereza				
R				
B	-0,116	0,749	-0,205	0,57
A				
S				
I				

Posteriormente, en la tabla 12, se muestran los valores de correlación para la variable CPPS y el grupo de nódulos. Los resultados manifiestan una correlación estadísticamente significativa en los parámetros G y B

Tabla 12 CPPS del grupo nódulos $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,905	0*	-0,86	0,001*
Aspereza	-0,576	0,082	-0,563	0,09
R	-0,503	0,139	-0,353	0,317
B	-0,784	0,007*	-0,827	0,003*
A				
S	-0,038	0,917	-0,121	0,739
I	-0,284	0,426	-0,360	0,307

En la tabla 13, se exhiben los valores de correlación para la variable CPPS y el grupo NPVH. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 13 CPPS del grupo NPVH $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,071	0,845	-0,252	0,483
Aspereza	-0,522	0,122	-0,434	0,21
R	0,114	0,754	-0,074	0,839
B	0,494	0,147	0,555	0,096
A	-0,79	0,828	-0,87	0,811
S	0,142	0,695	0,316	0,373
I	0,25	0,487	0,084	0,817

4.2.5 H1 – H2

La tabla 14, presenta los valores de correlación para la variable H1 – H2 y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 14 H1-H2 del grupo control*= <0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,466	0,175	-0,515	0,128
Aspereza				
R				
B	-0,466	0,175	-0,515	0,128
A				
S				
I				

En la siguiente tabla 15, se observan los valores de correlación para la variable H1-H2 y el grupo de nódulos. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 15 H1-H2 del grupo nódulos *= <0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,181	0,617	0,166	0,647
Aspereza	0,319	0,369	0,329	0,353
R	-0,382	0,276	-0,337	0,341
B	0,322	0,365	0,307	0,389
A				
S	0,114	0,754	0,162	0,655
I	-0,071	0,845	-0,145	0,69

A continuación, en la tabla 16, presenta los valores de correlación para la variable H1-H2 y el grupo NPVH. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 16 H1-H2 del grupo NPVH $\alpha = <0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,142	0,695	0,183	0,613
Aspereza	0	1	0,265	0,46
R	0,57	0,086	0,603	0,065
B	-0,418	0,23	-0,358	0,31
A	-0,261	0,466	-0,006	0,986
S	0,132	0,717	-0,027	0,94
I	-0,355	0,314	-0,178	0,623

4.2.6 Frecuencia Fundamental (F0)

En la presente tabla 17, se muestran los valores de correlación para la variable F0 y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 17 F0 del grupo control $\alpha = <0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,058	0,873	-0,024	0,948
Aspereza				
R				
B	-0,058	0,873	-0,024	0,948
A				
S				
I				

A continuación, en la tabla 18, se muestran los valores de correlación para la variable F0 y el grupo de nódulos. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 18 F0 del grupo nódulos $\alpha = <0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,382	0,276	0,51	0,132
Aspereza	0,368	0,296	0,251	0,483
R	-0,101	0,782	0,074	0,839
B	0,509	0,133	0,538	0,108
A				
S	0,266	0,458	0,271	0,449
I	0,213	0,554	0,375	0,286

Seguidamente, en la tabla 19, se muestran los valores de correlación para la variable F0 y el grupo NPVH.

Tabla 19 F0 del grupo NPVH $\alpha = <0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,071	0,845	0,061	0,867
Aspereza	-0,174	0,631	-0,192	0,595
R	-0,57	0,086	-0,484	0,157
B	0,038	0,917	0,09	0,804
A	0	1	-0,014	0,969
S	0,166	0,646	0,178	0,623
I	-0,71	0,845	-0,05	0,892

4.2.7 Sound Pressure Level (SPL)

En la tabla 20, se exhiben los valores de correlación para la variable SPL y el grupo control. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 20 SPL del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,29	0,416	0,262	0,465
Aspereza				
R				
B	0,29	0,416	0,262	0,465
A				
S				
I				

A continuación, en la tabla 21, se presentan los valores de correlación para la variable SPL y el grupo nódulos. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 21 SPL del grupo NPVH $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,29	0,416	0,262	0,465
Aspereza				
R				
B	0,29	0,416	0,262	0,465
A				
S				
I				

En seguida, en la tabla 22, se señalan los valores de correlación para la variable SPL y el grupo NPVH. Los resultados exponen que no existe una correlación estadísticamente significativa en este caso.

Tabla 22 SPL del grupo NPVH $\alpha \leq 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,213	0,554	0,19	0,599
Aspereza	-0,174	0,631	-0,167	0,644
R	-0,494	0,147	-0,491	0,149
B	0,494	0,147	0,523	0,494
A	-0,435	0,209	-0,443	0,199
S	0,25	0,487	0,267	0,456
I	0,142	0,695	0,172	0,635

4.3 Correlación entre medidas vibratorias y perceptuales

4.3.1 Porcentaje de Asimetría de Fase (AP)

Posteriormente, se muestran los valores de correlación para la variable AP y el grupo control en la tabla 23. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 23 AP del grupo control $\alpha = 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,058	0,873	-0,37	0,92
Aspereza				
R				
B	-0,058	0,873	-0,37	0,92
A				
S				
I				

Luego, en la tabla 24, se muestran los valores de correlación para la variable Porcentaje de asimetría de fase y el grupo nódulos. En este caso, no existe correlación entre la escala GIRBAS y la variable.

