



FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE FONOAUDIOLOGÍA

**DIFERENCIAS ENTRE MEDIDAS ACÚSTICAS Y DE
ACELERACIÓN, ASOCIADAS AL ESTRÉS DE IMPACTO DE
PLIEGUES VOCALES, EN PERSONAS CON VOCES
NORMOTÍPICAS, PERSONAS CON DISFONÍA FUNCIONAL Y
PERSONAS CON NÓDULOS VOCALES BAJO EL EFECTO
LOMBARD**

Seminario de Investigación para Optar al Grado de Licenciado en Fonoaudiología

Profesor Guía-Autor

Christian Castro Toro

Alumnas Tesistas-Coautores

Rocío Castro Riveros

Yasmín Neira Corvalán

Kensel Salinas Haro

Maximiliano Solís Jorquera

Asesores

Daniel Herrera

Patricia Valdivia

VIÑA DEL MAR – CHILE, 2022

ÍNDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 Problema de investigación	7
1.2 Pregunta de investigación	9
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos	9
1.4 Hipótesis	10
1.4.1 Hipótesis de investigación	10
1.4.2 Hipótesis nula	10
1.4.3 Hipótesis alternativa	10
1.5 Viabilidad de la investigación	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 Voz	12
2.1.1 Parámetros acústicos y de aceleración de la voz	12
2.1.2 Voz normotípica	14
2.1.3 Hiperfunción vocal	14
2.2 Control motor de la voz	15
2.2.1 Modelo DIVA	16
2.3 Habla sobre ruido (Efecto Lombard)	18
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	21
3.1 Tipo de estudio	21
3.1.1 Enfoque	21
3.1.2 Alcance	21
3.1.3 Diseño	21

3.2 Población	22
3.3 Muestra	22
3.3.1 Tipo de muestreo y diseños de las muestras	22
3.3.2 Tamaño de la muestra	23
3.3.3 Criterios de selección de la muestra	23
3.4 Operacionalización de las variables	24
3.5 Instrumentos	26
3.6 Técnicas de obtención de la información	26
3.7 Procedimientos	27
3.8 Materiales	28
CAPÍTULO IV RESULTADOS	30
4.1 Resultados para las mediciones de /a/ normal	30
4.2 Resultados para las mediciones de /a/ fuerte	37
4.3 Estadística descriptiva grupo control y experimentales para /a/ normal	43
4.4 Estadística descriptiva grupo control y experimentales para /a/ fuerte	44
CAPÍTULO V DISCUSIÓN	46
5.1 Resultados para mediciones vocal /a/ normal	46
5.1.1 Intensidad de la voz “ <i>Sound Pressure Level</i> (SPL)”.	46
5.1.2 <i>Smoothed Cepstral Peak Prominence</i> (CPPS)	47
5.1.3 Diferencia entre la amplitud del primer armónico con el segundo (H1-H2)	48
5.2 Resultados para mediciones /a/ fuerte	49
CONCLUSIÓN	51
REFERENCIAS	53
ANEXOS	58
Anexo 1	58

RESUMEN

Las disfonías por hiperfunción son los trastornos de la voz más frecuentes. Uno de los posibles factores de riesgo es el aumento de la intensidad de la voz por exposición a ruido (efecto Lombard); sin embargo, existe escasa evidencia que mida la relación directa entre esta exposición, patologías y medidas asociadas al estrés de impacto de los pliegues vocales. La presente investigación busca comparar estas medidas, antes, durante y después de la exposición a ruido, en tres grupos de personas: con voces normotípicas, con disfonía funcional y con nódulos vocales. El estudio es cuantitativo, exploratorio, transversal y cuasiexperimental. La población fueron estudiantes que cursan carreras de pedagogía en historia, música y teatro. La muestra estuvo compuesta de 30 estudiantes divididos en grupos: Control (10), Disfonía funcional (10) y Nódulos vocales (10). Se les solicitó emitir la vocal /a/ sostenida cinco veces en tres ocasiones: antes, durante y 5 minutos después de la exposición al ruido. Se comparó el cruce de condiciones para cada grupo en las variables SPL, CPP y H1-H2. Los resultados muestran diferencias significativas para las variables SPL, durante la exposición a ruido, en todos los grupos y, posterior a la exposición, en grupos control y nódulos vocales; en la variable CPP, durante la exposición, en el grupo control, y en H1-H2, durante la exposición, en grupos experimentales y, posterior al ruido, en grupo nódulos vocales. Estos cambios de comportamiento se deben a diferencias en la integración auditivo-motora entre las personas con disfonía funcional y nódulos vocales. Se concluye que las respuestas registradas son diferentes entre los grupos, sin embargo, faltan más estudios que comparen diferentes tipos de ruido y tareas fonatorias.

Palabras clave: Efecto Lombard, disfonía, hiperfunción.

INTRODUCCIÓN

La hiperfunción vocal es considerada una de las causas más frecuentes en los trastornos de la voz, como las disfonías funcionales y orgánicas funcionales (Hillman et al., 2020). Uno de los factores relevantes respecto a este tipo de disfonías es el efecto Lombard, el cual se relaciona con el aumento de la intensidad de la voz cuando se habla sobre ruido (Lombard, 1911), sin embargo, es un fenómeno que tiene poco estudio en la actualidad, sobre todo, con relación a déficits en el control motor del habla. Los profesionales del área, fonoaudiólogos y otorrinolaringólogos, si bien pueden contar con un vasto conocimiento a partir de su experiencia, podrían enriquecer su práctica profesional en el diagnóstico y tratamiento, si contaran con más investigaciones que relacionen las disfonías por hiperfunción y el efecto Lombard.

El objetivo general de esta investigación es comparar mediciones acústicas y de acelerometría vinculadas a la caracterización del estrés de impacto en personas con voces normotípicas, disfonía funcional y personas con nódulos vocales antes, durante y después de hablar sobre ruido. Respecto a la metodología, este estudio tiene un enfoque de tipo cuantitativo en donde se compararán mediciones acústicas y de aceleración de *Smoothed Cepstral Peak Prominence* (CPPS), H1–H2 y *Sound Pressure Level* (SPL). Además, tiene un alcance exploratorio, transversal, cuasiexperimental y no probabilístico.

La población corresponde a estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cursan carreras de Teatro, Pedagogía en Historia y Música en 4to y 5to año de formación, de edades entre 21 y 28 años. La muestra seleccionada es de tipo no probabilística y se conforma de 30 personas en total, en donde 10 tienen voz normotípica, 10 disfonía funcional y 10 nódulos vocales. Los registros de las muestras están compuestos por grabaciones acústicas y de aceleración, los cuales conforman la base de datos facilitada por la colaboración de la Universidad Técnico Federico Santa María. Para el análisis de esta muestra, se utilizará el *software* MATLAB y una hoja en formato Excel de elaboración propia.

Los principales contenidos de esta investigación se desarrollarán en cinco capítulos. El primero presenta el planteamiento del problema, el cual tiene por objetivo describir la problemática, objetivos y viabilidad del estudio. El segundo capítulo, marco teórico, define

los conceptos base de esta investigación tales como parámetros acústicos, disfonías por hiperfunción, control motor del habla y efecto Lombard. En el tercer capítulo, marco metodológico, se describe el enfoque, alcance, diseño, población, muestra, criterios de inclusión y exclusión, variables y procedimientos de la investigación. El cuarto capítulo presenta los resultados. Por último, el quinto capítulo, discusión, permite relacionar los hallazgos obtenidos con la literatura consultada.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problema de investigación

La hiperfunción vocal (HV) se relaciona con un uso excesivo de la musculatura perilaríngea en el transcurso de la fonación y es considerada como una de las causas más frecuentes en los trastornos de la voz tales como las disfonías funcionales y orgánicas funcionales (Hillman et al., 2020).

De acuerdo con la investigación realizada por Bhattacharyya (2014) en Estados Unidos, en relación a las entrevistas de salud del año 2012, se identificó que anualmente uno de cada 13 adultos presenta problemas vocales.

En Chile, un estudio realizado por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) en el año 2015, reveló que 3 de cada 4 docentes padecen de disfonía funcional. Así, el 75,5% de estos presentaron dicha condición en grado leve o moderado al momento de efectuar el sondeo y la mayoría sufre de disfonía por hiperfunción vocal (Castillo et al., 2015).

Los factores de riesgos asociados a la disfonía se pueden dividir en dos categorías: Factores de riesgos endógenos y exógenos. La primera categoría vincula factores relacionados con el individuo, como lo son las enfermedades de las vías respiratorias o el tabaquismo. En cambio, la segunda categoría consiste en factores externos, tales como el polvo o el aire acondicionado (Nascimento da Silva et al., 2017). También, Milovanovic y colaboradores (2018), reconocen como factores de riesgo para enfermedades de los pliegues vocales la edad, sexo, nivel de educación, ocupación, abuso o mal uso de la voz, fumar cigarrillos, consumo de alcohol, condiciones del clima desfavorables en el trabajo y comorbilidades como reflujo gastroesofágico, infecciones, alergias y enfermedades tiroideas.

Uno de los factores de riesgo exógeno más comunes de padecer disfonías es el hablar en ambientes ruidosos, en este contexto se produce un incremento involuntario de la intensidad de la voz, fenómeno también conocido como el efecto Lombard (Lombard, 1911). Este fenómeno ha sido considerado como un mecanismo de comunicación adaptativa que depende de la energía y composición espectral de la fuente sonora enmascarante (Stowe y Golob, 2013; Meekings et al., 2016), el contexto lingüístico del mensaje (Patel y Schell, 2008) y la intención de la interacción comunicativa entre el hablante y la audiencia (Garnier

et al., 2010).

Además de las variaciones en la intensidad de la voz, cambios en el discurso relacionados al efecto Lombard también incluyen aumentos en la frecuencia fundamental (Stowe y Golob, 2013), disminución de la inclinación espectral (Lu y Cooke, 2008), e incrementos en la longitud de las sílabas y vocales (Garnier et al., 2014). Además, se encontró que el cambio de intensidad en la voz dado el efecto Lombard depende del tipo de ruido enmascarante en el que se encuentre la persona (Sato y Bradley, 2008) e incluso este efecto puede luego, en algunos sujetos, persistir cuando el supuesto gatillante no está presente (Lindstrom et al., 2011). Este fenómeno sugiere que la actualización de los engramas motores posteriores al habla sobre ruido puede estar afectado, reflejando un déficit en el feedback auditivo o procesos sensoriomotores (Behroozmand y Sangtian, 2018).

De este modo, podemos decir que el aumento de la intensidad de la voz debido a la exposición a ruido se ha reportado ampliamente en la literatura como uno de los posibles factores de riesgo en la génesis de las disfonías asociadas a la hiperfunción vocal. No obstante, existe escasa evidencia que mida la relación directa entre la exposición a ruido y las disfonías por hiperfunción, particularmente considerando mediciones asociadas al estrés de impacto en los pliegues vocales.

El presente proyecto busca aumentar el conocimiento respecto al habla sobre ruido (Efecto Lombard) en las personas con hiperfunción vocal, específicamente aspectos asociados al fonotrauma. Se considera de suma importancia esta investigación, ya que marca un precedente para futuras investigaciones al explorar la alteración de *feedback* auditivo en personas con hiperfunción vocal y su posible rol en la génesis de trastornos vocales.

Lo anterior permitirá mejorar los diagnósticos en voz, así como optimizar los tiempos en terapia al comprender mejor las causas y situaciones en donde se genera hiperfunción vocal se podría considerar e implementar terapias que consideren aspectos de *feedback* auditivo y control motor de la voz. Por otro lado, a nivel de salud pública podría aportar a conocer si los recursos se deben enfocar en las conductas de las personas mediante la implementación de técnicas (terapia vocal) o en la modificación del ambiente para que este sea adecuado.

Cabe destacar que este estudio podrá ser utilizado en investigaciones futuras vinculadas al control motor en personas con disfonía. Estas comparaciones podrán ayudar a

establecer rangos de normalidad o características para poder identificar, debido al habla que se produce luego del efecto Lombard, si la persona evaluada podrá presentar o no cierta patología. Además, esta línea de investigación puede dar luces acerca de la importancia del control motor, adaptación motora y feedback auditivo en el desarrollo de patologías vocales. De este modo, se pueden incluir estos aspectos a la intervención fonoaudiológica, aportando en el quehacer profesional y mayor entendimiento de cómo se describe este fenómeno en voces con y sin patologías vocales antes, durante y después de la exposición al ruido.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son las diferencias entre medidas acústicas y de aceleración, asociadas al estrés de impacto de pliegues vocales, en personas con voces normotípicas, personas con disfonía funcional y personas con nódulos vocales cuando hablan sobre ruido ambiente?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Comparar mediciones acústicas y de acelerometría vinculadas a la caracterización del estrés de impacto en personas con voces normotípicas, disfonía funcional y nódulos vocales antes, durante y después de hablar sobre ruido.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con voces normales en un ambiente silencioso
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con voces normales mientras hablan bajo ruido enmascarante
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con voces normales después de que hablan bajo ruido enmascarante
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con disfonía funcional en un

ambiente silencioso

- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con disfonía funcional mientras hablan bajo ruido enmascarante
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con disfonía funcional después de que hablan bajo ruido enmascarante
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con nódulos vocales en un ambiente silencioso
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con nódulos vocales mientras hablan bajo ruido enmascarante
- Describir SPL, H1-H2 y CPPS en personas con nódulos vocales después de que hablan bajo ruido enmascarante
- Comparar las variaciones en SPL, H1-H2 y CPPS en personas con voces normales, personas con disfonía funcional y con nódulos antes, durante y después de bajo sobre ruido enmascarante.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis de investigación

Existen diferencias en al menos uno de los parámetros vocales asociados a estrés de impacto durante y posterior al efecto Lombard entre personas con voces normotípicas y personas con hiperfunción vocal.

1.4.2 Hipótesis nula

No existen diferencias en los parámetros vocales asociados a estrés de impacto durante y posterior al Efecto Lombard entre personas con voces normotípicas y personas con hiperfunción vocal.

1.4.3 Hipótesis alternativa

Existen diferencias en los parámetros vocales asociados a estrés de impacto durante y posterior al Efecto Lombard entre personas con voces normotípicas y personas con hiperfunción vocal.

1.5 Viabilidad de la investigación

Esta investigación es factible de realizar debido a la existencia de hardware y software para realizar el análisis, y los datos provistos por la Universidad Técnica Federico Santa María durante el contexto de pandemia. Además, se cuenta con una red de docentes pertinentes, los cuales son nuestro profesor guía Christian Castro, asesor metodológico Daniel Herrera y asesora de redacción Patricia Valdivia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

La presente investigación tiene por objetivo describir las diferencias entre las medidas acústicas y de aceleración, asociadas al estrés de impacto de pliegues vocales, en personas con voces normotípicas, personas con disfonía funcional y personas con nódulos vocales cuando hablan sobre ruido ambiente. Para este efecto, en el siguiente apartado, se expondrán conceptos técnicos, tales como, voz, disfonías, parámetros acústicos de la voz, control motor de la voz y habla sobre ruido. Lo anterior permitirá contextualizar y comprender el análisis de los datos recabados.

2.1 Voz

De acuerdo con Farías (2007), la voz se genera gracias a la intervención de múltiples sistemas, entre los cuales se encuentran el neuromuscular, el respiratorio, el auditivo, el endocrino, el fonatorio, el articulatorio y el resonancial, los que interactúan en coordinación con el sistema nervioso central y periférico. La voz humana, desde un enfoque biomecánico, puede considerarse como un sonido complejo creado por los pliegues vocales, el cual es modificado por las estructuras supraglóticas por medio de fenómenos de resonancia acústica (Titze, 2001). Así, la voz puede ser descrita a partir de diferentes parámetros como el tono, la intensidad o los modos de vibración de los pliegues vocales, cuyos rasgos pueden ser clasificados bajo un criterio de normalidad en función de la edad y el sexo de la población (Cobeta et al, 2013).

A continuación, se describirán los parámetros acústicos y de aceleración de la voz más utilizados en el ámbito investigativo, con la finalidad de dar a conocer los rasgos más relevantes para la investigación.

2.1.1 Parámetros acústicos y de aceleración de la voz

Según Cecconello (2012), el análisis objetivo de la voz corresponde a un estudio no invasivo, que consiste en grabar frente a un micrófono o algún sensor similar una serie de vocalizaciones, con el fin de obtener datos cuantitativos sobre la calidad y funcionalidad vocal. Además, los sensores deben contar con un adecuado sistema de ganancia, así como de digitalización y software de análisis. Para extraer información clínica relevante a partir

de las señales, se deben realizar diversos análisis, siendo los más utilizados: frecuencia fundamental, intensidad, armónicos y duración.

a) Frecuencia fundamental: la frecuencia fundamental se describe como “el número de veces que vibran por segundo las cuerdas vocales” (Jiménez et al., 2010, p. 60). Este parámetro refiere a la percepción psicoacústica del tono y depende del número de veces por segundo en el que vibran los pliegues vocales. Además, esta es inversamente proporcional al tamaño de la estructura anatómica de cada sujeto, de modo que, si los pliegues vocales son grandes y muy vascularizados, la frecuencia fundamental será menor (grave) en comparación con otro sujeto que posea pliegues vocales más pequeños y menos vascularizados (Casado y Adrián, 2002).

b) Intensidad: La intensidad se define como “la amplitud de la variación de la presión sonora producida al transmitirse la voz en el medio aéreo, y se expresa en decibelios (dB)” (Cobeta et al., 2013, p. 195). Esta variación depende, fundamentalmente, de la amplitud de la vibración de los pliegues vocales y de la presión subglótica, de tal modo que, si estos factores aumentan, también lo hace la intensidad de la voz (Cobeta et al, 2013). Perceptualmente, se relaciona con la sonoridad y es una unidad de comparación de magnitudes que se mide en decibeles. 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 denomina intensidad *Sound Pressure Level* o *SPL*.

c) Armónicos. Los armónicos son considerados como “múltiplos enteros de la F_0 ; estos se describen como los modos de vibración de los pliegues vocales” (Castro, 2018, p. 9). El primer armónico es la frecuencia fundamental F_0 y corresponde al tono de la voz; el segundo tiene una frecuencia doble de la fundamental; el tercero, triple; y así sucesivamente (Gracida y Orduña, 2011). Al respecto, Jackson-Menaldi (2005) menciona que los armónicos se relacionan perceptualmente con el brillo de la voz,

clasificando las voces en brillantes, estridentes y opacas, en base a la cantidad y energía de sus armónicos.

d) Duración. La duración, acústicamente, se describe como el tiempo de vibración de un sonido (Farías, 2007). En la voz, se reconoce como la mantención de la fonación, para la cual se necesita de una coordinación entre el mecanismo valvular de la laringe con el flujo aéreo que proviene de los pulmones (Delgado et al, 2017).

2.1.2 Voz normotípica

La voz normotípica es la que se percibe como una voz sana en un determinado entorno social y cultural (Cobeta et al., 2013). La diferencia entre la voz normotípica y la patológica se establece a partir de la salud vocal; por consiguiente, califica como una voz sana aquella que tiene un máximo rendimiento con un mínimo esfuerzo, recibe la aceptación del oyente y representa volumen, tono y flexibilidad adecuados para la edad y sexo (Cobeta, et al., 2013). De este modo, a continuación, se explicará el concepto de hiperfunción vocal relacionado a la voz patológica.

2.1.3 Hiperfunción vocal

La hiperfunción vocal (HV) refiere a la “actividad excesiva de los músculos perilaríngeos en el transcurso de la fonación, que genera trastornos en la voz” (Hillman et al., 2020, p. 2254). Estos últimos se definen como barreras que impiden tener una comunicación efectiva (Zhou et al, 2022) y, en este sentido, un trastorno de la voz o también voz patológica se considera cuando los parámetros de esta, tales como el timbre, tono, intensidad o flexibilidad, difieren de los de las voces de la mayoría de las personas del mismo sexo, edad y grupo cultural (Cobeta et al, 2013). De este modo, siguiendo lo propuesto por Hillman et al. (2020), se presentan dos tipos de disfonías con base en la hiperfunción vocal.

a) Hiperfunción vocal no fonotraumática (NPVH): Las disfonías funcionales o, como las denomina la nomenclatura propuesta por Hillman et al. (2020), la hiperfunción vocal no fonotraumática, corresponden al tipo de

hiperfunción vocal que no causa un daño en el epitelio ni en el cuerpo del pliegue vocal, por lo cual se considera como “un factor etiológico en la disfonía de tensión muscular primaria” (Hillman et al., 2020, p. 2255). Son aquellas que se destacan por desarrollar una función fonatoria anormal e ineficaz, se caracterizan por un aumento en la presión subglótica y cierre glótico incompleto, provocando disfonías, pero no traumatismos en el tejido del pliegue (Hillman et al., 2020).

b) Hiperfunción vocal fonotraumática (PVH): Las disfonías orgánico funcionales o, como se denominan bajo la nomenclatura propuesta por Hillman (2020), la hiperfunción vocal fonotraumática (PVH), a diferencia de la NPVH sí genera cambios en la estructura del pliegue vocal, por lo cual se identifica como “un factor etiológico en las ‘lesiones benignas de la lámina propia’ (principalmente nódulos de las cuerdas vocales, pólipos y lesiones reactivas) y posiblemente ‘granulomas de las cuerdas vocales no relacionados con la intubación’” (Hillman et al., 2020, p. 2255). Asimismo, las personas con esta disfonía tienden a realizar un cierre glótico abrupto y poseer mayor fuerza fonatoria, lo que genera un aumento progresivo de la hiperfunción para lograr una emisión adecuada. Esto último ocurre para compensar la deficiencia vocal y alcanzar niveles normales de presión sonora (Hillman et al., 2020).

2.2 Control motor de la voz

La fonación se destaca dentro del acto motor del habla, lo que permite la expresión de los sonidos en la comunicación. El control motor de la voz resulta de un complejo funcionamiento por parte de los sistemas nervioso, respiratorio, fonatorio y resonancial, cuyas estructuras participan en los procesos de fonación y producción del habla. Tourville y Guenther (2011) crearon el modelo computacional *Directions Into Velocities of Articulators* (DIVA) con el objetivo de estudiar en profundidad el control motor en la producción del habla y la voz. A continuación, se explicará en qué consiste el modelo con la finalidad de

enmarcar la investigación en esta teoría que busca explicar los mecanismos por el cual se controla la producción del habla y de la voz.

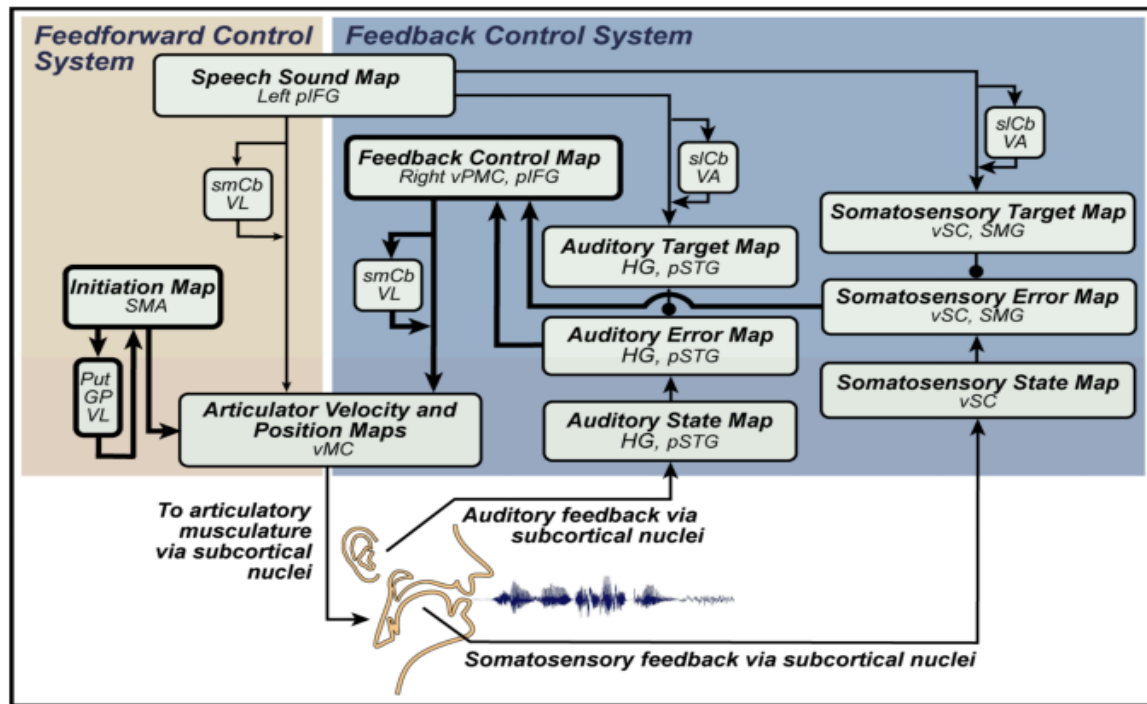
2.2.1 Modelo DIVA

El modelo *Directions Into Velocities of Articulators* (DIVA) proporciona una descripción computacional de la adquisición y producción del habla. Según Tourville y Guenther (2011), es un esquema matemático utilizado para aprender las asignaciones entre las diferentes representaciones neuronales en el habla y se subdivide en dos grandes subsistemas integrados: *Feedforward control system* y *Feedback control system*.