Tabla 24 AP del grupo nódulos *= <0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	-0,121	0,74	-0,551	0,099
Aspereza	0,201	0,577	-0,137	0,705
R	-0,357	0,311	0,2	0,956
B	0	1	-0,505	0,137
A				
S	-0,494	0,147	-0,53	0,115
I	0,142	0,695	-0,079	0,828

Subsiguientemente, en la tabla 25, se exponen los valores de correlación para la variable AP y el grupo NPVH. Los resultados demuestran que no existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas.

Tabla 25 AP del grupo NPVH *<0,05

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,284	0,426	-0,338	0,34
Aspereza	-0,174	0,631	-0,255	0,477
R	-0,266	0,458	-0,35	0,322
B	-0,19	0,599	0,178	0,622
A	0	1	0,344	0,331
S	0,354	0,316	-0,106	0,771
I	-2,84	0,426	0,57	0,875

4.3.2 Porcentaje de Asimetría de Amplitud (AA)

Los valores de correlación para la variable AA y el grupo NPVH se observan en la tabla 26, evidenciando que no existe una correlación estadísticamente significativa.

Tabla 26 AA del grupo NPVH $\alpha \leq 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,244	0,406	0,259	0,47
Aspereza				
R				
B	0,244	0,406	0,259	0,47
A				
S				
I				

A continuación, en la tabla 27, se muestran los valores de correlación para la variable AA y el grupo de nódulos. En este caso, los parámetros de Aspereza y R obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas, con un valor P de 0,038 y 0,042, respectivamente.

Tabla 27 AA del grupo nódulos $\alpha \leq 0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G		0,065	0,452	0,19
Aspereza		0,142	0,650	0,038*
R	0,543	0,105	0,65	0,042*
B	0,583	0,077	0,422	0,224
A				
S	-0,266	0,458	-0,515	0,128
I	0,071	0,845	0,246	0,493

En la siguiente tabla 28, se muestran los valores de correlación para la variable AA y el grupo NPVH. En el parámetro A existe una correlación estadísticamente significativa con un valor P de 0,031.

Tabla 28 AA del grupo NPVH $\alpha=0,05$

Escala	<i>Rho de Spearman</i>	Valor P	<i>R Pearson</i>	Valor P
G	0,071	0,845	0,291	0,415
Aspereza	0,348	0,324	0,219	0,544
R	-0,342	0,334	-0,458	0,183
B	-0,114	0,754	0,137	0,705
A	-0,261	0,466	-0,678	0,031*
S	-0,139	0,702	0,092	0,801
I	0,142	0,695	0,263	0,464

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo, se discuten los resultados obtenidos en esta investigación; el objetivo de la misma fue el de correlacionar aspectos perceptuales (GIRBAS) con aspectos acústicos y vibratorios en voces con diferentes calidades vocales. Para esto, se midieron los parámetros acústicos, biomecánicos y perceptuales de tres grupos: participantes con voces típicas, participantes con nódulos vocales (PVH) y participantes con NPVH (disfonía funcional primaria). Los resultados serán comparados y contrastados con la bibliografía existente. Además, en este apartado serán cotejados los resultados en función a la hipótesis de investigación (la cual establece que existe una relación entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales), y en función de las preguntas de investigación y los objetivos planteados en este estudio.

Según los datos recolectados, la variable *Jitter* para la calidad vocal Aspereza mostró una correlación medianamente proporcional de 0,687 en la prueba de Spearman, cuyo valor P de 0,028 fue estadísticamente significativa. Aquello es concordante con un estudio previo de Fujiki y Thibeault, realizado en el año 2021, en el que se determina que existe una correlación estadísticamente significativa con las calificaciones de GIRBAS (Valor P <0,001). La correlación demuestra que, cuando sube el porcentaje de *Jitter*, los especialistas tienen una percepción de aumento en el parámetro de aspereza. Esto se debe a que este tipo de voz se caracteriza por aumentar la rigidez de los PPVV, generando una vibración con cierres glóticos irregulares (Núñez, et al., 2012), lo que afectaría de forma directa en el aumento de *Jitter*, debido a la variabilidad del período entre los ciclos. Por lo tanto, en este parámetro existe una correlación entre la evaluación perceptual de parte del clínico con una medida cuantitativa como lo es *Jitter*.