De acuerdo con la Figura 1, el *Feedforward control system* comienza con un mapeo sensorial acústico (fonético/fonológico) que genera un sonido mental anticipatorio que representa cómo se articula un sonido (objetivo sensorial) y cómo debería escucharse (objetivo acústico), siendo este el mecanismo mental automático precursor del patrón de posiciones articulatorias del tracto vocal. El *Feedback control system* sería el encargado de la retroalimentación, debido a que los movimientos realizados por los articuladores del habla proporcionan señales táctiles, propioceptivas y auditivas, lo cual se entrega en dos líneas de control para la información auditiva, es decir, cómo se está escuchando (*Auditory state map*), y somatosensorial, cómo se está sintiendo propioceptivamente la emisión de un sonido (*Somatosensory state map*).

Figura 1

El modelo DIVA de adquisición y producción del habla y voz.



Nota. Abreviaciones: Globo pálido (GP); Giro de Heschl (HG); Giro frontal inferior posterior (pIFg); Giro temporal superior posterior (pSTg); Putamen (Put); Cerebelo lateral superior (slCB); Área motora suplementaria (SMA); Giro supramarginal (SMG); Núcleo ventral anterior del cerebelo (VA); Núcleo central lateral del tálamo (VL); Corteza motora ventral (vMC); Corteza premotora ventral (vPMC); Corteza somatosensorial ventral (vSC). Adaptado de Tourville, J. y Guenther, F. (2011). The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production. *Language and cognitive processes*, 26(7), 952–981. <https://doi.org/10.1080/01690960903498424>

a) Feedforward Control System: Este subsistema anticipa y regula los movimientos del habla, cuya producción comienza con la activación del *Speech Sound Map*, el cual representa mentalmente fonemas, sílabas, palabras y frases en sus aspectos motores. En otras palabras, este subsistema envía los comandos necesarios para articular los diferentes sonidos del habla (Tourville y Guenther, 2011). Este se relaciona con el *Articulator Velocity and Position Maps*, el cual codifica la velocidad de producción de los

movimientos de los labios superiores e inferiores, lengua, mandíbula y laringe, según los sonidos aprendidos previamente (Castro, 2018). En forma paralela, el subsistema *Feedback Control* realiza una continua retroalimentación a medida que se ejecutan dichos movimientos (Tourville y Guenther, 2011).

b) *Feedback Control System*: En este modelo, inicialmente se activan dos mapas, el *Auditory Target Map* y el *Somatosensory Target Map*, los cuales buscan la meta establecida para la producción del habla para la información auditiva y somatosensorial. Luego, se involucran los *Error Map* para ambas vías, permitiendo reconocer los cambios para modificar dichas metas a la que se quiere llegar, tanto auditiva como somato sensorialmente (Tourville, 2008; Castro, 2022).

El *Auditory Target Map* ocurre en la vía auditiva, enviando la información acústica que se está emitiendo al hablar, luego ingresa dicha información al *Feedback*, se procesa y retroalimenta auditivamente sobre lo que se está emitiendo. Lo anterior permite regular la producción del habla en el caso de que exista algún error en lo que se dice, lo que es captado por el *Auditory Error Map*, luego se traslada la información de vuelta al *Feedback Control Map* y se reenvía al *Articulator Velocity and Position Maps* para generar los cambios correspondientes. Finalmente, dichos cambios son enviados al *Feedforward Control System* para integrarlos durante la emisión (Tourville y Guenther, 2011).

El *Somatosensory Target Map*, en tanto, es parecido al auditivo, pero el tipo de información, en este caso, es propioceptiva, es decir, se basa en lo que el emisor siente en su tracto vocal de manera inconsciente. De igual manera, cuando hay un error, esta información se percibe por el *Somatosensory Error Map* luego se traslada hacia el *Feedback Control Map* y se transmite al *Articulator Velocity and Position Maps* para configurar los cambios correspondientes. Por último, estas modificaciones se envían al *Feedforward Control System* para establecerlos durante toda la emisión (Tourville y Guenther, 2011).

2.3 Habla sobre ruido (Efecto Lombard)

Cuando se habla sobre ruido, este provoca un efecto sobre la señal que se conoce

como enmascaramiento, proceso por el cual el umbral de audibilidad de un sonido aumenta debido a la presencia de otro sonido (máscara). Por tanto, con este término nos referimos a la presencia de un estímulo que interfiere en la percepción de otro (Marrero, 2008). De este modo, las características de la exposición de la voz en ruido involucrarían un aumento en la intensidad y en el tono, un cambio de energía espectral hacia las frecuencias medias, una disminución de la velocidad del habla, movimientos articulatorios de mayor amplitud y modificaciones en los fonemas. Por tanto, se considera que la presencia de ruido ambiental es una condición que puede afectar la retroalimentación auditiva de la voz, dificultando la comunicación (Cartés et al., 2018).

El aumento involuntario de la intensidad vocal debido al ruido de enmascaramiento se conoce como efecto Lombard (Lombard, 1911). Este fenómeno ha sido considerado como un mecanismo comunicativo compensatorio, que depende de la energía y composición espectral del enmascarador sonoro, el contexto lingüístico del mensaje y el tipo/intención de la interacción comunicativa entre el hablante y la audiencia (Castro et al., 2022).

Un estudio, realizado por Stowe y Golob (2013), demostró que cuando el ruido comparte frecuencias similares a las del habla, los cambios producidos en los rasgos suprasegmentales de esta son mayores. Asimismo, no se produce el efecto Lombard cuando las frecuencias del ruido utilizado para perturbar el *feedback* auditivo están alejadas a las frecuencias del habla. Por lo tanto, el efecto Lombard es sensible al contenido de frecuencia del ruido competitivo y no es una respuesta general a cualquier ruido ambiental (Castro, 2018).

En un estudio más reciente, se analizó la voz ambulatoria de personas con función vocal normotípica en un entorno naturalista. Se obtuvo como pendiente lombarda 0,54 dB/dB, lo que concuerda con estudios de laboratorio y mecanismos esperados a causa de la autopercepción de la voz (Castro et al., 2022). En ciertos casos, el SPL de sujetos con disfonía por hiperfunción vocal se mantuvo relativamente alto, aun cuando el nivel de ruido acústico había disminuido. En otras palabras, el efecto Lombard persiste, incluso, cuando el presunto desencadenante de la conducta adaptativa ya no estaba presente (Castro, 2022).

No obstante, son escasos los estudios que relacionan las alteraciones del *feedback* auditivo con mediciones de carga vocal, con la finalidad de entender la fisiología de la disfonía músculo tensional. Por esto, se requieren estudios actualizados y centrados en este ámbito en particular, específicamente, aquellos que incluyen tareas con efecto Lombard,

tales como emitir vocales sostenidas bajo ruido enmascarante. De este modo, en la presente investigación, se utilizará ruido enmascarante como método de entorpecimiento del feedback auditivo en personas con disfonías funcionales, orgánico-funcionales (nódulos vocales) y personas con voz normotípica, teniendo en cuenta de que ambas condiciones generan modificaciones en los parámetros de la voz y en sus medidas aerodinámicas.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

3.1.1 Enfoque

Este estudio tiene un enfoque de tipo cuantitativo, lo que significa que son aquellos estudios en que las características o propiedades pueden presentarse en diversos grados o intensidad y tienen un carácter numérico o cuantitativo (Hernández et al., 2014). Tiene este enfoque debido a que se utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

En esta investigación se utilizará un enfoque cuantitativo porque se describirán las diferencias entre las medidas acústicas y de aceleración obtenidas en personas con voz normal, disfonía funcional y nódulos vocales, por lo cual los datos obtenidos y analizados son de carácter cuantificable y estadístico.

3.1.2 Alcance

El alcance de esta investigación es de carácter exploratorio. Este tipo de alcance se realiza cuando el objetivo consiste en examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes es decir cuando tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio (Hernández et al., 2014).

En este caso, debido a la escasa evidencia vinculada a la exposición a ruido, las disfonías funcionales y nódulos, se pretende describir el comportamiento de la voz en esta población, a fin de describir las diferencias en relación al efecto Lombard. De este modo, la aplicación de un alcance exploratorio para esta investigación recae en incrementar el conocimiento respecto del habla sobre ruido y abrir el camino para otras investigaciones.

3.1.3 Diseño

El diseño de una investigación corresponde al plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento

(Hernández et al., 2014). En este caso, la investigación es de carácter transversal, ya que los datos fueron recolectados en un solo momento y tiempo único.

Asimismo, presenta un diseño cuasiexperimental, el cuál según Manterola & Otzen (2015) corresponden a estudios experimentales en los que la asignación aleatoria está ausente, es decir, que busca valorar el efecto de una o más intervenciones, habitualmente de carácter comparativa, y el equipo investigador es quien decide las condiciones asignadas a cada grupo.

De este modo, esta investigación buscará, de manera transversal, describir en medidas acústicas y de aceleración antes, durante y después de la exposición a ruido en personas con voces normales, disfonía funcional y nódulos vocales. Por lo cual, lo anterior justifica su condición como estudio transversal cuasiexperimental.

3.2 Población

La población corresponde a estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cursan carreras de Teatro, Pedagogía en Historia y Música en 4to y 5to año de formación, de edades entre 21 y 28 años.

3.3 Muestra

De este modo, la muestra escogida para esta investigación fueron estudiantes de la Universidad de Valparaíso que cursan carreras de Teatro, Pedagogía en Historia y Música en 4to y 5to año de formación, de edades entre 21 y 28 años que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

3.3.1 Tipo de muestreo y diseños de las muestras

El muestreo fue de tipo no probabilístico o dirigido, debido a que la muestra seleccionada correspondió a sujetos que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión, previamente establecidos y que son de interés para los investigadores. Esto implica que la muestra no es necesariamente representativa de toda la población, pero ofrece facilidad para la recolección y la posibilidad de analizar los datos con mayor profundidad. En el muestreo

no probabilístico, se encuentra el de participante voluntario o autoseleccionada, el cual es el que se escogió para esta investigación, ya que inicialmente se realiza una invitación a la población elegida y, posteriormente, se incluyen a los participantes que cumplen con los criterios (Hernández et al., 2014).

Debido a su carácter cuasi experimental, esta investigación busca describir mediante la aplicación de mediciones acústicas y de aceleración en tres momentos distintos en torno al habla y la exposición a ruido. Además, se diferencia de una investigación experimental pura debido a que se escogió la muestra arbitrariamente en base a los criterios de inclusión y exclusión previamente mencionados, con la finalidad de facilitar la recolección y análisis de los datos.

3.3.2 Tamaño de la muestra

La muestra estuvo constituida por 30 estudiantes con voz normal de la Universidad de Valparaíso que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. De estos, 10 corresponden a estudiantes con voces normotípicas y conforman el grupo control, 10 con disfonía funcional y 10 con nódulos vocales, los cuales conforman al grupo experimental.

3.3.3 Criterios de selección de la muestra

- **criterios de inclusión**

- **Grupo control**

- Estudiantes que no refirieron historia de pérdida y/o molestia auditiva.
- Obtener umbrales auditivos dentro de lo normal (PTP 0-20 dB HL).
- Estudiantes sin historial de patología vocal.
- Endoscopia laríngea no presenta alteraciones.
- Obtener en la escala perceptual GIRBAS un puntaje cero en todos los componentes.

- **Grupo experimental**

- Estudiantes que no refirieron historia de pérdida y/o molestia auditiva.
- Obtener umbrales auditivos dentro de lo normal (PTP 0-20 dB HL).
- Estudiantes con historial de patología vocal.

- Endoscopia laríngea presenta signos de disfonía músculo tensional y/o nódulos vocales.
 - Obtener en la escala perceptual GIRBAS un puntaje diferente a 0 en todos o alguno de los componentes.
- **Criterios de exclusión**
 - **Grupo control**
 - Estudiantes que refirieron pérdida y/o molestia auditiva.
 - Estudiantes que presentaron alguna patología vocal.
 - Obtener umbrales auditivos superiores a PTP 20 dB HL.
 - Obtener al menos un puntaje de 1 en algún componente de GIRBAS.
 - Tener problemas respiratorios crónicos.
 - Tener dificultades anatómicas para la endoscopia laríngea.
 - **Grupo experimental**
 - Estudiantes que refirieron pérdida y/o molestia auditiva.
 - Estudiantes que no presentaron alguna patología vocal.
 - Obtener umbrales auditivos superiores a PTP 20 dB HL.
 - Obtener un puntaje 0 en todos los componentes de GIRBAS.
 - Tener problemas respiratorios crónicos.
 - Tener dificultades anatómicas para la endoscopia laríngea.

3.4 Operacionalización de las variables

A continuación, se describen las medidas acústicas y de aceleración con sus respectivos rangos cuantitativos:

Parámetros acústicos y de aceleración		
Nivel de intensidad de la voz (SPL)	Nivel de intensidad de la voz (SPL), el cual corresponde a la presión sonora de la intensidad de la voz medida en decibeles (dB) (Hillman et al., 2020).	Los valores normotípicos en el adulto presentan un rango entre 50 y 110 dB, siendo el nivel conversacional habitual de 70-75

		Su código es SPL
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. Voces normotípicas: media menor a 0.5 ($G_{media} < 0.5$) en la calificación de la escala perceptiva. Voces hiperfuncionales: 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). Su código es CPPS
Diferencia entre la amplitud del primer armónico con el segundo (H1-H2)	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, el cual proporciona información sobre el modo de la fonación, en donde se asocia al tipo de cierre glótico entregando así información relevante sobre el ruido en la fuente sonora (Hillman et al., 2020).	Puede calcularse a través de vocal sostenida o habla continua. En voces normotípicas oscila entre 4 y 7 dB, mientras que en voces con hiperfunción es menor a 3 dB. Su código es H1-H2

3.5 Instrumentos

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. A continuación, se describen brevemente los instrumentos aplicados:

Videoendoscopia: 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 et al., 2015). De esta forma, se puede captar la vibración de los PPVV 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).

Audiometría tonal: La audiometría diagnóstica es, según Stach (2003), la medición de la audición para determinar la naturaleza y el grado de impedimento auditivo por medio de un audiómetro. La audiometría tonal consta de una prueba audiométrica, la cual es de conducción aérea.

Pauta evaluación UV: Instrumento de evaluación clínica de la voz generado por la Universidad de Valparaíso con el objetivo de estandarizar criterios de evaluación (Anexo 1).

GIRBAS: Escala de valoración que permite determinar acústicamente los patrones de grado (G), inestabilidad (I), ronquera (R), soplo (B), astenia (A) y tensión (S) de la producción vocal. Esta escala califica de 0 a 3, donde 0 corresponde a un patrón normal y 3 a la alteración extrema en ese aspecto.

3.6 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

- PSPP
- Programa Excel con hoja de cálculo con formato de elaboración propia

3.7 Procedimientos

La investigación busca describir las diferencias entre las medidas acústicas y de aceleración a través de grabaciones de la voz en distintas condiciones. Debido a esto, nuestra pregunta de investigación es ¿Cuáles son las diferencias entre medidas acústicas y de aceleración, asociadas al estrés de impacto de pliegues vocales, en personas con voces normotípicas, personas con disfonía funcional y personas con nódulos vocales bajo el efecto Lombard? De este modo, el desarrollo de esta investigación evidenciará y aumentará el conocimiento entre el comportamiento de la voz bajo el efecto Lombard en voces normotípicas, disfonías funcionales y con nódulos.

Luego de la aprobación del comité de Bioética, en relación al contacto con las muestras, este fue de manera formal mediante una carta a los directores de las carreras escogidas, extendiendo la invitación a los estudiantes a participar de forma gratuita a un screening vocal y auditivo realizado por los investigadores.

Después, a cada participante se le aplicó una pauta de evaluación fonoaudiológica. Dentro de dicha evaluación, se realizaron audiometrías tonales y se le aplicó el protocolo de evaluación fonoaudiológica de la Universidad de Valparaíso, en donde se contempla la escala perceptual GIRBAS. Posteriormente, se le realizó una evaluación otorrinolaringológica, la cual consistió en una evaluación clínica acompañada de una endoscopia con video de alta velocidad. Lo anterior se llevó a cabo con la finalidad de contrastar estos resultados con los criterios de inclusión y exclusión y así determinar la muestra.

Para la obtención de datos, se obtuvieron registros acústicos y de acelerometrías de la voz a los estudiantes escogidos para la muestra de la investigación, los cuales cumplían con los criterios de inclusión y exclusión correspondientes. A cada participante se le solicitaron los siguientes gestos vocales: Emitir 5 veces la vocal /a/ sostenida a nivel de intensidad normal y 5 veces la misma vocal emitida de manera fuerte, lo cual se repitió en tres ocasiones: 1) En un ambiente sin ruido, 2) escuchando un ruido por audífonos (*speech noise*) a 80 dB HL y 3) Después de 5 minutos de descanso nuevamente en un ambiente sin ruido. 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). Los registros de acelerometría se obtuvieron por medio de un acelerómetro (KNOWEL 1756), los cuales a su vez se conectaron a un adquirente de señales (3123 *National Instruments*). Se utilizaron 20 KHz como frecuencia de muestreo con una cuantización de 16 bits.

Respecto al análisis de la información, luego de la recolección de los datos se optó por la utilización del *software* PSPP versión 1.6.2, las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene y la Prueba Estadística Inferencial No Paramétrica de Wilcoxon. Además, para realizar los gráficos y estadística descriptiva, se optó por utilizar los *software* JASP y Grapher TM respectivamente. Estos fueron escogidos por conveniencia debido a que se han ocupado para investigaciones anteriores en colaboración con la Universidad Técnico Federico Santa María.

3.8 Materiales

En el proceso de recolección de datos, se utilizaron distintos materiales para realizar los exámenes relacionados a los y las participantes, junto a las grabaciones requeridas para el análisis de los datos a fin de cumplir con los objetivos de la investigación. 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
- *Software* PSPP
- *Software* JASP
- *Software* Grapher TM
- Cuaderno
- Lápiz

CAPÍTULO IV RESULTADOS

En el siguiente apartado se exponen los resultados del estudio. La muestra estuvo compuesta por 30 estudiantes universitarios que aceptaron la invitación voluntaria para participar del estudio y que cumplían con los criterios de inclusión mencionados anteriormente. Los participantes fueron divididos en tres grupos; el grupo control normotípico (N=10), el grupo con hiperfunción vocal no fonotraumática, de ahora en adelante, disfonía funcional (N=10); y el grupo con hiperfunción vocal fonotraumática, ahora, nódulos vocales (N=10).

Los datos siguen el orden de los parámetros utilizados y descritos en el apartado de metodología. El análisis consiste en comparar mediciones acústicas y de acelerometría vinculadas a la caracterización del estrés de impacto en personas con voces normotípicas, con disfonía funcional y con nódulos vocales.

En esta investigación se optó por representar lo obtenido de los tres grupos en cada gráfico para así facilitar la comparación. De este modo, los resultados se presentarán por variable para las grabaciones de /a/ normales y luego /a/ fuertes con la información de cada grupo y condición. El grupo control se codificó con la letra “N” y el color azul, el grupo con disfonía funcional con la letra “D” y color amarillo, y el grupo con nódulos vocales con la letra “P” y color naranja.

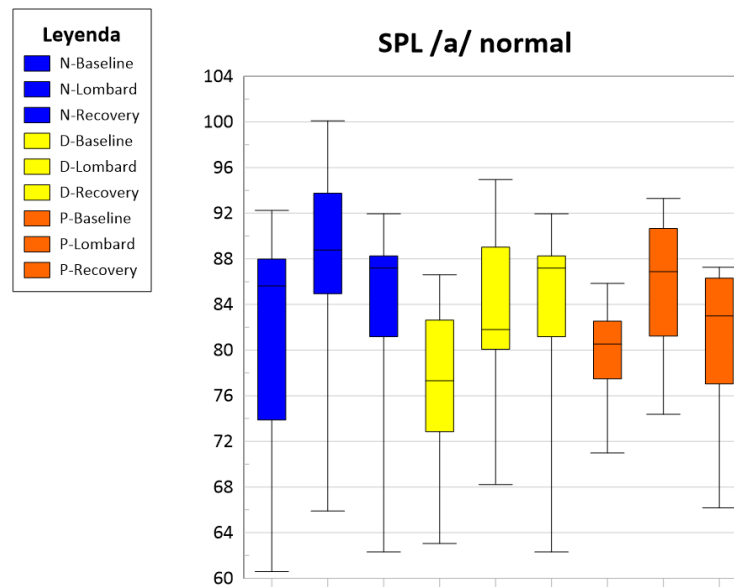
Se tomó la decisión de usar la prueba de Wilcoxon dado que las variables no tienen una distribución normal de acuerdo a la prueba Shapiro-Wilk, cuyos resultados fueron menores a 0.05. Se describen y comparan los resultados entre las condiciones para cada grupo y variable. Cabe destacar que el análisis estadístico se realizó mediante el software PSPP, JASP y Grapher TM considerando diferencias estadísticamente significativas con un valor p menor a 0,05.

4.1 Resultados para las mediciones de /a/ normal

A continuación, se describirán los resultados obtenidos para cada variable, grupo y condición de los registros acústicos y de acelerometría correspondientes a la medición de la /a/ normal.

Figura 2

Comparación variable SPL de grabación de una /a/ normal



La figura 2 representa el gráfico tipo “*Box Plot*” de la variable SPL para la vocal /a/ normal para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

Tabla 1

Resultados variable SPL /a/ normal en grupo control

Grupo control: SPL /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-5,84	0,000
Lombard - Recovery	-5,51	0,000
Baseline - Recovery	-3,32	0,001

En la tabla 1 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable SPL /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard*, *Lombard-Recovery* y *Baseline-Recovery* en el grupo control respecto a sus medianas.

Tabla 2*Resultados variable SPL /a/ normal en grupo disfonía funcional*

Grupo disfonía funcional: SPL /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-6,11	0,000
Lombard - Recovery	-0,20	0,843
Baseline - Recovery	-3,59	0,000

En la tabla 2 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo disfonía funcional y variable SPS /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* y *Baseline-Recovery* en el grupo con disfonía funcional respecto a sus medianas.

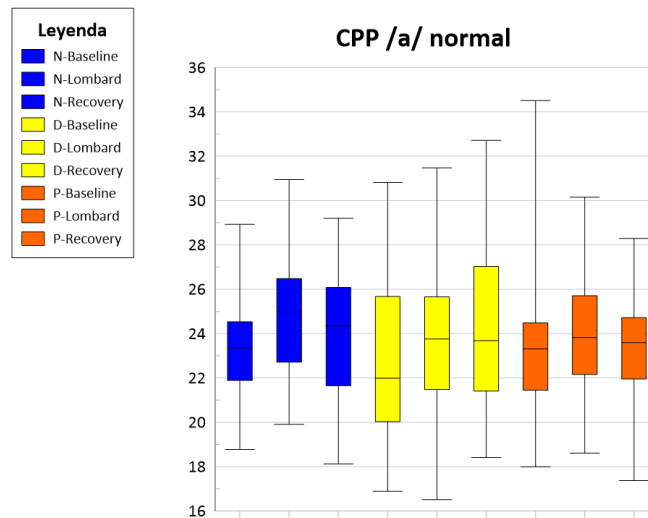
Tabla 3*Resultados variable SPL /a/ normal en grupo nódulos vocales*

Grupo nódulos vocales: SPL /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-5,21	0,000
Lombard - Recovery	-3,86	0,000
Baseline - Recovery	-2,70	0,007

En la tabla 3 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable SPS /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard*, *Lombard-Recovery* y *Baseline-Recovery* en el grupo con nódulos vocales.