Respecto de los resultados de *Shimmer*, entre el parámetro de G y B, demostraron una correlación alta y proporcional en las pruebas estadísticas de *Rho de Spearman* de 0,905 y de 0,915 para *R de Pearson*, obteniendo un valor $P < 0.05$, lo que indica correlaciones estadísticamente significativas. Por lo tanto, es concordante con la investigación expuesta por Fujiki y Thibeault (2021), en donde la correlación entre *Shimmer* y B es estadísticamente significativa con un valor $P < 0,001$. La alta correlación anteriormente señalada demuestra que, al aumentar la diferencia entre la amplitud de los ciclos de la señal acústica de la voz, de igual manera se incrementa el parámetro de B.

Tradicionalmente, la calidad de voz soplada se ha vinculado con una pérdida de armónico a partir de los 2500 Hz, asociado generalmente a la presencia de un espacio entre los PPVV o un hiatus. Así, cuando la glotis no tiene un cierre adecuado, esto impacta a nivel perceptual aumentando la calidad de voz soplada, pero también incide en el nivel acústico aumentando el parámetro de *Shimmer* (Núñez, et al., 2012). Por tanto, estas variables tienen una adecuada relación entre ambas, para ser consideradas con un alto grado de confiabilidad en la evaluación clínica para cuantificar la soplocidad de una voz.

Para la variable relación ruido armónico (NHR), los resultados no demostraron correlaciones estadísticamente significativas en ningún grupo del estudio con los parámetros de la escala GIRBAS. Debido a esto, es posible plantear que en este estudio NHR no es una variable significativa para la clínica, es decir, es imperturbable la percepción del profesional. Esta correlación no coincide con lo reportado previamente en la literatura donde se demuestra que la variable NHR se correlaciona significativamente con los parámetros de G, B, A y S, siendo su valor $P < 0,001$ (Fujiki & Thibeault, 2021). Al respecto, Soumya y Vijayakuma (2020) demostraron en su estudio que G tiene una correlación moderada con NHR. La discrepancia entre lo encontrado en el presente estudio, frente a lo reportado en investigaciones anteriores podría deberse al grado de disfonía que utilizaron, dado que en

este proyecto se utilizaron personas con disfonías leves a moderadas, siendo que en los trabajos previos también consideraron sujetos con disfonías de grado severo. El nivel de la disfonía impacta directamente sobre la calidad de voz de la persona y es algo a considerar en futuros estudios de características similares.

No obstante, en la presente investigación, NHR no fue pesquisada por los evaluadores, por lo tanto, será necesario que futuras investigaciones la examinen. La discrepancia entre lo encontrado en el estudio, frente a lo reportado en estudios previos podría deberse al grado de disfonía que utilizaron estos estudios, dado que en este proyecto se utilizaron personas con disfonías leves a moderadas, siendo que en los estudios previos también consideraron personas con disfonías de grado severo. El nivel de la disfonía impacta directamente sobre la calidad de voz de la persona y es algo a considerar en futuros estudios de características similares.

Respecto de la variable acústica *Smoothed Cepstral Peak Prominence* (CPPS), existen correlaciones altas e inversamente proporcionales de esta variable con los parámetros de grado de disfonía (G) y soplocidad (B). Se obtuvo un valor de $-0,905$ en la prueba *Rho de Spearman* y $-0,86$ para *R Pearson* en el parámetro de G; $-0,784$ en *Rho de Spearman* y $-0,827$ en *R Pearson* para el parámetro B. Dichas correlaciones son estadísticamente significativas, pues el valor P es menor que 0,05 para G y B en la prueba de *Spearman* y *Pearson*. Lo mencionado es inversamente proporcional, es decir, cuando la variable CPPS aumenta, el parámetro de B disminuye. Esto es explicable fisiológicamente, puesto que CPPS ha demostrado ser una medida sensible a la calidad de voz, particularmente, a la periodicidad y regularidad de la señal acústica; por consiguiente, al existir una mayor periodicidad, el *peak* espectral aumenta. De esta manera, la presencia de un hiatus en la glotis impacta sobre la periodicidad de la voz relacionándose directamente con la magnitud de CPPS (Núñez, et al., 2012). Estos hallazgos concuerdan con estudios previos (Sauder, Bretl & Eadie, 2017;

Heman-Ackahcitar, et al., 2014; Maryn & Weenink, 2015; Heman-Ackahcitar, et al., 2003) que determinan que la variable CPPS es altamente predictiva del estado del trastorno de la voz, la medida más confiable, y el factor principal del índice de Calidad de Voz. Toda la evidencia señala que CPPS podría tener una utilidad importante en la cuantificación de la calidad vocal en la evaluación clínica.