Figura 3

Comparación variable CPP de grabación de una /a/ normal



La figura 3 representa el gráfico tipo “Box Plot” de la variable CPP para la vocal /a/ normal para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

Tabla 4

Resultados variable CPP /a/ normal en grupo control

Grupo Control CPP /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-4,10	0,000
Lombard - Recovery	-1,67	0,096
Baseline - Recovery	-1,56	0,118

En la tabla 4 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable CPP /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* en el grupo control.

Tabla 5*Resultados variable CPP /a/ normal en grupo disfonía funcional*

Grupo disfonía funcional: CPP /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-1,49	0,137
Lombard - Recovery	-1,18	0,237
Baseline - Recovery	-2,77	0,006

En la tabla 5 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo disfonía funcional y variable CPP /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* en el grupo con disfonía funcional.

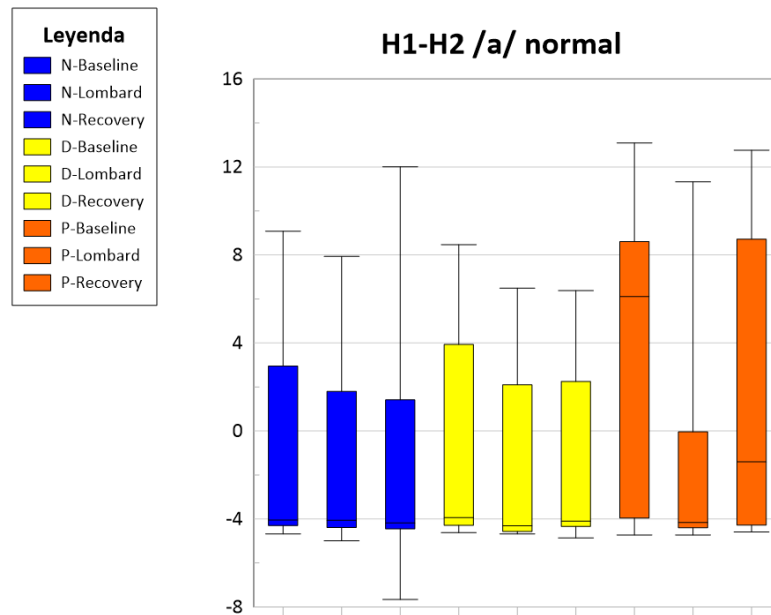
Tabla 6*Resultados variable CPP /a/ normal en grupo nódulos vocales*

Grupo nódulos vocales: CPP /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-0,77	0,441
Lombard - Recovery	-1,39	0,165
Baseline - Recovery	-0,03	0,975

En la tabla 6 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable CPP /a/ normal en el contraste de condiciones. No se describen diferencias significativas en sus medianas para ningún cruce de condiciones en el grupo con nódulos vocales.

Figura 4

Comparación variable H1-H2 de grabación de una /a/ normal



La figura 4 representa el gráfico tipo “*Box Plot*” de la variable H1-H2 para la vocal /a/ normal para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

Tabla 7

Resultados variable H1-H2 /a/ normal en grupo control

Grupo Control H1-H2 /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-1,92	0,054
Lombard - Recovery	-0,3	0,976
Baseline - Recovery	-2,70	0,007

En la tabla 7 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable H1-H2 /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Recovery* en el grupo control.

Tabla 8*Resultados variable H1-H2 /a/ normal en grupo disfonía funcional*

Grupo disfonía funcional: H1-H2 /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-4,56	0,000
Lombard - Recovery	-0,96	0,337
Baseline - Recovery	-4,34	0,000

En la tabla 8 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para grupo disfonía funcional y variable H1-H2 /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* y *Baseline-Recovery* en el grupo con disfonía funcional.

Tabla 9*Resultados variable H1-H2 /a/ normal en grupo nódulos vocales*

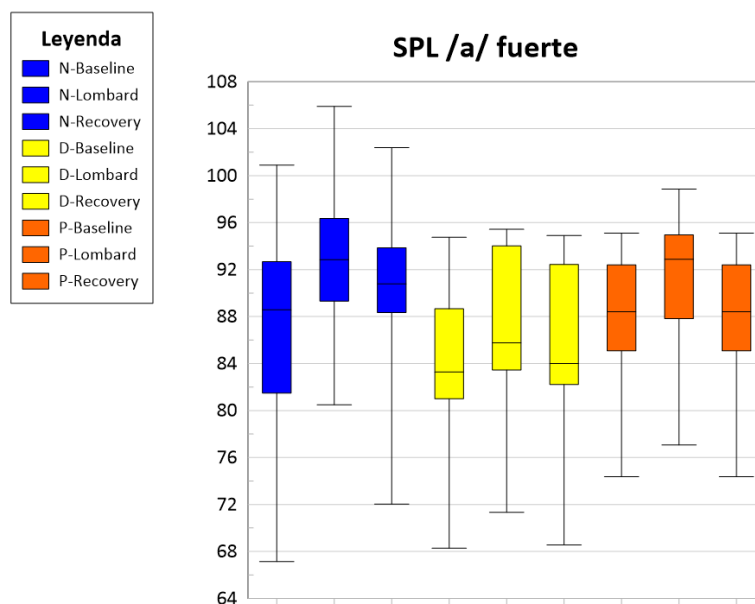
Grupo nódulos vocales: H1-H2 /a/ normal		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-4,45	0,000
Lombard - Recovery	-3,69	0,000
Baseline - Recovery	-1,46	0,145

En la tabla 9 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable H1-H2 /a/ normal en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* y *Lombard-Recovery* en el grupo con nódulos vocales.

4.2 Resultados para las mediciones de /a/ fuerte

Figura 5

Comparación variable SPL de grabación de una /a/ fuerte



La figura 2 representa el gráfico tipo “Box Plot” de la variable SPL para la vocal /a/ fuerte para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

Tabla 10

Resultados variable SPL /a/ fuerte en grupo control

Grupo Control: SPL /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-5,62	0,000
Lombard - Recovery	-5,43	0,000
Baseline - Recovery	-2,82	0,005

En la tabla 10 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable SPL /a/ fuerte en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard*, *Lombard-Recovery* y *Baseline-Recovery* en el grupo control.

Tabla 11

Resultados variable SPL /a/ fuerte en grupo disfonía funcional

Grupo disfonía funcional: SPL /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-5,39	0,000
Lombard - Recovery	-4,48	0,000
Baseline - Recovery	-2,84	0,004

En la tabla 11 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo disfonía funcional y variable SPL /a/ fuerte en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard*, *Lombard-Recovery* y *Baseline-Recovery* en el grupo con disfonía funcional.

Tabla 12

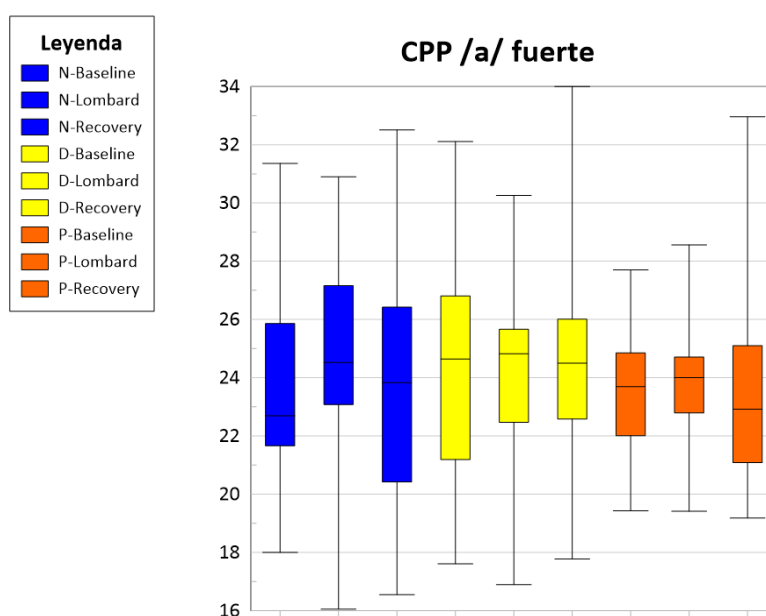
Resultados variable SPL /a/ fuerte en grupo nódulos vocales

Grupo nódulos vocales: SPL /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-5.20	.000
Lombard - Recovery	-5.20	.000
Baseline - Recovery	N/A	N/A

En la tabla 12 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable SPL /a/ fuerte en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Lombard* y *Lombard-Recovery* en el grupo con nódulos vocales. No se pudieron consignar los datos del cruce *Baseline-Recovery* debido a un error en el proceso de análisis.

Figura 6

Comparación variable CPP de grabación de una /a/ fuerte



La figura 6 representa el gráfico tipo “Box Plot” de la variable CPP para la vocal /a/ fuerte para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

Tabla 13

Resultados variable CPP /a/ fuerte en grupo control

Grupo Control: CPP /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-1,87	0,062
Lombard - Recovery	-1,53	0,125
Baseline - Recovery	-2,82	0,005

En la tabla 13 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable CPP /a/ fuerte en el contraste de condiciones. Se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones *Baseline-Recovery* en el grupo control.

Tabla 14

Resultados variable CPP /a/ fuerte en grupo disfonía funcional

Grupo disfonía funcional: CPP /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-0,32	0,748
Lombard - Recovery	-0,30	0,766
Baseline - Recovery	-1,37	0,171

En la tabla 14 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo disfonía funcional y variable CPP /a/ fuerte en el contraste de condiciones. No se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruces de condiciones en el grupo con disfonía funcional.

Tabla 15

Resultados de variable CPP /a/ fuerte en grupo nódulos vocales

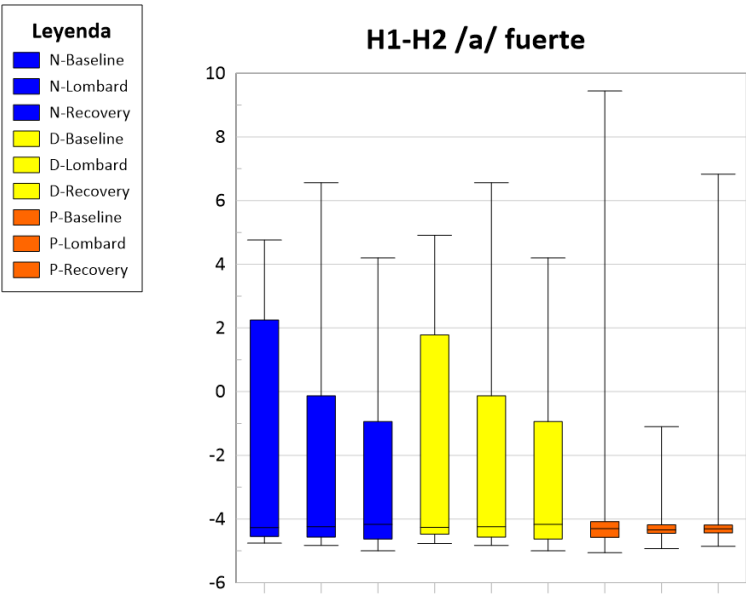
Grupo nódulos vocales: CPP /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-0,54	0,586
Lombard - Recovery	-1,09	0,274
Baseline - Recovery	-0,44	0,657

En la tabla 15 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable CPP /a/ fuerte en el contraste de condiciones. No se

describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones en el grupo con nódulos vocales.

Figura 7

Comparación variable H1-H2 de grabación de una /a/ fuerte



La figura 7 representa el gráfico tipo “Box Plot” de la variable H1-H2 para la vocal /a/ fuerte para los tres grupos que componen la muestra; N, D y P.

TABLA 16

Resultados de variable H1-H2 /a/ fuerte en grupo control

Grupo control: H1-H2 /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-1,76	0,078
Lombard - Recovery	-1,03	0,302
Baseline - Recovery	-0,98	0,329

En la tabla 16 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo control y variable H1-H2 /a/ fuerte en el contraste de condiciones. No se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruces de condiciones en el grupo control.

TABLA 17*Resultados variable H1-H2 /a/ fuerte para grupo disfonía funcional*

Grupo disfonía funcional: H1-H2 /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-0,85	0,395
Lombard - Recovery	-0,03	0,302
Baseline - Recovery	-0,98	0,329

En la tabla 17 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo disfonía funcional y variable H1-H2 /a/ fuerte en el contraste de condiciones. No se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruce de condiciones en el grupo con disfonía funcional.

Tabla 18*Resultados variable H1-H2 /a/ fuerte para grupo nódulos vocales*

Grupo nódulos vocales: H1-H2 /a/ fuerte		
Condición	Valor Z	Sig. Asint. (2-colas)
Baseline - Lombard	-1,21	0,226
Lombard - Recovery	-1,07	0,283
Baseline - Recovery	-0,59	0,557

En la tabla 18 se muestran los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon para el grupo nódulos vocales y variable H1-H2 /a/ fuerte en el contraste de condiciones. No se describen diferencias significativas en sus medianas para el cruces de condiciones en el grupo con disfonía funcional.

4.3 Estadística descriptiva grupo control y experimentales para /a/ normal

Tabla 19

Estadística descriptiva para la vocal /a/ normal

Grupo	Condición	Promedio, mediana y desviación estándar		
		SPL	CPP	H1-H2
Control (N)	Baseline	$\bar{X}$: 81,04 μ : 85,62 s: 9,06	$\bar{X}$: 23,22 μ : 23,35 s: 2,60	$\bar{X}$: -0,68 μ : -4,05 s: 4,47
	Lombard	$\bar{X}$: 87,54 μ : 88,77 s: 8,85	$\bar{X}$: 24,84 μ : 25,00 s: 2,58	$\bar{X}$: -1,13 μ : -4,06 s: 4,10
	Recovery	$\bar{X}$: 83,28 μ : 87,19 s: 8,01	$\bar{X}$: 23,97 μ : 24,34 s: 2,80	$\bar{X}$: -1,61 μ : -4,18 s: 4,72
Disfonía funcional (D)	Baseline	$\bar{X}$: 76,87 μ : 77,32 s: 6,31	$\bar{X}$: 22,92 μ : 21,99 s: 3,60	$\bar{X}$: -0,54 μ : -3,94 s: 4,64
	Lombard	$\bar{X}$: 88,55 μ : 81,81 s: 7,45	$\bar{X}$: 23,50 μ : 23,76 s: 2,94	$\bar{X}$: -1,57 μ : -4,91 s: 3,91
	Recovery	$\bar{X}$: 83,28 μ : 87,19 s: 8,01	$\bar{X}$: 24,10 μ : 23,68 s: 3,61	$\bar{X}$: -1,46 μ : -4,10 s: 3,82
Nódulos vocales (P)	Baseline	$\bar{X}$: 79,80 μ : 80,54 s: 4,26	$\bar{X}$: 23,58 μ : 23,31 s: 3,29	$\bar{X}$: 4,04 μ : 6,11 s: 5,84

	Lombard	$\bar{X}$: 85,55 μ : 86,87 s: 5,79	$\bar{X}$: 23,83 μ : 23,82 s: 2,62	$\bar{X}$: -1,45 μ : -4,16 s: 5,01
	Recovery	$\bar{X}$: 80,92 μ : 83,00 s: 6,18	$\bar{X}$: 23,25 μ : 23,59 s: 2,62	$\bar{X}$: 1,53 μ : -1,40 s: 6,48

La tabla 19 muestra el promedio, mediana y desviación estándar por variable, grupo y condición para las mediciones de la /a/ normal.

4.4 Estadística descriptiva grupo control y experimentales para /a/ fuerte

Tabla 20

Estadística descriptiva para la vocal /a/ fuerte

Grupo	Condición	Promedio, mediana y desviación estándar		
		SPL	CPP	H1-H2
Control (N)	Baseline	$\bar{X}$: 87,23 μ : 88,58 s: 8,87	$\bar{X}$: 23,80 μ : 22,69 s: 3,29	$\bar{X}$: -1,36 μ : -4,27 s: 3,71
	Lombard	$\bar{X}$: 92,97 μ : 92,84 s: 7,40	$\bar{X}$: 24,66 μ : 24,52 s: 3,20	$\bar{X}$: -2,27 μ : -4,24 s: 3,47
	Recovery	$\bar{X}$: 89,34 μ : 90,79 s: 7,97	$\bar{X}$: 23,79 μ : 23,83 s: 4,05	$\bar{X}$: -2,57 μ : -4,17 s: 2,71
Disfonía funcional (D)	Baseline	$\bar{X}$: 83,65 μ : 83,28 s: 6,94	$\bar{X}$: 24,14 μ : 24,64 s: 3,36	$\bar{X}$: -1,29 μ : -4,26 s: 7,86

	Lombard	$\bar{X}$: 86,96 μ : 85,76 s: 7,09	$\bar{X}$: 24,16 μ : 24,83 s: 2,83	$\bar{X}$: -2,27 μ : -4,24 s: 3,47
	Recovery	$\bar{X}$: 84,54 μ : 84,00 s: 7,54	$\bar{X}$: 24,43 μ : 24,49 s: 3,49	$\bar{X}$: -2,57 μ : -4,17 s: 2,71
Nódulos vocales (P)	Baseline	$\bar{X}$: 87,57 μ : 88,40 s: 5,67	$\bar{X}$: 23,54 μ : 23,69 s: 2,07	$\bar{X}$: -2,78 μ : -4,30 s: 4,01
	Lombard	$\bar{X}$: 91,12 μ : 92,88 s: 5,73	$\bar{X}$: 23,91 μ : 24,00 s: 2,07	$\bar{X}$: -4,11 μ : -4,34 s: 0,87
	Recovery	$\bar{X}$: 87,57 μ : 88,40 s: 5,67	$\bar{X}$: 23,54 μ : 22,92 s: 3,24	$\bar{X}$: -3,13 μ : -4,31 s: 3,09

La tabla 20 muestra el promedio, mediana y desviación estándar por variable, grupo y condición para las mediciones de la /a/ fuerte.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

En esta investigación, se explora el comportamiento de participantes con disfonías por hiperfunción bajo alteración del *feedback* auditivo utilizando ruido enmascarante. En este apartado, se discute sobre los mecanismos compensatorios frente a la alteración auditiva que mostraron los participantes y los posibles procesos de integración auditiva-motora involucrados.

Los resultados, en general, muestran que los participantes del grupo con disfonía funcional exhiben valores altos de SPL, CPP y H1-H2 posterior al ruido y los del grupo con nódulos vocales durante la exposición al mismo. Esto podría significar que las personas con hiperfunción vocal tendrían mecanismos auditivo-motores diferentes a las personas sin alteraciones vocales. Estos datos coinciden con el estudio realizado por Stepp et al. (2017), en el cual se evidenciaron diferencias entre personas con voces típicas comparadas con personas con disfonías por hiperfunción vocal bajo paradigmas de estudio con *feedback* auditivo alterado. Los resultados de dicho estudio muestran que los participantes de ambos grupos realizan respuestas compensatorias a tareas de *feedback* auditivo alterado, particularmente, “*pitch shift*”. Sin embargo, la dirección y magnitud de las respuestas difieren entre los participantes del grupo control y experimental, sugiriendo que las personas con hiperfunción tendrían dificultades de integración auditivo-motoras.

A continuación, se presenta la descripción y comparación en detalle de los resultados obtenidos para las variables propuestas en esta investigación.

5.1 Resultados para mediciones vocal /a/ normal

5.1.1 Intensidad de la voz “*Sound Pressure Level* (SPL)”.

La presión sonora (SPL) tiene una directa relación con la intensidad de la voz (Hillman et al., 2020). Esta varía en base a cambios de la amplitud de los pliegues vocales y de la presión subglótica (Cobeta et al., 2013). El efecto Lombard genera discrepancia entre *feedforward* y *feedback* de la persona que está hablando bajo ruido enmascarante, lo cual, genera un incremento en la presión subglótica y vibratoria, según estudios previos (Garnier et al., 2014)

Los resultados obtenidos para las mediciones de /a/ normal, tanto para los participantes del grupo control como para los participantes con nódulos vocales, presentan diferencias significativas para el contraste de condiciones *Baseline-Lombard*. Esta diferencia confirma que los participantes entraron en “Efecto Lombard” producto de hablar escuchando un ruido enmascarante. Posteriormente, cuando el ruido enmascarante se detuvo, volvieron a condiciones basales, lo cual se refleja con una variación significativa entre el contraste *Lombard-Recovery*. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Patel y Shell (2008), quienes evidenciaron incrementos proporcionales entre la intensidad de la voz cuando se pasa de un ambiente silencioso a uno con ruido enmascarante. Además, Garnier et al. (2010) fortalecen la idea de que el efecto Lombard es una adaptación comunicativa y una regulación automática de la intensidad vocal. De este modo, el comportamiento general frente a la exposición a ruido en esta investigación, se relaciona con estudios previos respecto al SPL.

El grupo de participantes con disfonía funcional, en cambio, no muestra diferencias significativas en el contraste *Lombard-Recovery*, lo que implica que mantuvieron la intensidad de la voz alta, aun después de la exposición a ruido enmascarante. Esto podría deberse a que el mecanismo compensatorio se mantiene cuando la alteración del *feedback* auditivo ya no está presente. Los resultados son concordantes con Stepp et al. (2017) quienes señalan que algunas personas con disfonía por hiperfunción podrían tener un control auditivo-motor alterado, sugiriendo una función neurológica atípica.

5.1.2 Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS)

La prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) es una medida que se relaciona con la periodicidad de los armónicos de una señal (Delgado et al., 2019). Mahalingam et al. (2021) mencionan a esta variable como una forma de medir alteraciones de la calidad de la voz en disfonías por hiperfunción. Por lo tanto, si se evidencian diferencias significativas entre las mediciones de esta variable y las condiciones del estudio, podría deberse a la existencia de un cambio en la calidad vocal de los participantes.

Los resultados obtenidos para las mediciones de /a/ normal para CPPS muestran diferencias significativas en los participantes del grupo control para el contraste *Baseline-*

Lombard, mientras que, los participantes de grupos experimentales no las presentan en ningún contraste de condiciones. Esto quiere decir que los participantes del grupo control presentan un aumento en el brillo de su voz, modificando su calidad vocal durante la exposición a ruido enmascarante, a diferencia de los participantes de grupos experimentales que no varían su calidad vocal antes, durante y después de dicha exposición. Estos datos se relacionan con lo señalado por Schenck et al (2020), quienes sugieren que el incremento del valor del CPP corresponde a un mecanismo de control de la calidad de la voz en respuesta a una variación de la intensidad, incrementando la energía armónica.

5.1.3 Diferencia entre la amplitud del primer armónico con el segundo (H1-H2)

Esta variable proporciona información sobre el modo de la fonación, asociándose al tipo de cierre glótico y al ruido en la fuente sonora (Hillman et al., 2020). Debido a que se compone de dos valores que representan parámetros fisiológicos glóticos, la variación de este valor va a significar un cambio en el comportamiento de los pliegues vocales durante la fonación. De este modo, mientras más negativo sea este valor, mayor será el esfuerzo vocal (Mehta et al., 2019).

Los resultados obtenidos para las mediciones de /a/ normal muestran que los participantes del grupo control obtienen diferencias significativas para los contrastes *Baseline-Recovery*. Los participantes de grupo con disfonía funcional obtienen diferencias significativas para los contrastes *Baseline-Lombard* y *Baseline-Recovery*. En tanto, el grupo de participantes con nódulos vocales obtiene diferencias significativas en los contrastes *Baseline-Lombard* y *Lombard-Recovery*.

El cruce *Lombard-Recovery* podría explicar el aumento del valor de esta variable, puesto que, al cesar la perturbación auditiva, los individuos con nódulos vocales ya no tienen la necesidad de compensar, por lo cual este valor disminuye. Sin embargo, las personas del grupo control y disfonía funcional mantienen respuestas similares durante y después de estar expuestos a ruido.