En cuanto a H1 – H2, es decir, la diferencia entre el primer armónico con el segundo armónico, los resultados muestran que no hay evidencia de correlaciones estadísticamente significativas con los parámetros de la escala GIRBAS. Por ende, se considera que H1 - H2 no es una variable significativa para la clínica, es decir, no incide en la percepción del profesional. Al respecto y por un lado, se concuerda con el estudio realizado por Soumya y Vijayakumar (2020), en donde sostienen que H1-H2 tiene una fuerte correlación con G, B y la R en el cierre de los PPVV. Por otro lado, se relaciona con los estudios que han vinculado H1- H2 con la presencia de tensión fonatoria; esta discrepancia podría darse debido a que el modelo estadístico utilizado en la presente investigación no es lo suficientemente fuerte para encontrar correlaciones entre los parámetros mencionados. Por lo tanto, se recomienda explorar la relación entre calidad vocal percibida por clínicos y la medición de H1-H2 utilizando otras herramientas estadísticas.

Con relación a la correlación entre F0 y a la escala perceptual GIRBAS, estos no demostraron ser estadísticamente significativos en ninguno de los grupos de la investigación. Por consiguiente, F0 no es una variable significativa para la evaluación clínica, pues la percepción del profesional es suficiente, sin que se vea afectada. Esto coincide con la literatura, ya que hay estudios que muestran (Barsties & De Bodt, 2015) que cuando existen cambios de calidades vocales, como B o R, no necesariamente se ve alterada la F0. Esto puede entregar, al igual que en este estudio, una baja relación entre ambos parámetros. En este sentido, según los hallazgos de la presente investigación, F0 no es una variable de

utilidad para cuantificar la percepción de cambios en la calidad vocal de personas con PVH. Sin embargo, lo anterior se distancia de conclusiones de otros estudios (Barsties & De Bodt, 2015) que evidencian que esta variable se correlaciona significativamente con todos los parámetros de GRBAS (a excepción de la Inestabilidad) al punto de evidenciar que F0 puede ser representativo del estado físico general de la voz. No obstante, el autor también concuerda con que se necesitan más estudios para comprender la relación entre dichas variables (Fujiki & Thibeault, 2021).

Para la variable *Sound Pressure Level* (SPL), los resultados no demostraron correlaciones estadísticamente significativas con relación a los parámetros de la escala GIBAS. Debido a esto, es posible plantear que SPL, aunque reúne una amplia aplicación para caracterizar voces con patologías y para evaluar el éxito de la intervención, la confiabilidad y validez de ésta no es una variable que permita cuantificar ni diferenciar aspectos de calidad vocal (Brockmann-Bauser, Bohlender y Mehta, 2017).

Los resultados obtenidos para la correlación de los parámetros vibratorios AP muestran que no hay correlaciones estadísticamente significativas con los puntajes de escala GIBAS para ninguno de sus dominios. Esto es interesante a nivel clínico, puesto que muchas veces se teoriza que los cambios perceptuales referentes a calidad vocal tendrían que tener un correlato con el patrón vibratorio a nivel glótico, tales como el porcentaje de asimetría vibratoria; sin embargo, los resultados de esta investigación indican que esta relación no existiría. A pesar de que la literatura no reporta estudios que relacionen AP con escalas perceptuales, sí existen investigaciones que comparan AP con medidas acústicas tales como *Jitter* y *Shimmer*, encontrando una baja correlación entre ellas (Mehta, et al 2010).

Lo anteriormente señalado sugiere que no hay una relación estrecha entre lo que se escucha y se cuantifica a nivel acústico, lo que se puede obtener directamente de la vibración cordal. Esto implicaría que los fenómenos vibratorios, particularmente de AP, de alguna forma se amplificarían dentro del tracto vocal de tal manera que son percibidos por el clínico y, a su vez, diferenciados de manera acústica. En consecuencia, es necesario considerar que las puntuaciones de GIRBAS integran tanto tracto (filtro) como glotis (fuente), siendo, al parecer, la influencia del tracto vocal y sus diversos vórtices aerodinámicos los que determinan el grado de calidad vocal percibida, tal como lo sugieren estudios previos (Fujiki y Thibeault, 2021).

Por último, respecto de la variable AA, se obtuvo una correlación media inversamente proporcional en la prueba de Pearson (-0,678) con el parámetro de A, lo que evidencia su significatividad estadística, con un valor P de 0,031. Además, se encontró una correlación media directamente proporcional para la variable de Aspereza (0,650) y R (0,65), las cuales son estadísticamente significativas, con un valor P de 0,038 y 0,042, respectivamente. La relación existente entre el AA y las variables mencionadas tienen relevancia para la evaluación clínica, porque señalan que, por un lado, cuando el AA disminuye, el parámetro de Astenia aumenta. Por otro lado, cuando los parámetros de Aspereza y R aumentan, la variable también lo hace. A diferencia de lo que sucede con AP, la correlación de AA si es esperable, puesto que los clínicos teorizan que existirían cambios en el patrón vibratorio de los PPVV cuando existe Aspereza, R y A, lo que efectivamente se evidenció con este estudio para dicha variable. Lo anterior indicaría que la calidad de la voz, al menos la considerada según la escala GIRBAS, tendría un asidero mayormente en dificultades de vibración relacionadas a la amplitud del pliegue vocal, y no así a su fase. Esta diferencia es algo muy importante a considerar en futuros estudios, dado que en la clínica esta diferencia es notoria y se requiere tenerla en cuenta para proyectar diagnósticos y terapias de voz más precisas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

El propósito de esta investigación fue realizar un análisis correlacional entre evaluaciones objetivas y subjetivas de un grupo de participantes con diferentes calidades vocales. Así, se compararon los resultados obtenidos de la muestra compuesta por 10 de voces típicas, 10 con PVH (nódulos vocales), y 10 con NPVH (disfonía funcional primaria), respectivamente. Por consiguiente, los objetivos planteados se cumplieron en su totalidad, es decir, se describieron conceptos importantes y se realizó una correlación entre las variables y los tres grupos presentados.

De acuerdo con los resultados y discusión expuestos con anterioridad, es posible concluir que se valida la hipótesis alternativa que describe una relación parcial entre las escalas perceptuales, los patrones acústicos y vibratorios en las diferentes calidades vocales. Esto se debe a que existe correlación estadísticamente significativa entre algunas de las variables, las cuales son *Shimmer* y CPPS con los parámetros de G y B; *Jitter* con el parámetro de aspereza; y finalmente AA con R y A.

Respecto de la correlación entre las distintas variables, esta se constató a través de dos pruebas estadísticas, *Rho de Spearman* (no paramétrica) y *R de Pearson* (paramétrica), porque la muestra de la investigación fue reducida. Esto constituyó una limitación para el desarrollo de la investigación, puesto que se evidenció la falta de correlación entre las variables NHR, H1-H2, F0, SPL y AP con GIRBAS. Lo anterior podría deberse a que la base de datos utilizada comprende personas solamente con voces típicas, nódulos vocales (PVH) y NPVH, por lo cual no existieron valores de grados severos de disfonía con mayor alteración de los parámetros de GIRBAS.

Se recomienda en futuros estudios ampliar la muestra e incluir mayores patologías vocales para alcanzar mayor variabilidad de calidades vocales, así como utilizar otras herramientas estadísticas para realizar las correlaciones. Por último, se sugiere seguir esta línea de investigación en futuros proyectos explorando la relación entre medidas subjetivas y objetivas, con la finalidad de contribuir al saber de los profesionales fonoaudiólogos dedicados al área de voz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, K., Estay, J, González, A., Padilla, C. y Pizarro, C. (2018). *Comparación de efecto lombard bajo dos métodos de evocación en estudiantes con voz normal de ingeniería civil industrial de la Universidad técnica Federico Santa María*. (Tesis de pregrado). Universidad de Valparaíso. Chile.

American Speech-Language-Hearing Association. (s. f.). *Nódulos y Pólipos de las Cuerdas Vocales*. Wachington D.C., Estados Unidos: ASHA Recuperado en 2021, de <https://www.asha.org/public/speech/spanish/nodulos-y-polipos-de-las-cuerdas-vocales/>

Barsties, B., & De Bodt, M. (2015). Assessment of voice quality: Current state-of-the-art. *Auris, nasus, larynx*, 42(3), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2014.11.001>

Barsties ,V., Latoszek, B., Kim, G., Delgado, J., Hosokawa, K., Englert, M., Neumann, K. & Hetjens, S., 2020. The validity of the Acoustic Breathiness Index in the evaluation of breathy voice quality: A Meta-Analysis. *Clin Otolaryngol*. 2021 Jan;46(1):31-40. doi: 10.1111/coa.13629. Epub 2020 Sep 17. PMID: 32770718.

Brockmann-Bauser, M., Bohlender, J. y Mehta, D. (2017). Las medidas de perturbación acústica mejoran con el aumento de la intensidad vocal en individuos con y sin trastornos de la voz. *Diario de la Voz*, 32(2), 162–168. doi:10.1016/j.jvoice.2017.04.008

- Bustos, O., Uzcanga, M., Abad, A., Berasategui, I., García, L., Aguilera, S., y Fernández, S. (2016). Parálisis de cuerda vocal unilateral: estudio de la calidad vocal después del tratamiento logopédico Unilateral vocal fold paralysis: quality of voice after speech therapy. *Anales del sistema sanitario de Navarra*. 39. 69-75. 10.4321/S1137-6627/2016000100008
- Calvache, C. A. y Guzmán, M. (2018). Revisión sistemática de la literatura sobre medidas aerodinámicas de la fonación. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 38(3), 130–137. doi:10.1016/j.rlfa.2018.04.001
- Carrasco, E. R., Oliveira, G., & Behlau, M. (2010). Análise perceptivo-auditiva e acústica da voz de indivíduos gagos. *Revista CEFAC*, 12(6), 925–935. doi:10.1590/s1516-18462010005000058
- Castillo, A., Casanova, C., Valenzuela, D., & Castañón, S. (2015). *S Ciencia & Trabajo*, 17(52), 15–21. doi:10.4067/s0718-24492015000100004
- Castro, C., Galindo, G., Testart, A., & Zañartu, M. (2017). A new visual probabilistic assessment of vocal fold vibration, The 12th International Conference on Advances in Quantitative Laryngology, Voice and Speech Research, Hong Kong.

Cobeta, I., Núñez, F. y Fernández, S. (2013). *Patología de la voz*. Barcelona, España: IGC Marge, SL.

Daryush, D., Zañartu, M., Quatieri, T., Deliyski, D. & Hillman, R. (2011). Investigating acoustic correlates of human vocal fold vibratory phase asymmetry through modeling and laryngeal high-speed videoendoscopy. *Journal Acoustical Society American*, volumen 130, 3999–4009. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3253599/>

Deliyski, D. D., Hillman, R. E., & Mehta, D. D. (2015). Laryngeal High-Speed Videoendoscopy: Rationale and Recommendation for Accurate and Consistent Terminology. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 58(5), 1488. doi:10.1044/2015_jslhr-s-14-0253

Deliyski D., Hillman R., Mehta D., Quateri t., y Zañartu M. (2011). Investigating acoustic correlates of human vocal fold vibratory phase asymmetry through modeling and laryngeal high-speed videoendoscopy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3999–4009. doi:10.1121/1.3658441

Deliyski, D., Petrushev, P., Shaw, H., Treman, T., Martin-Harris, B. & Hillman, R. (2007). Clinical Implementation of Laryngeal High-Speed Videoendoscopy: Challenges and Evolution. *Folia phoniatica et Logopaedica*. volúmen 60, 33-44. Recuperado de <https://www.karger.com/Article/Pdf/111802>

- Delgado, N., Diaz, D., Leiva, J., Salazar, D. y Vergara, P. (2017). *Comparación de parámetros acústicos en estudiantes con voces normales y estudiantes con nódulos vocales tras la aplicación de tareas de perturbación de feedback auditivo* (Tesis pregrado). Universidad de Valparaíso facultad de medicina. Viña del Mar.
- Delgado, J., Gómez, N. y Jiménez, A., (2019). *Precisión diagnóstica del pico cepstral de mayor prominencia en el cepstrum suavizado (CPPS) en la detección de la disfonía en español*. Loquens, 6(1), e058. <https://doi.org/10.3989/loquens.2019.058>
- Diaz-Cadiz, M., Peterson, S., Galindo, G., Espinoza, V. M, Motie-Shirazi, V. Erath, B & Zañartu, M. (2019) “*Estimating Vocal Fold Contact Pressure from Raw Laryngeal High-Speed Videoendoscopy Using a Hertz Contact Model*”, Applied Sciences-Basel, Special issue “Computational Methods and Engineering Solutions to Voice”, 9 (11), pp. 2384; DOI:10.3390/app9112384
- Droguett, Y. (2017). Aplicaciones clínicas del análisis acústico de la voz. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 77, 474 - 483. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/orl/v77n4/0718-4816-orl-77-04-0474.pdf>
- Elhendi Halawa, W., Rodríguez Fernández-Freire, A., & Santos Pérez, S. (2012). Estudio epidemiológico de los pacientes con nódulos vocales. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 32(4), 164–170. doi:10.1016/j.rlfa.2012.07.002
- Espinoza, V. M., Mehta, D. D., Van Stan, J. H., Hillman, R. E., & Zañartu, M. (2020). Glottal Aerodynamics Estimated From Neck-Surface Vibration in Women With Phonotraumatic and Nonphonotraumatic Vocal Hyperfunction. *Journal of speech*,

language, and hearing research: JSLHR, 63(9), 2861–2869.
https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00189

Farías, P. G. (2016). *Guía clínica para el especialista en laringe y voz* Akadia

Farías, P.G. (2020). *Ejercicios que restauran la función vocal* (2º. Ed.). Akadia.

Fujiki R. & Thibeault S. (2021). Examining Relationships Between GRBAS Ratings and Acoustic, Aerodynamic and Patient-Reported Voice Measures in Adults with Voice Disorders. doi: 10.1016/j.jvoice.2021.02.007

Finkelstein, A., & Caro, J. (2008). Actualización en disfunción tubaria: Rol de la endoscopia nasal en su evaluación y tratamiento. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 68(1), 59 - 66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162008000100009>

García, S. (2011). *Diseño y desarrollo de una herramienta de ayuda al profesional médico para la evaluación objetiva de la fonación*. Recuperado de http://eprints.ucm.es/16091/1/SistemasInformaticos_SaraGarciaNu%C3%B1o.pdf

Giovanni, A., Lagier, A., & Henrich, N. (2014). Fisiología de la fonación. *EMC - Otorrinolaringología*, 43(3), 1–16. doi:10.1016/s1632-3475(14)68304-1

González, J., Cervera, T. y Miralles, J. (2002). *Análisis acústico de la voz: Fiabilidad de un conjunto de parámetros multidimensionales*. *Acta otorrinolaringológica española*, 256-268.

Heman-Ackah, Y., Heuer, R., Michael, D., Baroody, M., Ostrowski, R., Horman, M., Hillenbrand, J. & Sataloff, R. (2003). Cepstral Peak Prominence: A More Reliable Measure of Dysphonia. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 112(4), 324–333. doi:10.1177/000348940311200406

Heman-Ackah, Y., Sataloff, R., Laureyns, G., Lurie, D., Michael, D., Heuer, R., Rubin, A., Eller, R., Chandran, S., Abaza, M., Lyons K., Divi, V., Lott, J., Johnson J., & Hillenbrand, J. (2014). Quantifying the Cepstral Peak Prominence, a Measure of Dysphonia. *Journal of Voice*, 28(6), 783–788. doi:10.1016/j.jvoice.2014.05.005

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernández, R., Fernández, E. & Baptista P., (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hillman, R., Stepp, C., Van Stan, J., Zañartu, M., & Mehta, D. (2020). An Updated Theoretical Framework for Vocal Hyperfunction. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29, 2254 - 2260. Recuperado de: https://pubs.asha.org/doi/pdf/10.1044/2020_AJSLP-20-00104

Jackson-Menaldi, M. (2019). *La voz normal y patológica*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
<https://www.medicapanamericana.com/es/libro/la-voz-normal-patologica-incluye-version-digital>

Jackson-Menaldi, M. C. (2005). *La voz normal*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Jackson-Menaldi, M. C. (2002). *La voz patológica*. Buenos Aires: Panamericana.

Larsson, H., Hertegard, S., Lindestad P., Hammarberg, B. (2000). Vocal Fold Vibrations: High-Speed Imaging, Kymography, and Acoustic Analysis: A Preliminary Report. *The Laryngoscope*, 110(12), 2117–2122. doi:10.1097/00005537-200012000-00028

López, P., Yévenes, J., e Isla, M. (2018). *Parámetros acústicos, percepción y autopercepción vocal antes y después de la exposición al uso prolongado de la voz en profesores* (Tesis de pregrado). Universidad del desarrollo facultad de ciencias de la salud. Concepción.

Maryn, Y., & Weenink, D. (2015). Objective Dysphonia Measures in the Program Praat: Smoothed Cepstral Peak Prominence and Acoustic Voice Quality Index. *Journal of Voice*, 29(1), 35–43. doi:10.1016/j.jvoice.2014.06.015

Martín, W., Cortés, A., Enciso, J. (2014). *Enfoque multidisciplinar de las alteraciones de la voz relacionadas con el trabajo*. Islas Canarias, España: Enfermería del Trabajo.

- Mac-iver C., Nina C. y Urzúa G. (2017). *Efectos de la terapia basada en ejercicios de tracto vocal semiocluido en el patrón vibratorio de los pliegues vocales en estudiantes con nódulos vocales*. (Tesis de pregrado). Universidad de Valparaíso. Chile.
- Mehta, D., Deliyski, D., Quatieri, T. & Hillman, R. (2011). Automated Measurement of Vocal Fold Vibratory Asymmetry From High-Speed Videoendoscopy Recordings. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 54(1), 47. doi:10.1044/1092-4388(2010/10-0026)
- Mehta, D. D., Espinoza, V. M., Van Stan, J. H., Zañartu, M., & Hillman, R. E. (2019). The difference between first and second harmonic amplitudes correlates between glottal airflow and neck-surface accelerometer signals during phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(5), EL386–EL392. doi:10.1121/1.5100909
- Mehta, D. D., Zañartu, M., Quatieri, T. F., Deliyski, D. D., & Hillman, R. E. (2011). Investigating acoustic correlates of human vocal fold vibratory phase asymmetry through modeling and laryngeal high-speed videoendoscopy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), 3999–4009. doi:10.1121/1.3658441
- Narasimhan, V., & Vishal, V. (2017). Spectral Measures of Hoarseness in Persons with Hyperfunctional Voice Disorder. *Journal of voice*, 31(1), 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.03.005>
- Núñez, F., Díaz, E., Álvarez, A., Muñoz, G., & Llorente, J. L. (2017). Application of the Acoustic Voice Quality Index for Objective Measurement of Dysphonia Severity. *Acta Otorrinolaringológica (English Edition)*, 68(4), 204–211. doi:10.1016/j.otoeng.2017.06.007

Núñez-Batalla, F., Díaz-Molina, J. P., García-López, I., Moreno-Méndez, A., Costales-Marcos, M., Moreno-Galindo, C., & Martínez-Cambor, P. (2012). El espectrograma de banda estrecha como ayuda para el aprendizaje del método GRABS de análisis perceptual de la disfonía. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 63(3), 173–179. doi:10.1016/j.otorri.2011.10.002

Parker, L. A., Kunduk, M., Fink, D. S., & McWhorter, A. (2017). Reliability of High-speed Videoendoscopic Ratings of Essential Voice Tremor and Adductor Spasmodic Dysphonia. *Journal of Voice*. doi:10.1016/j.jvoice.2017.10.009

Pinho, S. y Pontes, P. (2002). *Escala de Evaluación Perceptiva de la Fuente Glótica: RASAT*. Recuperado de: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/rasat.pdf>

Pinkerton, A. Louise. *The influence of motor production experience on voice perception*. (2016) MA (Master of Arts) thesis, University of Iow. doi: <https://doi.org/10.17077/etd.pzlgmv2q>

Popolo, P.S., Johnson, A.M (2020). Relating Cepstral Peak Prominence to Cyclical Parameters of Vocal Fold Vibration from High-Speed Videoendoscopy Using Machine Learning: A Pilot Study. *Journal of Voice*. Doi: 10.1016/j.voice.2020.01.026

Reghunathan, S., & Bryson, P. C. (2019). Components of Voice Evaluation. *Otolaryngologic Clinics of North America*. doi:10.1016/j.otc.2019.03.002

Remacle, M., Lawson, G., Giovanni, A., & Woisard, V. (2006). Exploración de la laringe. *EMC - Otorrinolaringología*, 35(1), 1–15. doi:10.1016/s1632-3475(06)45293-0

Sauder, C., Bretl, M., & Eadie, T. (2017). Predicting Voice Disorder Status From Smoothed Measures of Cepstral Peak Prominence Using Praat and Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV). *Journal of Voice*, 31(5), 557–566. Doi:10.1016/j.jvoice.2017.01.006

Sanz, L., Rodríguez, M., Bau, P. y Rivera, T. (2015). *Disfonía*. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 11(91), 5433–5444. doi:10.1016/j.med.2015.11.013

Schenck, A., Hilger, A. I., Levant, S., Kim, J. H., Lester-Smith, R. A., & Larson, C. (2020). The Effect of Pitch and Loudness Auditory Feedback Perturbations on Vocal Quality During Sustained Phonation. *Journal of Voice*. doi:10.1016/j.jvoice.2020.11.001

Soumya, M., & Narasimhan, S. (2020). *Correlation Between Subjective and Objective Parameters of Voice in Elderly Male Speakers*. *Journal of Voice*. doi:10.1016/j.jvoice.2020.10.006

Sologuren, N. (2009). Anatomía de la vía aérea. *Revista Chilena de Anestesia*, 38(2), 78-83.

Sostres, Y., Quintero, R., & Amaro, M. (2015). Uso de la escala GRBAS en la evaluación perceptual de la voz de pacientes disfónicos. *Revista Cubana de Tecnología de la salud*, 6(4), 78-87. Recuperado de <http://www.revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/607>

Testart, A., Galindo, G., Castro, C., Zañartu, M. (2017). *A new visual probabilistic assessment of vocal fold vibration*, The 12th International Conference on Advances in Quantitative Laryngology, Voice and Speech Research, Hong Kong.

Testart A., Castro C., Galindo G., Pérez F., Zañartu M. (2017). *Nuevo método de análisis visual de videoendoscopia laríngea de alta velocidad para el estudio de asimetrías vibratorias en patologías vocales*. LXXV Congreso Chileno de Otorrinolaringología, Santa Cruz, Chile.

Tsutsumi, M., Isotani, S., Aparecida, R., Dajer, M., Hachiya, A., Hiroshi, D., Tayama, N., Yokonishi, H., Imagawa, H. (2016). High-speed Videolaryngoscopy: Quantitative Parameters of Glottal Area Waveforms and High-speed Kymography in Healthy Individuals. *Journal voice*, volumen 31(3), 282–290. doi:10.1016/j.jvoice.2016.09.026

Vydrová, I., Svec, J., Sram, F (2015). Videoquimografía (VKG) en Laryngologic Practice. *Macrorevistas*, Volumen 3, 87-95. Recuperado de http://macrojournals.com/yahoo_site_admin/assets/docs/8HM31Vr.32215729.pdf

Zacharias, S. R. C., Deliyski, D. D., & Gerlach, T. T. (2017). Utility of Laryngeal High-speed Videoendoscopy in Clinical Voice Assessment. *Journal of Voice*, 32(2), 216–220. doi:10.1016/j.jvoice.2017.05.002

Zhang, Z. (2016). Mechanics of human voice production and control. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2614–2635. doi:10.1121/1.496450

ANEXOS

Anexo 1

Evaluable A/B/C	G	Asperity	R	B	A	S	I
FP001							
FP002							
FP003							
FP004							
FP005							
FP006							
FP007							
FP008							
FP009							
FP010							
FP011							
FP012							
FP013							
FP014							
FP015							
FP016							
FP017							
FP018							
FP019							
MP001							
Evaluable A/B/C	G	Asperity	R	B	A	S	I
FN001							
FN002							
FN003							
FN004							
FN005							
FN006							
FN007							
FN008							
FN009							
FN010							
FN011							
FN012							
FN013							
FN014							
FN015							
FN016							
FN017							
FN018							
FN019							
MN001							