En relación con los hallazgos evidenciados en el contraste *Baseline-Lombard*, los individuos de los grupos experimentales compensan la perturbación auditiva con una mayor

fuerza/velocidad de cierre de los pliegues vocales cuando están expuestos a ruido, traducándose en un H1-H2 menor. Sin embargo, se cree que las personas con nódulos vocales tendrían la necesidad de realizar compensaciones superiores a las ya mencionadas, debido a la presencia de hiatus, justificando así el descenso abrupto en su valor.

Respecto a los resultados para el contraste *Lombard-Recovery*, los participantes del grupo control y disfonía funcional mantienen esta compensación después de la exposición a ruido, mientras que las personas con nódulos vocales dejan de realizar dichas compensaciones, lo que disminuye el valor de H1-H2. Este cambio se podría explicar debido a que, al cesar la perturbación auditiva, los participantes del grupo con nódulos vocales ya no tienen la necesidad de compensar, justificando su aumento posterior al ruido.

Los resultados antes expuestos concuerdan con los hallazgos obtenidos por Mehta et al. (2019), quienes sugieren que las medidas de acelerometría de H1-H2 pueden ser interpretadas como un reflejo de los parámetros fisiológicos glóticos durante la fonación.

5.2 Resultados para mediciones /a/ fuerte

Este estudio de manera exploratoria considera los resultados y las mediciones de una /a/ fuerte, para contrastar con los obtenidos al medir la variable /a/ normal. Los participantes, al tener un mayor *feedback* auditivo de su voz al momento de emitir una /a/ fuerte, podrían tener un comportamiento diferente en lo observado en las mediciones de /a/ normal.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en los participantes de todos los grupos para el contraste de condiciones *Baseline-Lombard* y *Lombard-Recovery* en la variable SPL. No obstante, en las variables CPP y H1-H2 no hubo diferencias significativas para ningún grupo en ninguna condición.

Los resultados indican que las respuestas para la variable SPL también coinciden con los resultados para las mediciones de la /a/ normal. Sin embargo, se hipotetiza que cuando las personas emiten una /a/ fuerte sobre ruido enmascarante, no aumentan los valores de CPP ni H1-H2 como lo harían con una /a/ normal, ya que tienen mayor control auditivo-motor, debido a que logran establecer el *feedback* necesario para sopesar la perturbación. De este

modo, se podría explicar las diferencias entre las mediciones de /a/ normal y /a/ fuerte. Este comportamiento se ve reflejado en los tres grupos de participantes que conformaron el estudio.

CONCLUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo comparar mediciones acústicas y de acelerometría vinculadas a la caracterización del estrés de impacto en personas con voces normotípicas, disfonía funcional y personas con nódulos vocales antes, durante y después de hablar sobre ruido. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que las respuestas compensatorias frente a una alteración de feedback auditivo muestra ser diferente para personas con voces normotípicas, con disfonías funcionales y con nódulos vocales. En este estudio, los individuos con nódulos vocales muestran un mayor esfuerzo (H1-H2) durante el habla sobre ruido, comparado con personas vocalmente normotípicas, mientras que los que presentan disfonía funcional mantuvieron valores altos de su intensidad (SPL), así como valores bajos de H1-H2 cuando se retira el ruido enmascarante. Esto podría indicar diferencias a nivel de integración sensorio-motora que debieran ser consideradas por el clínico y especialista en voz en ambos grupos, comparados con personas sin alteraciones vocales.

El estudio no estuvo exento de limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue reducido; haber contado con un mayor número de participantes podría haber evidenciado de mejor manera las diferencias establecidas de manera estadística. En segundo lugar, el diseño experimental se limitó a sílabas sostenidas, dado el tipo de análisis que se realizó. Estudios previos indican que el efecto Lombard es un mecanismo para mantener la comunicación, probablemente, siendo mayor su efecto en habla espontánea, por lo cual se recomienda en futuros estudios considerar esto.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la relevancia clínica de que los evaluadores y terapeutas de la voz indaguen en el lugar de trabajo de la persona, presencia/ausencia de ruido ambiente, tipos de ruido, capacidad auditiva de la persona y posible alteración del procesamiento auditivo central. Además, esta investigación tiene una implicancia social, ya que aportan información que favorece la comprensión de la fisiopatología de las disfonías por hiperfunción vocal, dando lugar a diagnósticos y tratamientos más efectivos para las personas que usan su voz como instrumento de trabajo.

Por último, debido a que en esta investigación solo se utiliza *Speech Noise* como ruido enmascarante, se podrían considerar otros tipos de perturbación auditiva como ruidos naturales (tráfico, restaurante, etc.), así como también disfonías por hiperfunción que no se hayan contemplado en este estudio y tareas de habla sobre ruido para corroborar o descartar

diferencias significativas entre el tipo de ruido enmascarante como perturbación auditiva en el habla y el comportamiento de las disfonías por hiperfunción vocal.

REFERENCIAS

- Behroozmand, R. y Sangtian, S. (2018). Neural bases of sensorimotor adaptation in the vocal motor system. *Experimental Brain Research*, 236(7), 1881-1895. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5272-9>
- Bhattacharyya N. (2014). The prevalence of voice problems among adults in the United States. *The Laryngoscope*, 124(10), 2359–2362. <https://doi.org/10.1002/lary.24740>
- Cartés, J., Ortega, I. y Riquelme, F. (2018). *Cambios electroglotográficos en personas con voz normal y con disfonía expuestos a ruido de alta intensidad* [Tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello]. https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/10277/a127587_Cartes_J_Cambios_electroglotograficos_en_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casado, J., y Adrián, J. (2002). *La evaluación clínica de la voz. Fundamentos Médicos y Logopédicos*. (1ª ed.). Ediciones Aljibe. <https://es.scribd.com/doc/305891251/Juan-Carlos-Casado-La-evaluacion-clinica-de-la-voz-Fundamentos-medicos-y-logopedicos>
- Castillo, A., Casanova, C., Valenzuela, D., y Castañón, S. (2015). Prevalencia de disfonía en profesores de colegios de la comuna de Santiago y factores de riesgo asociados. *Ciencia & trabajo*, 17(52), 15-21. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492015000100004>
- Castro, 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 no publicada]. Universidad de Valparaíso.
- Castro, C., Prado, P., Espinoza, V., Testart, A., Marfull, D., Manríquez, R., Stepp, C. y Mehta, D. (2022). Lombard Effect in Individuals with Non-Phonotraumatic Vocal Hyperfunction: Impact on Acoustic, Aerodynamic, and Vocal Fold Vibratory Parameters. *Journal of speech, language, and hearing research*, 65(8), 2881-2895. https://doi.org/10.1044/2022_JSLHR-21-00508
- Cecconello. (2012). *Aplicación del análisis acústico en la clínica vocal*. Librería Akadia Editorial. <https://www.editorialakadia.com/productos/aplicacion-del-analisis-acustico-en-la-clinica-vocal-cecconello/>

- Cobeta, I., Núñez, F., y Fernández, S. (2013). *Patología de la voz* (1.a ed.). Marge Médica Books.
<https://seorl.net/PDF/ponencias%20oficiales/2013%20Patolog%C3%ADa%20de%20la%20voz.pdf>
- Delgado, N., Díaz, 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].
http://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvscl/6157/Delgado%20Matamala,%20N.,%20D%C3%ADaz%20Soto,%20D.,%20Leiva%20Jeldes,%20J.,%20Salazar%20Quintanilla,%20D.%20Y%20Vergara%20Gaete,%20P.%20J._noaccesible.pdf?sequence=1
- 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>
- Deliyski, D., Hillman, R., y Mehta, D. (2015). Laryngeal High-Speed Videoendoscopy: Rationale and Recommendation for Accurate and Consistent Terminology. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 58(5), 1488.
https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0253
- Farías, P. (2007). *Ejercicios que restauran la función vocal Observaciones clínicas* (1.a ed.). Librería Akadia Editorial.
https://www.academia.edu/44451534/Ejercicios_que_restauran_la_funcion_vocal_Patricia_Far%C3%ADas
- Fernández, P. T. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Atenas*, 2(34), 1-15.
<https://www.redalyc.org/journal/4780/478054643001/html/>
- Garnier, M., y Henrich, N. (2014). Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise? *Computer Speech & Language*. 28(2), 580–597. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2013.07.005>
- Garnier, M., Henrich, N., y Dubois, D. (2010). Influence of sound immersion and communicative interaction on the Lombard effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(3), 588-608. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009\)08-0138](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009)08-0138)

- Gracida, G. y Orduña, F. (2011). Evocanto: Programa de cómputo para analizar la voz cantada mediante técnicas de procesamiento digital de señales. *Computación y Sistemas*, 15(1), 39-50. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61520862005>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P.; Méndez, S. y Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Education. https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.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. https://pubs.asha.org/doi/pdf/10.1044/2020_AJSLP-20-00104
- Jackson-Menaldi, M. (2005). *La voz normal*. Editorial Médica Panamericana. <https://www.medicapanamericana.com/es/libro/la-voz-normal-patologica-incluye-version-digital>
- Jiménez, J., Díaz, J., Jiménez, C., y Fasanella, M. (2010). Uso y aplicaciones de los métodos de cálculo de la frecuencia fundamental y de la calidad objetiva de la señal de voz. *Revista INGENIERÍA UC*, 17(1), 55–60. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70721861007>
- Lindstrom, F., Wayne, K., Södersten, M., McAllister, A., y Ternström, S. (2011). Observations of the relationship between noise exposure and preschool teacher voice usage in day-care center environments. *Journal of Voice*, 25(2), 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.09.009>
- Lombard, E. (2006). The sign of the voice elevation (P. Manson, Trad.). <http://paul.sobriquet.net/wp-content/uploads/2007/02/lombard-1911-p-h-mason-2006.pdf>
- Lu, Y. y Cooke, M. (2008). Speech production modifications produced by competing talkers, babble and stationary noise, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(5), pp. 3261–3275. <https://doi.org/10.1121/1.2990705>
- Mahalingam, S., Boominathan, P., Arunachalam, R., Venkatesh, L. y Srinivas, S. (2021). Cepstral Measures to Analyze Vocal Fatigue in Individuals With Hyperfunctional Voice Disorder. *Journal of Voice*, 35(6), 815-821. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.02.007>

- Manterola, C. y Otzen, T. (2015). Experimental Studies 2nd Part: Quasi-experimental Studies. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000100060>
- Marrero, V. (2015). La percepción del habla en ruido: Un reto para la lingüística y para la evaluación audiológica. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Meekings, S., Evans, S., Lavan, N., Boebinger, D., Krieger-Redwood, K., Cooke, M., y Scott, S. (2016). Distinct neural systems recruited when speech production is modulated by different masking sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(1), 8. <https://doi.org/10.1121/1.4948587>
- Mehta, D., Espinoza, V., Van Stan, J., Zañartu, M. y Hillman, R. (2019) The difference between first and second harmonic amplitudes correlates between glotal airflow and neck-surface accelerometer signals during phonation. *Acoustical Society of America*, 145(5), EL386-EL392. <https://doi.org/10.1121/1.5100909>
- Milovanovic, J., Vukasinovic, M., Jotic, A., Vlajinac, H., Milovanovic, A., Pavlovic, B. y Maksimovic, J. (2018). Relationship between socio-demographic characteristics and vocal fold nodules, polyps and oedema. *Acta otorhinolaryngologica italica*, 38, 424-430. <https://doi.org/10.14639/0392-100X-1983>
- Nascimento da Silva, W., Wanderley, L., Ramalho, A., Da Costa, D., y Figueiredo de Almeida, A. (2017). Reduction of risk factors in patients with behavioral dysphonia after vocal group therapy. *Journal of Voice*, 31(1), 123.e15-123.e19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.007>
- Patel, R, y Schell, K. (2008). The Influence of Linguistic Content on the Lombard Effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(1), 209–220. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/016\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/016))
- Sato, H. y Bradley, J. (2008). Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2064–2077. <https://doi.org/10.1121/1.2839283>
- Schenck, A., Hilger, A., Levant, S., Kim, J., Lester-Smith, R., y Larson, C. (2020). The Effect of Pitch and Loudness Auditory Feedback Perturbations on Vocal Quality During Sustained Phonation. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.11.001>
- Stepp, C., Lester-Smith, R., Abur, D., Daliri, A., Pieter Noordzij, J., y Lupiani, A. (2017). Evidence for Auditory-Motor Impairment in Individuals With Hyperfunctional

- Voice Disorders. *Journal of speech, language, and hearing research*, 60(6), 1545–1550. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0282
- Stowe, L. y Golob, E. (2013). Evidence that the Lombard effect is frequency-specific in humans. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 640–647. <https://doi.org/10.1121/1.4807645>
- Titze, I. (2001). Acoustic Interpretation of Resonant Voice. *Journal of Voice*, 15(4), 519–528. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(01\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(01)00052-2)
- Tourville, J. y Guenther, F. (2011). The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production. *Language and cognitive processes*, 26(7), 952–981. <https://doi.org/10.1080/01690960903498424>
- Zacharias, S., Deliyski, D. y Gerlach, T. (2017). Utility of Laryngeal High-speed Videoendoscopy in Clinical Voice Assessment. *Journal of Voice*, 32(2), 216–220. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1121/1.4964509>
- Zhou, C., Wu, Y., Fan, Z., Zhang, X., Wu, D. y Tao, Z. (2022). Gammatone spectral latitude features extraction for pathological voice detection and classification. *Applied Acoustics*, 185, 108417. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108417>

ANEXOS

Anexo 1

FICHA DE EVALUACIÓN FONOAUDIOLÓGICA 2011 LABORATORIO DE VOZ UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

I. DATOS PERSONALES

- a) Nombre: _____
- b) Teléfono: _____ Mail _____
- c) Fecha de nacimiento: _____ Edad: _____
- d) Ocupación: _____
- e) Actividades secundarias en las que use la voz: _____
- f) Motivo de consulta: _____
- g) Evaluador: _____ Fecha evaluación: _____
- h)

Voz hablada

Voz cantada

- i) *Voz Cantada
Profesor de canto _____ Teléfono/mail _____
Clasificación vocal _____ Estilo musical _____
Tiempo de estudio _____ Hrs ensayo diarias _____
Repertorio _____
Ambiente de presentación: _____
Acomodación de repertorio?: _____

I. ANTECEDENTES EMOCIONALES

II.

- a) Personas con las que vive: _____
- b) Relación familiar: _____
- c) Ambiente de trabajo: _____
- d) Factores _____
- e) stresores: _____
- f) Evento emocional que coincida con inicio de disfonía: _____

III. HISTORIA DE LA ENFERMEDAD

- 1) Inicio:

Lento

Brusco

- 2) Cambios durante el día:

Mejor en la mañana

Mejor en la tarde

Estable

- 3) Terapia vocal previa:

Si

No

 ¿Cuándo?: _____

IV. ANTECEDENTES MÓRBIDOS

- a) Alergias: _____
- b) Diabetes: _____

- c) Cáncer: _____
- d) Problemas pulmonares: _____
- e) Problemas hormonales: _____
- f) Problemas cardíacos: _____
- g) RGE-RFL: _____
- h) Hipertensión Arterial: _____
- i) Hipoacusia: _____
- j) Infecciones ORL: _____
- k) Otros: _____
- l) Cirugías: _____
- m) Medicamentos: _____
- n) Antecedentes familiares de disfonía: _____
- o) ¿Embarazada? _____ Meses de gestación: _____
- p) Ciclos menstruales: _____

V. **HIGIENE VOCAL** (- nunca, + poco, ++ moderado, +++ mucho)

- a) Consumo de tabaco y/o exposición a ambiente tabáquico:
¿Cuántos cigarros al día?:
- b) Exposición a ambientes contaminados de elementos alérgenos:
- c) Cambios de temperatura:
- d) Exposición a AA/Calefacción:
- e) Consumo de OH:

F	D
---	---
- f) Consumo de dulces/chicles de menta al día:
- g) Consumo de té/café al día:
- h) Consumo de drogas:
- i) Consumo de agua al día:
- j) Cuidado de la alimentación:
- k) Hrs de sueño diarias:

R	B
---	---
- l) Hrs de habla al día:
- m) Grito:
- n) Risa abusiva:
- o) Imita voces:
- p) Otros:

VI. **SÍNTOMAS VOCALES** (- nunca, + poco, ++ moderado, +++ mucho)

- a) Fonalgia :
- b) Fonastenia :
- c) Ardor :
- d) Picazón :
- e) Carraspera :
- f) Tos :
- g) Cuerpo extraño :
- h) Esfuerzo :
- i) Garganta apretada :
- j) Disminución de aire :
- k) Ronquido :
- l) Sialorrea /xerostomía :
- m) Dolor en zonas vecinas :

VII. EVALUACIÓN DEL HABLA

1) Apertura bucal:	Adecuada	Disminuida	Exagerad
2) Velocidad:	Adecuada	Bradilalia	Taquilalia
3) Prosodia:	Adecuada	Monótona	Exagerad
4) Fluidez:	Adecuada	Alterada	
5) Inteligibilidad:	Adecuada	Alterada	
6) Dislalias:	Ausente	Presente	Fonema: _____

VIII. EVALUACIÓN BIOMECÁNICA

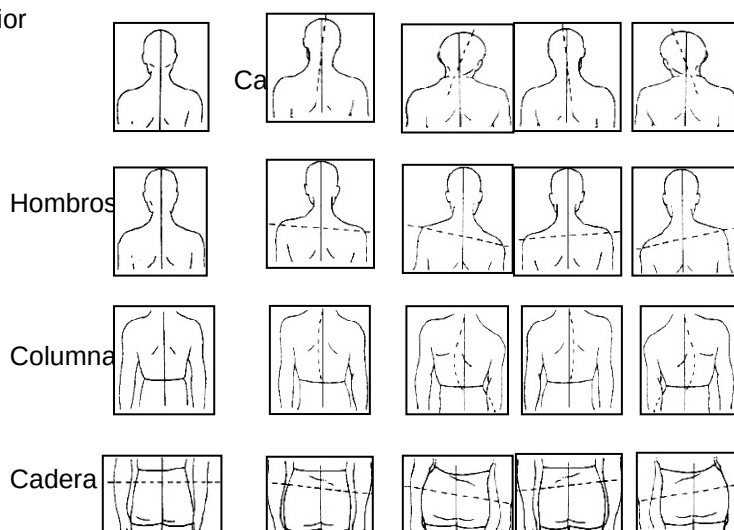
Estática:

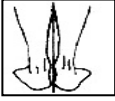
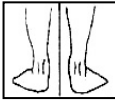
i. Vista anterior

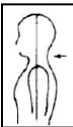
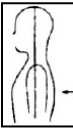
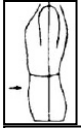
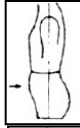
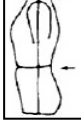
Adecuada	Desv. derecha	Desv. izquierda
----------	---------------	-----------------

Leve	Severa	Leve	Severa
------	--------	------	--------

Posterior



	Adecuado	Amplia	Muy Amplia
Base Sustentación			

ii. Vista lateral	Adecuada	Desv. anterior	Desv. posterior
	Adecuado	Leve	Severo
Cuello			
Dorso Superior			
	Adecuado	Leve	Severo
Tronco			
Abdomen			
Dorso Inferior			

Dinámica:			
iii. Flexión Lateral:	Adecuada	Limitado	Nulo
iv. Flexión/extensión:	Adecuada	Limitado	Nulo
v. Lateralización:	Adecuada	Limitado	Nulo
vi. Rotación:	Adecuada	Limitado	Nulo

vii. OBSERVACIONES:

IX. EVALUACIÓN DE SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO

Hipotónicos

1. Labios: _____

Hipertónicos	Isotónica
--------------	-----------

2. Lengua: _____

Hipotónica	Hipertónica	Isotónicos
------------	-------------	------------

¿Piercing? ____

3. Frenillo sublingual:

Corto	Normal	Funcional	No funcional	Inserción anterior
-------	--------	-----------	--------------	--------------------

4. Mandíbula:

Adecuada	Prognática	Retrognática
----------	------------	--------------

5. Mordida:

Adecuada	Cruzada	Abierta	Invertida	Bis a	Adecuada
----------	---------	---------	-----------	-------	----------

6. Dientes:

Implant. Adecuada	Apiñamiento	Diastema	Faltan piezas	Higiene bucal
-------------------	-------------	----------	---------------	---------------

7. Velo del Paladar:

Uniforme	Descendido	Úvula Bífida	Cicatriz	Funcional	No Funcional
----------	------------	--------------	----------	-----------	--------------

8. Paladar Duro:

Adecuado	Alto	Ojival
----------	------	--------

9. ATM:

Funcional	No Funcional
-----------	--------------

10.

¿Desvía al abrir?	Si	No
¿Salto articular?	Si	No

11. Deglución:

Normal	Atípica
--------	---------

a. ¿Participan mejillas?

Si	No
----	----

b. ¿Participan labios?

Si	No
----	----

c. ¿Participa mentalis?

Si	No
----	----

d. ¿Interposición lingual?

Si	No
----	----

X. PALPACIÓN

Altura laríngea:

Adecuada	Elevada	Descendida
----------	---------	------------

Zona perilaríngea:

Eutónica	Hipotónica	Hipertónica
----------	------------	-------------

Musculatura suprahióidea:

i. /a/ grave:

Contracta	No
-----------	----

ii. /u/ aguda:

Contracta	No
-----------	----

iii. Contar del 1-5:

Contracción constante	Contracción intermitente
-----------------------	--------------------------

XI. EVALUACIÓN RESPIRACIÓN

a. Tipo

Costal superior	Costo diafragmática	Abdominal	Mixto
-----------------	---------------------	-----------	-------

b. Modo

Nasal	Oral	Mixto
-------	------	-------

c. CFR

Adecuada	Alterada
----------	----------

d. Apoyo

Presente	Ausente	No mantiene
----------	---------	-------------

e. Duración: /s/ _____
/z/ _____ Índice s/z (1,4-1,5):

XII. EVALUACIÓN DE LA EMISIÓN:

a. Voz hablada (horas): _____ Voz cantada (horas): _____

b. Ataque vocal:

Isotónico	Hipertónico	Hipotónico
-----------	-------------	------------

c. Quiebres tonales:

Si	No
----	----

 Observaciones: _____

d. Temblor en voz:

Si	No
----	----

 Observaciones: _____

e. TMF: /a/: _____ /i/: _____

f. Timbre:

i. Color:

Claro	Oscuro	Intermedio
-------	--------	------------

ii. Brillo:

Brillante	Opaco	Estridente
-----------	-------	------------

iii. Resonancia:

Oral	Faríngea	Laringo-faríngea	Cul se
Hipo	Hiper		

g. Tono:

Agravado	Grave	Medio	Agudo	Agudizado
----------	-------	-------	-------	-----------

h. Intensidad:

Débil	Adecuada	Aumentada	Inestable
-------	----------	-----------	-----------

i. Extensión tonal: _____ Hz hasta _____ Hz

TMH: _____ Hz

j. Calidad vocal:

Melódica	Soplada	Áspera	Tensa	Fry
----------	---------	--------	-------	-----

k. **R** (ronquera)____ **A**(aspereza)____ **S** (soplosidad)____ **A**(astenia)____ **T**(tensión)____ **I**(inestabilidad)____

X III. CALIDAD VOCAL

1. Dominio Socio emocional: _____
2. Dominio Físico: _____
3. Total: _____

Conclusiones:

XIV. VALORACIÓN PROPIA

¿Qué nota le pone a su voz?: _____

¿Por qué? : _____

XV. QVV

- Dominio socio-emocional: _____%
- Dominio Funcionamiento Físico: _____%
- Total: _____%

XVI. ANÁLISIS FONÉTICO ACÚSTICO

a. PRAAT

- a. F0
- b. F1
- c. F2
- d. F3
- e. F4
- f. F5

g. Intensidad media:

h. Intensidad mínima / máxima:

i. Observaciones:

j. PRUEBAS TERAPÉUTICAS

k. Observaciones:

b. MDVP

- a. F0:
- b. Extensión tonal:
- c. Intensidad media / mínima / máxima:
- d. VTI:
- e. RAP:
- f. NHR:
- g. SHIMMER:
- h. Observaciones:

XVII. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

- a. Diagnóstico Fonoaudiológico:
- b. Diagnóstico ORL (/ /):
- c. Derivaciones:
- d. Indicaciones:
- e. Observaciones: