

**CARACTERÍSTICAS ESPECTROGRÁFICAS DE LOS FONEMAS VOCÁLICOS EN
VOCES PREGRABADAS DE UN GRUPO DE ADULTOS DE LA CIUDAD DE
SANTIAGO DE CALI**

ESTUDIANTE

MILADY YAZMIN PANTOJA MEDINA

TUTORA

ESPERANZA SASTOQUE H.

FONOAUDIÓLOGA

ESPECIALISTA EN

FONIATRÍA

MAGISTER EN CIENCIAS BIOMÉDICAS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

CÁTEDRA EN DISCAPACIDAD Y

REHABILITACIÓN

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE REHABILITACIÓN HUMANA

PROGRAMA ACADÉMICO DE

FONOAUDIOLOGÍA

ENERO DE 2021

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por guiar mi caminar en este proceso y enseñarme
que con perseverancia y esfuerzo se cumplen las metas.*

*A mi familia por su apoyo constante, preocupación y por
estar siempre ahí.*

*Agradezco en especial a mis padres por su apoyo
incondicional en todas las etapas de mi vida.*

*Agradezco a mis amigos por el cariño y el apoyo moral que
recibí de cada uno en este largo proceso.*

*A la docente que hizo parte de esta investigación y quien
me ayudó a culminar esta etapa como estudiante.*

*A la Universidad del Valle por ser mi segunda casa y la
cual me albergó en mi proceso formativo, brindándome
todas las herramientas para poder culminar de manera
satisfactoria.*

Contenido

Introducción.....	11
Formulación del problema.....	12
Justificación.....	14
Objetivos 17	
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Marco teórico.....	18
Concepto integral de la voz	18
Componente Morfofisiológico.....	19
Componente Lingüístico	20
Componente Acústico	23
Análisis acústico de la voz.....	23
Programa de análisis acústico Anagraf	24

La espectrografía	26
Índice de perturbación vocal (IPI).....	29
Índice de precisión vocal (IPV)	29
Índice de aprovechamiento de energía (IAE)	31
Metodología.....	31
Diseño.....	31
Población y muestra	32
Criterios de inclusión.....	32
Criterios de exclusión.....	33
Variables del estudio	33
Variables sociodemográficas:	33
Variables físico-acústicas:	34
Aspectos éticos.....	36
Materiales e instrumentos.....	37
Procedimientos.....	38
Fase 1: Preparación para el estudio.....	38
Fase 2: Diseño y ajuste de instrumentos.....	39
Fase 3: Selección de las muestras	39
Fase 4: Análisis de datos	39
Fase 5: Discusión de resultados	39
Resultados.....	39
Análisis de los Formantes por Vocal y Sexo	40

Análisis del Índice de Perturbación Vocal Integrado (IPI) por sexo	45
Análisis del Índice de Precisión Vocal y Aprovechamiento de Energía por sexo	46
Discusión	55
Características espectrográficas de los fonemas vocálicos.....	58
Conclusiones.....	65
Recomendaciones	66
Referencias bibliográficas	66
Anexos	72

Índice de gráficos

Gráfico 1. Articulación de los distintos fonemas vocálicos del español	22
Gráfico 2. Triángulo articulatorio de los fonemas vocálicos del español.....	23
Gráfico 3. Espectrograma de banda ancha de una voz dentro de los valores de referencia.....	25
Gráfico 4. Valores promedio de frecuencia de los formantes F1 Y F2 de las vocales /a/, /e/, /i/, /o/ y /u/ del castellano para niños, mujeres y hombres.	28
Gráfico 5. Valores promedio de hombres y mujeres de f1 y f2 para las vocales /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ en estudios de España, Chile y Argentina.	29
Gráfico 6. Variación de la media de los formantes en todos los fonemas vocálicos en población masculina	42
Gráfico 7. Variación de la media de los formantes en todos los fonemas vocálicos en población femenina	44
Gráfico 8. Diagrama de cajas y alambres del Índice de Perturbación Vocal Integrado por sexo.	46
Gráfico 9. Diagrama de la variación de la media del índice de precisión vocal por sexo, para todos los fonemas vocálicos	48
Gráfico 10. Diagrama de la variación de la media del índice de aprovechamiento de energía por sexo, para todos los fonemas vocálicos	50
Gráfico 11. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /a/.....	51
Gráfico 12. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /e/.....	52
Gráfico 13. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /i/.	53
Gráfico 14. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /o/.	54
Gráfico 15. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /u/.	55

Índice de tablas

Tabla 1. Posiciones que adopta la lengua horizontal y verticalmente por cada vocal del español	30
Tabla 2. Descripción de las variables sociodemográficas del estudio.....	33
Tabla 3. Descripción de las variables físico-acústicas del estudio.....	34
Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los formantes para los fonemas vocálicos en población masculina.	40
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los formantes para los fonemas vocálicos en población femenina.....	42
Tabla 6. Estadísticos descriptivos del Índice de Perturbación Vocal Integrado por sexo.	45
Tabla 7. Estadísticos descriptivos del Índice de Precisión Vocal por sexo, para todos los fonemas vocálicos.....	47
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del Aprovechamiento de Energía por sexo, para todos los fonemas vocálicos.....	48
Tabla 9. Resumen estadístico descriptivo de los formantes de todos los fonemas vocálicos en los estudios encontrados.....	62

RESUMEN

Introducción: El estudio de los valores espectrográficos de los fonemas vocálicos se convierte en un aporte valioso para el fonoaudiólogo, ya que permite contrastar las características de la voz en la valoración pre y post terapia vocal, apoya el direccionamiento del tratamiento terapéutico, en la educación de una segunda lengua, en la identificación de género de la voz, en la calibración de los implantes cocleares y como apoyo auditivo visual en el seguimiento durante el proceso de intervención, además, aporta a la formación en lingüística, pues hace evidente la diversidad de dialectos. Sin embargo, no se cuenta con datos de los valores espectrográficos de los fonemas vocálicos de hablantes del español colombiano y menos aún del español de la población caleña.

Objetivo: Caracterizar los fonemas vocálicos en voces pregrabadas de un grupo de adultos de la ciudad de Santiago de Cali, mediante el uso del software Anagraf. **Método:** Este estudio es de tipo cuantitativo, diseño de estudio transversal y retrospectivo. El análisis de las características espectrográficas de las muestras de voz pregrabadas fue realizado con el software Anagraf. La información fue registrada en un Excel y los datos se procesaron estadísticamente utilizando el programa SPSS versión 26, mediante el cálculo de la mínima, máxima, media, desviación estándar y varianza, los cuales, están representados en tablas para dichos parámetros tanto en el género femenino como masculino. **Resultados:** Los resultados mostraron diferencias poco significativas entre hombres y mujeres respecto a los formantes de las vocales /a-i-o-u/. En los formantes 2 y 4 de la vocal /e/ se observó una diferencia significativa entre hombres y mujeres. **Conclusiones:** El estudio permitió establecer los valores de referencia de los formantes vocálicos del español caleño, analizando objetivamente las muestras de voz y obteniendo datos estadísticos fiables de los valores cuantitativos de la voz.

Palabras clave: Espectrografía, Análisis acústico, Software Anagraf, Fonemas vocálicos.

ABSTRACT

Introduction: The study of the spectrographic values of vowel phonemes becomes a valuable contribution for the phonoaudiologist, since it allows contrasting the characteristics of the voice in the pre and post vocal therapy assessment, supports the direction of the therapeutic treatment, in the education of a second language, in the identification of voice gender, in the calibration of cochlear implants and as a visual auditory support in the follow-up during the intervention process, in addition, it contributes to the training in linguistics, since it makes evident the diversity of dialects. However, there are no data on the spectrographic values of the vowel phonemes of speakers of Colombian Spanish and even less of the Spanish of the population of Cali. **Objective:** To characterize the vowel phonemes in prerecorded voices of a group of adults in the city of Santiago de Cali, using Anagraf software. **Method:** This study is a quantitative, cross-sectional, retrospective study design. The analysis of the spectrographic characteristics of the prerecorded voice samples was performed with Anagraf software. The information was recorded in Excel and the data were statistically processed using SPSS version 26, by calculating the minimum, maximum, mean, standard deviation and variance, which are represented in tables for these parameters in both the male and female genders. **Results:** The results showed insignificant differences between males and females with respect to the formants of the vowels /a-i-o-u/. In formants 2 and 4 of the vowel /e/ a significant difference was observed between males and females. **Conclusions:** The study made it possible to establish the reference values of the vowel formants of Cali Spanish, objectively analyzing the voice samples and obtaining reliable statistical data of the quantitative values of the voice.

Keywords: Spectrography, Acoustic analysis, Anagraf software, Vowel phonemes

Introducción

La presente investigación surgió como proyecto articulado al trabajo de grado “Características espectrográficas de voces pregrabadas de un grupo de adultos jóvenes caleños con voz normal, a través del software Anagraf” en el cual, se planteó como objetivo describir las características espectrográficas de las voces de un grupo de adultos jóvenes caleños con voz normal. Este trabajo se sustentó en la necesidad de realizar investigaciones con relación al grado de precisión vocal y las características formánticas de las vocales del español colombiano y sugirieron ampliar la investigación con los demás fonemas vocálicos para la toma de decisiones clínicas, en las cuales se requería un referente de características espectrográficas, pues esta investigación les permitió contar solo con datos de la vocal /a/ (Ramírez, Lasso & Murillo, 2018).

Adicionalmente, la investigación sobre la espectrografía no es muy amplia, a pesar de que, es considerada uno de los métodos de medición acústica objetiva, que permite correlacionar la parte acústica con el comportamiento fisiológico, hay poca evidencia de investigación para apoyar su uso en la intervención, tanto a nivel de Latinoamérica como a nivel nacional (Ramírez et al., 2018). De las investigaciones existentes, algunas se han centrado en el estudio de la frecuencia fundamental (Fo) y demás características de la fonación; otras en los formantes y la mayoría de estas presentan datos solo para F1 y F2, descuidando los demás formantes que pueden ser sensibles a las diferencias de sexo y las alteraciones en la geometría del tracto vocal (Eichhorn, Kent, Austin, & Vorperian, 2017). Pese a que es un tema de interés en la investigación no se ha logrado extender el uso de este aspecto de forma rutinaria en la clínica.

Por lo tanto, este estudio de exploración espectrográfica en los formantes de todas las

vocales, permitió hacer comparaciones en las emisiones, manteniendo las diferencias fonémicas de las vocales, así como las variaciones inter-hablante, resultado de las diferencias anatómicas y fisiológicas, buscando preservar las variaciones sociales como los sonidos del género (Navia, Rodríguez & Espinosa, 2017) y considerando los aspectos sociolingüísticos, que según Suemitsu y cols (2015) la información que brinda el espectrograma apoya el aprendizaje de un segundo idioma mediante la realimentación visual articulatoria, pues los movimientos articulatorios supraglotales modifican los sonidos típicos para una lengua y son de carácter consciente y controlable, de ahí la posibilidad de brindar atención a su producción (Szalek, 2015). Además, da cuenta de las acomodaciones del tracto vocal en una voz alterada, lo que apoya la toma de decisiones dentro del tratamiento fonoaudiológico (Ramírez et al., 2018).

Formulación del problema

Uno de los problemas principales en el diagnóstico perceptivo de la voz, es que el sistema auditivo humano está preparado fundamentalmente para percibirla como un todo integrado, lo cual es altamente beneficioso desde el punto de vista de la comunicación lingüística, pero limita la capacidad de individualizar ciertas características que ofrece un análisis más específico de la voz (González, Cervera & Miralles, 2002).

En la tecnología aplicada al análisis de la voz se encuentra el análisis acústico, una herramienta objetiva y no invasiva de exploración vocal que emplea el registro y análisis de la señal acústica obtenida a partir de una tarea vocal. Permite al profesional del área de la voz, obtener una mayor cantidad de información para interpretar y cotejar los datos, y

se utiliza como mecanismo de realimentación visual y auditivo, para determinar la efectividad de las técnicas de rehabilitación aplicadas y para la obtención de datos objetivos con fines investigativos (Droguett, 2017).

En ese sentido Droguett, (2017) plantea que uno de los métodos de graficación del estudio acústico de la voz humana es la espectrografía o también llamada sonograma, con la cual, es posible observar en un mismo gráfico los armónicos, los formantes y el ruido de la señal, permitiendo una cuantificación de la calidad de voz.

Existen pocas investigaciones a nivel internacional y nacional que giran en torno al análisis acústico y la espectrografía. De acuerdo con Ramírez y cols, tener pocas investigaciones sobre el tema, limita la información de todos los fonemas vocálicos, así como el cotejo de datos. Esta situación no permite la expansión y actualización del conocimiento de los profesionales en esta área.

El estudio de los valores espectrales o espectrográficos de los fonemas vocálicos es importante para que a futuro se puedan contrastar con voces patológicas, permitiendo analizar mediante el uso del software Anagraf los componentes afectados, y ayudar a direccionar el tratamiento terapéutico o clínico que se requiera, mejorando la calidad de atención y educación del paciente (Ramírez et al., 2018).

Adicionalmente, según Rátiva & Escobar (2011) contar con una línea de base de datos de los valores espectrográficos de los fonemas vocálicos, apoya los procesos de identificación de hablantes y estudios sociolingüísticos del español colombiano, pues los parámetros articulatorios también ayudan a establecer la clasificación de los fonemas del español de uso en Colombia.

Por lo anterior, en esta investigación se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las características espectrográficas de los fonemas vocálicos de voces pregrabadas en un grupo de adultos caleños?

Justificación

De acuerdo con Rátiva & Escobar (2011), en el estudio del componente fonológico del español colombiano se evidencia que el fonema con mayor frecuencia es /a/, así mismo, los fonemas vocálicos en orden decreciente son /a-e-o-i-u/, y estos ocupan los cinco primeros lugares en frecuencia en conjunto con el fonema /n/. Esto sugiere, que la información fonológica básica generada por bases de datos y estadísticas de frecuencia, como las presentadas, podrían servir de soporte para el proceso de la clasificación de la fase de reconocimiento de patrones y el establecimiento de modelos de unidades lingüísticas.

Ahora bien, teniendo en cuenta que los fonemas vocálicos son los más usados en el español colombiano, se hace necesario contar con valores espectrales o espectrográficos como punto de referencia. Pues la exploración espectrográfica de los datos de los formantes vocálicos permite hacer comparaciones entre las emisiones de estas, para poder detectar el espacio presente en las vocales, sus cambios y variaciones; cuando este proceso es utilizado en la clínica su objetivo es reducir los efectos que se puedan presentar en la anatomía del tracto vocal que de alguna manera puedan llegar a ser un factor predisponente

de alguna patología (Navia et al., 2017).

Específicamente en el estudio de los parámetros vocales en personas implantadas, la literatura indica que son pocas las investigaciones realizadas. Sin embargo, en una de ellas se menciona que la evaluación objetiva de la voz debe contemplarse como parte fundamental de cualquier programa de implantación, pues así el implante coclear restablezca las funciones auditivas y propicie el desarrollo del lenguaje, la voz es un elemento fundamental en las funciones expresivas y se debe prestar atención y cuidar su total restablecimiento como parte importante de la labor rehabilitadora (Berruecos & Hernández, 2014).

En cuanto a las personas con discapacidad auditiva Prado (2007) afirma que, es común que realicen mayor esfuerzo vocal para hacerse entender durante la comunicación oral, y que estos esfuerzos se centran en la articulación. Por lo que presentarán inestabilidad en los valores del primer formante, lo que sugiere la dificultad de mantener el tracto vocal en la misma postura articulatoria, debido a la postura de los labios, la lengua y la mandíbula. El espectrograma entonces ofrece una realimentación visual, la cual permite optimizar la producción acústica de los fonemas vocálicos, sobre todo en los infantes que son detectados precozmente y que tienen acceso a la terapia auditiva temprana para que de esta manera se pueda facilitar el desarrollo de las habilidades propioceptivas (Ramírez et al., 2018).

Respecto a la lingüística forense el análisis espectrográfico también cobra relevancia, dado que posibilita el reconocimiento e identificación de la voz permitiendo determinar los patrones de voz característicos de una persona, tales como su relación entre formantes, duración de los fonemas, puntos de articulación, entre otros (Ramírez et al., 2018).

Adicionalmente, según Suemitsu y cols (2015), ofrece un aporte valioso al estudio de la diversidad de hablantes del español colombiano, puesto que al contar con información visual de la producción de los fonemas vocálicos, se puede mejorar las posiciones articulatorias asociadas con la pronunciación correcta del idioma por medio de un entrenamiento, disminuyendo la dificultad que pueden presentar los hablantes de un segundo idioma como la interferencia de L1 en el aprendizaje de la pronunciación de L2.

Además de tener relación con otras lenguas, Colombia es un país bastante diverso en materia lingüística y se pueden encontrar varias zonas dialectales definidas, que permiten hablar del nariñense, bogotano, boyacense, llanero, costeño - de la costa atlántica- valluno, paisa, opita, tolimense, santandereano entre otros (Pardo, s.f.), por ello, es necesario aportar a la formación en lingüística, haciendo evidente la diversidad de dialectos para tener en cuenta al momento de realizar un análisis acústico.

Ahora bien, tradicionalmente el tratamiento para las personas transgénero se ha enfocado en cambiar la frecuencia fundamental (F_0), no obstante, la identificación de género de la voz se basa en muchos otros comportamientos verbales y no verbales, debido a la naturaleza compleja y multifacética de la voz y la comunicación tener una F_0 más alta o más baja no siempre produce una voz congruente con el género deseado, por ello, se debe abordar otros aspectos de la comunicación como flujo de aire, resonancia o rangos de formantes, entonación e intensidad, así como comunicación no verbal y normas culturales (pragmática) (Gray, & Courey 2019). Se ha demostrado que los valores de los formantes pueden alterarse cambiando las dimensiones del tracto vocal durante el habla, por eso, es necesario estudiar las características de frecuencia de los formantes de las vocales, pues son señales acústicas importantes en la identificación de género que pueden permitir aumentar la percepción de la feminidad de la voz en transexuales de hombre a mujer o

viceversa (Carew, Dacakis, & Oates, 2007).

De acuerdo con Bravo (2013), dentro de los sistemas de análisis acústico de la voz, se encuentra Anagraf, un software que permite analizar la voz y visualizar el espectrograma, por lo que es preciso para ayudar la práctica terapéutica permitiendo aplicar de manera efectiva contrastes pre y post terapia. Este software cuenta con un método para la valoración del riesgo vocal diseñado y validado por Gurlekian & Molina (2012), y es considerado un ítem que aborda tres índices: el Índice de Perturbación Integrado (IPI) que incluye cuatro parámetros (jitter, shimmer, relación armónico ruido y amplitud del cepstrum) sobre una diagonal que va desde los valores normales en un extremo a valores patológicos en el otro; el Índice de precisión vocal (IPV) que está relacionado con la estabilidad articulatoria y se presenta como un gráfico de las áreas de los formantes normalizados respecto de la frecuencia fundamental de la emisión y el Índice de aprovechamiento de energía que evalúa tanto la coincidencia entre los armónicos con los formantes como las pérdidas de energía que se producen en el tracto vocal. Lo anterior, apoya a los diagnósticos y la realización de proyecciones terapéuticas con base en las características encontradas.

Así pues, el estudio de la espectrografía permite el análisis de los aspectos segmentales del habla, para el caso, específicamente de los valores formánticos de los fonemas vocálicos, que, a su vez, dan cuenta de las variaciones del habla de una población específica. Sin embargo, se evidencia escasez de investigaciones relacionadas con la espectrografía en voces normales, lo que hizo ampliar el conocimiento en la clínica de profesionales en esta área, a través de la realización de este estudio.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar los fonemas vocálicos en voces pregrabadas de un grupo de adultos de la ciudad de Santiago de Cali, mediante el uso del software Anagraf.

Objetivos específicos

- Identificar el índice de perturbación vocal integrado, el índice de precisión vocal y el porcentaje de aprovechamiento de energía en las muestras de voz pregrabadas.
- Determinar los valores de los formantes para todas las vocales del español caleño en las muestras analizadas.
- Comparar los valores de los formantes vocálicos recolectados con datos referidos en la literatura.

Marco teórico

Concepto integral de la voz

Giovanni, Lagier & Henrich (2014), afirman: “La voz es un fenómeno acústico y aerodinámico muy adaptable para responder a las necesidades de la comunicación oral” (p.1). En ese sentido, la voz engloba un conjunto de sonidos originados en la laringe y transformados por voluntad en la faringe, la boca y la nariz en sonidos articulados. Para Le Huche & Allali (2004), la voz es un instrumento fundamental de la expresión y la comunicación, y se presenta bajo aspectos

variados, además, depende de órganos anatómicos los cuales pueden sufrir alteraciones estructurales o funcionales comprometiendo su capacidad. Dichas alteraciones deben ser diagnosticadas y tratadas adecuadamente por todos aquellos profesionales que se dedican a la práctica y la educación de este instrumento.

Así pues, la voz comprende un componente morfofisiológico que contiene información del estado de las estructuras anatómicas y la función que cumplen en relación con el tono, la intensidad, la prosodia y la calidad de voz, así como un componente lingüístico en el cual se evidencia el estado social del hablante, los rasgos personales y el estado emocional, pues una vocal puede sonar diferente cuando la emitan diferentes personas (Zhang, 2016). De igual forma, Droguett (2017) menciona que el componente acústico permite explorar de manera objetiva y no invasiva la voz haciendo uso de programas específicos que grafiquen la información acústica con sus respectivos resultados.

Componente Morfofisiológico

La voz es producida por tres sistemas: respiratorio, vibrador y resonador. (Retuert, Olavarria, Frías & Ovalle, 2017, p.468). Durante la fonación, los pliegues vocales actúan como un transductor que convierte la energía aerodinámica generada por el aparato respiratorio en energía acústica radiada a los labios, que percibimos como voz (Cobeta, Núñez & Fernández, 2013).

Dicho de otra manera, la fonación describe los procesos fisiológicos y físicos correspondientes a la aparición de una vibración sonora en los pliegues vocales. La energía aerodinámica procede de la presión del aire traqueal («ventilador pulmonar»). La

vibración sonora que es la transformación de la energía aerodinámica y de la energía mecánica en energía acústica, se produce cuando los pliegues vocales se aproximan en la línea media («vibrador»). El sonido producido en los pliegues se modifica enseguida, filtrado por las cavidades aéreas situadas encima de los pliegues vocales hasta los labios («resonadores bucofaríngeos») (Giovanni et al. 2014).

Componente Lingüístico

La lingüística estudia los sonidos del habla desde dos de sus subdisciplinas: la fonética y la fonología. La primera se interesa por la naturaleza física, psicomotriz, aerodinámica, acústica y perceptual; y la segunda, estudia el aspecto simbólico de las relaciones, funciones y organización de los sonidos en los sistemas de las lenguas. Dicho de otra manera, la fonética estudia lo humano general y la fonología lo lingüístico particular de cada lengua (Jiménez, 2013).

Es necesario aprovechar los aportes significativos que brinda la acústica y la tecnología a las ciencias del lenguaje, en cuanto al conocimiento de los sonidos del habla y las técnicas de síntesis para la descripción de los fenómenos lingüísticos que ocurren en las lenguas del mundo. Pues, de esta manera es como la exploración de los fonemas vocálicos se fundamenta en la fonética articulatoria (Jiménez, 2013). Para Mora & Martinez (2015), en el español se cuenta con un repertorio fonológico de cinco fonemas vocálicos, los cuales, son considerados un grupo de sonidos musicales producidos por las vibraciones periódicas del aire laríngeo que pasa libremente a través de la cavidad bucal. Dependiendo de los movimientos articulatorios o acomodaciones del tracto vocal que se realice permitirá brindar características de resonancia particulares a cada fonema vocálico al cambiar su

forma y disposición.

De acuerdo con el Alfabeto Fonético Internacional (AFI) se consideran tres dimensiones para las vocales: vertical, horizontal y disposición de los labios. La primera, hace referencia a la posición alta, media o baja de la lengua; la segunda, a la posición anterior o posterior de la lengua y la tercera, a la disposición de los labios redondeados o no redondeados. Adicionalmente, Mora & Martínez (2015), refieren que las vocales también se pueden clasificar en función del modo de articulación; altas, medias o bajas, dependiendo de la elevación y posición que adopte la lengua (gráfico N°1). De tal manera que esta combinación de modo, lugar o punto de articulación se representa a través del triángulo articulatorio (gráfico N°2), en el cual, se señala esquemáticamente la posición de la lengua dentro de la cavidad bucal, en el momento que se articulan los sonidos vocálicos y permite tener una idea más o menos precisa del movimiento articulatorio realizado en cada producción vocal (Rojas & Palma, 2015).

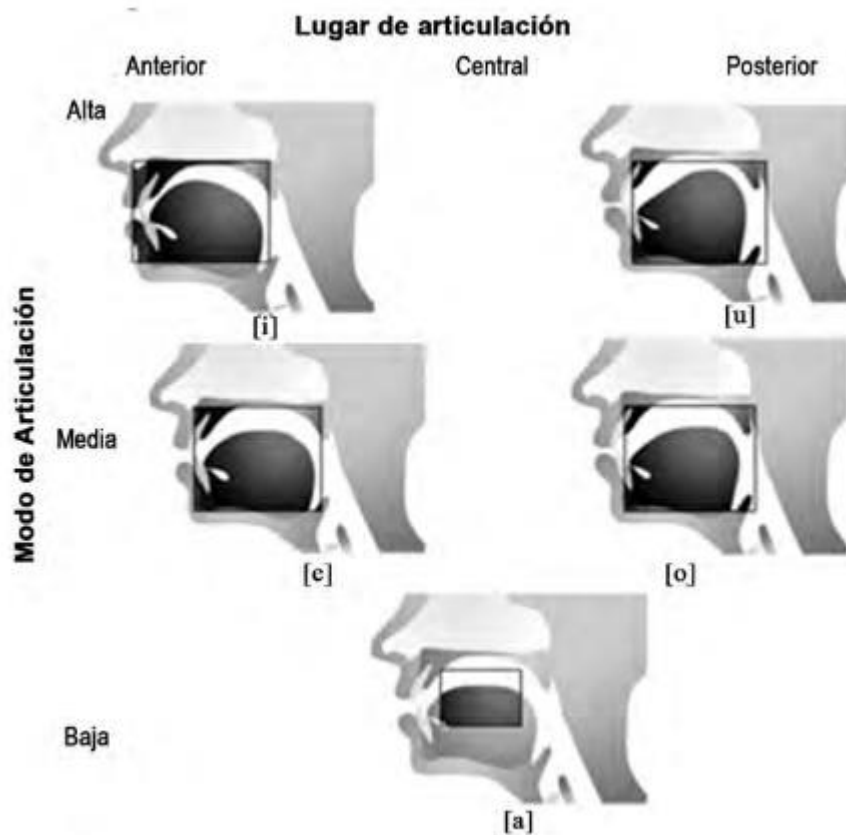


Gráfico 1. Articulación de los distintos fonemas vocálicos del español

Fuente: Tomado de Mora & Martínez (2015). Análisis acústico de los sonidos del español venezolano.

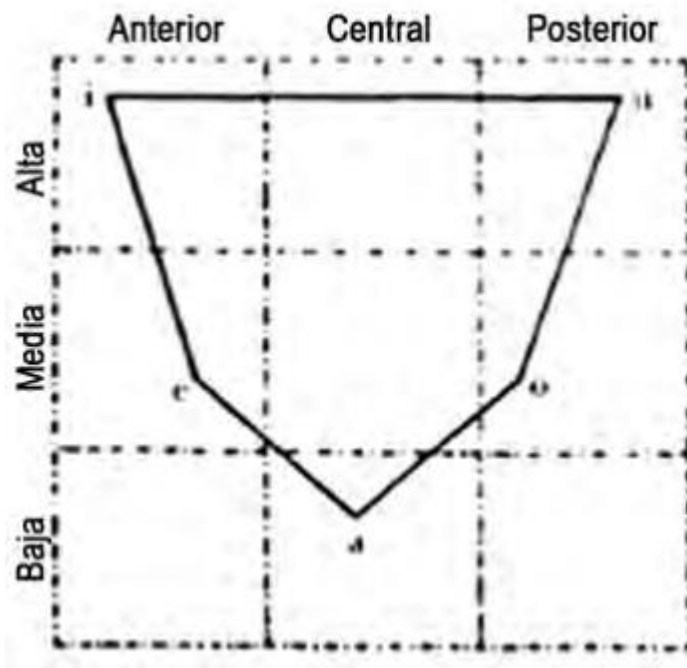


Gráfico 2. Triángulo articulatorio de los fonemas vocálicos del español

Fuente: Publicado en Tratado de Fonología y Fonética Españolas. Quilis (1993). Tomado de Mora & Martínez (2015). Análisis acústico de los sonidos del español venezolano.

Componente Acústico

Análisis acústico de la voz

Los métodos de análisis acústico permiten la evaluación instrumental y objetiva de la calidad de la voz, por medio de sistemas o programas informáticos que han sido desarrollados para el diagnóstico clínico y la investigación en la detección y caracterización del habla, la voz y los desórdenes vocales (Elisei, 2012).

Hay una gran variedad de herramientas que analizan acústicamente la voz como el oscilograma, espectro FFT, sonograma, código por predicción lineal, y espectro promedio a largo plazo (Droguett, 2017). A través de métodos desarrollados se puede obtener el registro de la voz, donde se debe captar la señal acústica de una vocal sostenida, habla encadenada o voz cantada.

De acuerdo con Zañartu (2003), el análisis espectral tiene una serie de aplicaciones relativas al procesamiento de los sonidos de la voz humana, se presentan en softwares que incluyen la visualización gráfica de los parámetros sonoros de la voz, lo cual facilita el entrenamiento con cada hablante. Aunque, la mayoría de los criterios que se usan para describir las vocales se basan en criterios auditivos que muchas veces suelen ser subjetivos, la aplicación de las herramientas de análisis espectral posibilita el estudio de patrones objetivos de la emisión de voces, permitiendo unificar conceptos dentro de los especialistas.

Programa de análisis acústico Anagraf

La necesidad de tener características acústicas de la voz de una población y tener los recursos para su evaluación, hace que investigaciones exploratorias como esta, se tornen pertinentes y acertadas. Uno de los programas para el análisis acústico es el software ANAGRAF que tienen como objetivo arrojar una imagen gráfica y medir las características espectrográficas de las emisiones vocálicas y los formantes del habla (Gurlekian, Evin, Torres & Renato, 2010).

Este programa, tiene la función de grabar y reproducir los registros obtenidos, a través del espectrograma con banda ancha (gráfico N°3) y banda estrecha, realiza una gráfica de frecuencia fundamental y energía en función del tiempo, y permite analizar la voz y ver el espectrograma mediante un espectro de corto tiempo en el cual se evalúa la intensidad sonora sobre distintas bandas espectrales. Por otro lado, realiza el cálculo de coeficiente de predicción lineal, obtiene un parámetro representativo de un modelo del tracto vocal y determina las frecuencias de resonancia (formantes), realizando un procesamiento homomórfico en el que estima la frecuencia de vibración de los pliegues vocales o frecuencia fundamental (Molina & Vargas, 2017).

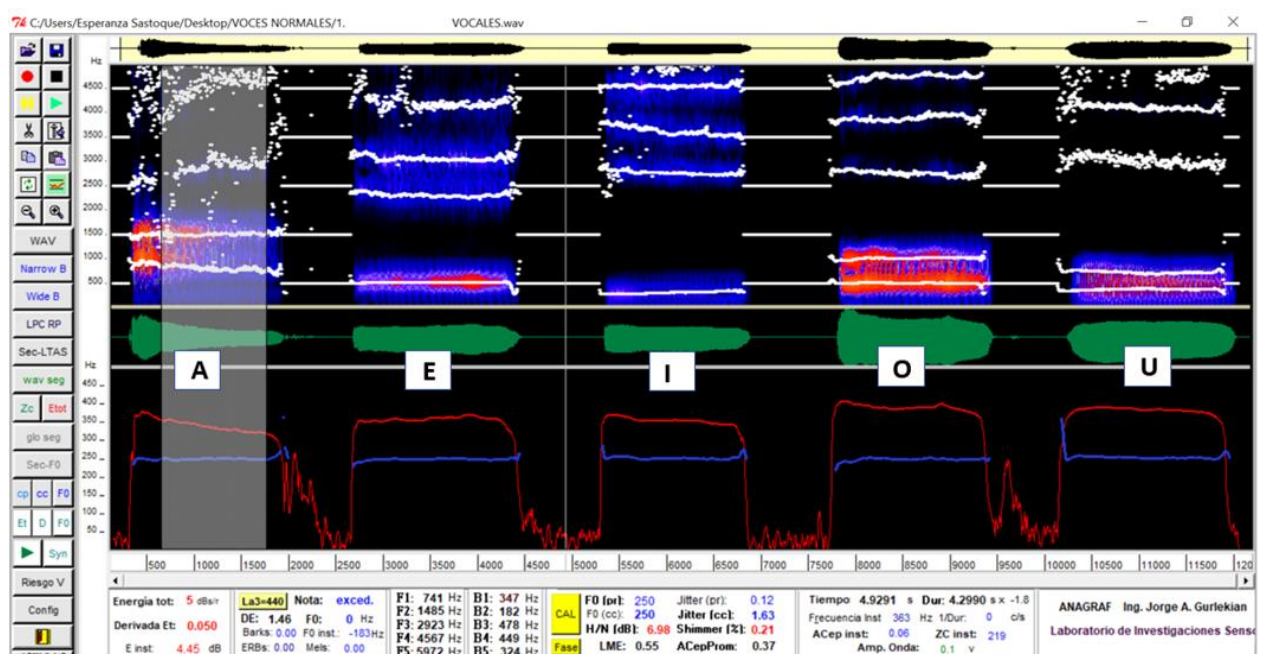


Gráfico 3. Espectrograma de banda ancha de una voz dentro de los valores de referencia

Fuente: Pantoja & Sastoque (2021).

Cecconello (2012) menciona que el proceso de uso de este software consiste en realizar una grabación de una muestra de habla bajo condiciones tales como: un espacio sonoro aislado, el uso de un micrófono profesional, una interfaz de sonido de alta calidad y susceptibilidad, para después reproducir los registros obtenidos, mediante el

espectrograma con banda ancha y estrecha.

La relación de los diferentes niveles de análisis en el proceso de evaluación de la voz es de mucha importancia para conseguir un diagnóstico preciso y preparar coordinadamente entre los profesionales la rehabilitación; médica, quirúrgica y funcional, teniendo en cuenta el análisis acústico, espectrográfico, laringoscopia, aerodinámico y perceptivo (Casado & Adrián, 2002).

La espectrografía

La espectrografía es una técnica imprescindible para el análisis acústico de la voz, en particular en el contexto de la fonocirugía. Por este método puede hacerse una útil clasificación de las señales acústicas en tres tipos. Las señales de tipo 1 son casi periódicas; las de tipo 2 tienen intermitencia, fuertes subarmónicos o modulaciones, y las de tipo 3 son caóticas o aleatorias (Cobeta et al.,2013). En las señales de tipo 2 y 3, es necesario un método visual llamado espectrograma.

Según Droguett (2017), el espectrograma es la representación más completa de cualquier tipo de vibración, ya que es posible observar los armónicos, los formantes, y el ruido de la señal todo en un mismo gráfico en forma nítida, sin ayuda de ninguna base de datos extra para su interpretación. Existen dos tipos: de banda estrecha (45 Hz y 30 ms) y de banda ancha (300 Hz y 5 ms) en función del ancho de banda del filtro que se utilice al realizar el análisis frecuencial. El primero, provee una mejor resolución frecuencial con estimaciones espectrales más precisas, condición favorable para el estudio de la F0, los armónicos y la

valoración de la disfonía, mientras que el segundo permite una mejor resolución temporal de los fenómenos del habla y los formantes.

De esta manera, Cobeta y cols (2013) mencionan que es necesario conocer la configuración del tracto vocal y los fenómenos que ocurren dentro de él, en especial en relación con la resonancia, pues este proceso transforma el sonido vocal primario producido por la vibración de los pliegues vocales en habla. La teoría que explica este proceso es la teoría fuente filtro, la cual, establece que la energía originada por una fuente sonora se modifica por un filtro o conjunto de filtros, así, para las vocales los pliegues vocales en vibración representan la fuente de energía y las resonancias del tracto vocal, es decir los formantes, son los filtros, los cuales, van a modificar la caracterización en cada emisión de sonido.

Núñez (2013) menciona “El sonido producido en la laringe viaja a lo largo del tracto vocal donde sufrirá un filtrado. El espectro glotal se combina con la curva de resonancia correspondiente al gesto articulatorio para emitir una vocal concreta, dando lugar a los máximos relativos de intensidad en determinados armónicos, áreas que se denominan “formantes”. Estos formantes o puntos de resonancia a lo largo del tracto vocal modifican la energía sonora de la fuente glótica. Las frecuencias de los dos primeros formantes determinan la identidad de la mayoría de las vocales”. (p.203). Dicho de otra manera, los formantes son ondas complejas y periódicas que dependen de la acomodación que adopte el tracto vocal durante la emisión, así pues, las vocales se diferencian acústicamente por las frecuencias de dichos formantes. El formante 1 está relacionado con la abertura de la mandíbula, el formante 2 con la forma de los labios, es decir, cuanto más anterior sea su posición más alta será su frecuencia, y cuanto más redondeados se encuentren los labios, más baja será la frecuencia del F2 (Molina & Vargas 2017), el formante 3 da cuenta de la

posición de la punta de la lengua, finalmente, el formante 4 y 5 caracterizan el timbre (Jerez, 2015).

De esta manera, cada vocal se caracteriza por sus formantes, pues la posición en el espectro y el ancho de banda hacen que se distinga una vocal de las demás. Por tanto, para modificar la estructura formántica del tracto vocal se debe modificar la forma de este, adaptándose a lo que se quiera pronunciar (Nuñez & Suarez, 2016). Cabe señalar que existen pocas investigaciones que estudien el análisis espectral de las vocales, el cual, ayuda a obtener valores referenciales de los formantes para poder caracterizar dichos fonemas vocálicos de una población determinada. A continuación, se citan algunos estudios sobre los valores formánticos:

<i>Vocales</i>	<i>Niños</i>		<i>Mujeres</i>		<i>Hombres</i>	
	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>
"i"	420	2850	350	2700	310	2500
"e"	620	2550	500	2510	420	2270
"a"	1050	1700	980	1420	740	1350
"o"	650	1150	600	950	550	870
"u"	500	900	410	720	360	700

Gráfico 4. Valores promedio de frecuencia de los formantes F1 Y F2 de las vocales /a/, /e/, /i/, /o/ y /u/ del castellano para niños, mujeres y hombres.

Fuente: Publicado en Manual de Fonética Acústica. Editorial Hachette, Borzone (1980). Tomado de Jackson-Menaldi (2002) La voz patológica.

Quilis y cols. (España, 1983)			León. (Concepción, Chile, 1998)			Aronson y cols. (Argentina, 2000)		
Vocal	F1	F2	Vocal	F1	F2	Vocal	F1	F2
/a/	711	1222	/a/	730	1400	/a/	905	1451
/e/	489	1889	/e/	360	2400	/e/	442	2310
/i/	267	2112	/i/	280	2800	/i/	310	2530
/o/	489	889	/o/	-	-	/o/	528	897
/u/	267	711	/u/	-	-	/u/	358	730

Gráfico 5. Valores promedio de hombres y mujeres de f1 y f2 para las vocales /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ en estudios de España, Chile y Argentina.

Fuente: Tomado de Jackson-Menaldi (2002) La voz patológica.

Índice de perturbación vocal (IPI)

Este índice calcula a partir de las contribuciones parciales sobre una diagonal que va desde valores normales en un extremo a valores patológicos en el otro. Agrupa cuatro parámetros clásicos como el Jitter, Shimmer, relación armónico ruido, y la amplitud del pico de cepstrum (Gurlekian, & Molina, 2012).

Índice de precisión vocal (IPV)

Es un “índice de precisión de formantes vocales vinculado con la estabilidad articulatoria y medido como la inversa de la desviación estándar de los primeros cinco formantes. Los

formantes de voces femeninas, masculinas y niños se normalizan restando la F_0 . Se presenta el plano F1-F2 normalizado. La dispersión de los puntos se asocia con la falta de precisión” (Santi, Romano, Montenegro & Gurlekian, 2017).

En ese sentido, con este índice se puede observar cómo varía la posición de la lengua y los labios en la producción de los distintos fonemas vocálicos. Así pues, a nivel horizontal y vertical la lengua se ubica de la siguiente manera:

Tabla 1. Posiciones que adopta la lengua horizontal y verticalmente por cada vocal del español

Fonemas vocálicos	Posición vertical de la lengua	Posición horizontal de la lengua
/a/	Baja	Central
/e/	Media	Anterior
/i/	Alta	Anterior
/o/	Media	Posterior
/u/	Alta	Posterior

Fuente: Quilis (1999). Tomado de Ramírez, Lasso, Murillo & Sastoque (2018).

De igual forma, el software Anagraf muestra gráficamente las posiciones anteriormente mencionadas para cada vocal (gráficos N°11, 12, 13, 14 y 15). Sobre el eje “y” se puede observar a que altura se encuentra la lengua (arriba/abajo) y sobre el eje “x” cuál es la posición de esta (adelante/atrás). Por ejemplo, en el fonema /o/ mientras la lengua retrocede hacia el velo del paladar estrechando por su parte posterior el canal de pasaje de aire, los labios se adelantan, alejándose del contacto con la cara anterior de los incisivos. En la /u/ el canal sonoro adquiere su máxima longitud y el estrechamiento labial su máximo. En cambio, en las vocales /e/, /i/ la lengua se adelanta y se levanta estrechando el tubo sonoro en su parte

anterior, mientras que los labios se retraen, aproximándose a los dientes y las comisuras van hacia atrás. (Pascual, 1980, p.80, como se citó en Ramírez y cols, 2018).

Índice de aprovechamiento de energía (IAE)

Este índice “evalúa tanto la coincidencia entre los armónicos con los formantes como las pérdidas de energía que se producen en el tracto vocal, obtenidas como la inversa de los anchos de banda” y debe ser mayor al 20% (Gurlekian & Molina 2012). A nivel resonancial se calcula a partir del porcentaje de anchos de banda menores o iguales a los esperados por cada formante sobre el total de mediciones (Santi et., 2017).

Metodología

Diseño

La presente investigación se llevó a cabo desde un enfoque cuantitativo, el cual constituye un proceso secuencial y probatorio, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica, y el análisis de dichas mediciones se realiza a través de métodos estadísticos (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). En cuanto al alcance de este estudio, es de tipo descriptivo, ya que, como sugiere Hernández (2014), se busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, y en esta investigación se precisaron las características espectrográficas de los

fonemas vocálicos de voces pregrabadas en un grupo de adultos de la ciudad de Santiago de Cali.

El diseño de esta investigación es transversal, pues la recopilación de datos se dio en un momento único con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, y retrospectivo ya que los datos obtenidos fueron tomados de investigaciones anteriores.

Población y muestra

Este proyecto trabajó con muestras del banco de voces construido por la Tutora del proyecto María Esperanza Sastoque, en sus proyectos de investigación anteriores. Se realizó un muestreo aleatorio por conveniencia, en el que se seleccionó una muestra de 20 personas, entre 20 y 60 años (10 hombres y 10 mujeres), que cumplieron con los criterios de inclusión de este proyecto y quienes firmaron de manera voluntaria el consentimiento informado en las investigaciones anteriormente mencionadas, autorizando el uso de las muestras de sus voces en futuras investigaciones (Ver anexos).

Criterios de inclusión

- Participantes de edades comprendidas entre 20 y 60 años.
- Participantes que obtengan valores de normalidad en la prueba de IPI para la vocal /a/.
- Ambos sexos.

Criterios de exclusión

- Sujetos con alteraciones estructurales y funcionales en el tracto vocal.
- Sujetos con alteración en la prueba IPI para la vocal /a/.

Variables del estudio

Variables sociodemográficas:

Tabla 2. Descripción de las variables sociodemográficas del estudio.

Variable	Definición operacional	Instrumento	Nivel de medición
Edad	Entre 20 y 60 años		• Variable cuantitativa continua • Unidad de medición: Años

Sexo	Femenino Masculino		Variable cualitativ a nominal
Procedencia	Oriundos de la ciudad de Santiago de Cali		Variable cualitativ a nominal

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Variables físico-acústicas:

Tabla 3. Descripción de las variables físico-acústicas del estudio.

Variable	Definición operacional	Instrumento	Nivel de medición
Formantes	Los formantes se denominan por números enteros: • F1 • F2 • F3 • F4 • F5	Software Anagraf	• Variable cuantitativa continua. • Unidad de medición: Hertz (Hz)

Índice de perturbación vocal (IPI)	Dicha diagonal se cruza en su centro los valores estadísticos de los umbrales de normalidad de las medidas de perturbación y medidas de ruido.	Software Anagraf	• Variable cuantitativa continua • Sin unidades de medición
Índice de precisión vocal	El índice de precisión vocal se calcula a partir de la desviación estándar de los cinco formantes. (F1, F2, F3, F4, F5)	Software Anagraf	• Variable cuantitativa continua • Sin unidades de medición
Aprovechamiento de energía	Este índice mide la coincidencia entre las frecuencias de los formantes y las frecuencias de energía armónica o inarmónica más	Software Anagraf	• Unidad de medición en porcentaje (%)

	próximas.		
--	-----------	--	--

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Aspectos éticos

En esta investigación se tuvieron en cuenta los principios éticos enmarcados en la declaración de Helsinki, con el fin de permitir el apropiado desarrollo de la investigación, haciendo énfasis en el respeto, privacidad y confidencialidad de los datos de cada una de las personas que participaron en las investigaciones anteriores realizadas por la tutora del proyecto.

Para garantizar el buen desarrollo del ejercicio de investigación se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Se obtuvo el aval del comité de ética de Investigaciones de la Universidad del Valle.
- Se tomaron las voces pregrabadas de un grupo de personas que formaron parte de investigaciones anteriores, en las cuales, se les entregó el consentimiento informado y en el que autorizaron hacer uso de las muestras de su voz en futuras investigaciones.
- Se conservaron las garantías de confidencialidad de las personas que participaron

en las investigaciones anteriores, por lo que no se publicaron los nombres de los participantes y se asignó un código alfanumérico para cada una de las voces pregrabadas.

- Todos los datos obtenidos se protegieron, siguiendo las pautas de retención documental, por un tiempo máximo de 5 años.

Según la resolución 8430 de 1993, del Ministerio de Salud de Colombia, en la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se define el presente estudio como una investigación sin riesgo, pues es una investigación retrospectiva en la que no se realizó ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participaron en el estudio. Finalmente, cabe resaltar que este trabajo no presentó conflictos de interés.

Materiales e instrumentos

El análisis de las muestras se llevó a cabo a través del Software Anagraf, programa de análisis acústico desarrollado por el ingeniero Jorge Gurlekian de Buenos Aires, Argentina en el laboratorio de Investigaciones Sensoriales (L.I.S), el cual tiene como objetivo graficar y cuantificar las características acústico-perceptuales de la voz, analizando los diferentes aspectos que la conforman en una correlación anatómica, fisiológica y acústica (Gurlekian, Evin, Torres & Renato, 2010).

La toma de muestra de voces se llevó a cabo a través de la grabación de voces por medio de un micrófono dinámico de patrón polar cardioide y unidireccional marca Shure SM58, conectado a una interfaz de sonido USB marca M-Audio.

Para el registro de la información extraída del análisis espectrográfico del software Anagraf se usó un archivo de Excel. Posteriormente, estos datos fueron analizados matemáticamente para extraer un análisis estadístico descriptivo facilitando la comprensión, mediante el programa SPSS versión 26.

Procedimientos

Este estudio se llevó a cabo en 5 fases que se describen a continuación:

Fase 1: Preparación para el estudio.

Se envió la propuesta de trabajo de grado al comité de ética de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle y posterior a su aceptación se realizaron los ajustes sugeridos. Además, se llevó a cabo una capacitación y entrenamiento en el uso del software Anagraf a la investigadora con la docente coordinadora del área de habla y voz del Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad del Valle.

Fase 2: Diseño y ajuste de instrumentos

Se diseñó una plantilla en excel para registrar la información de cada una de las variables para cada muestra de voz.

Fase 3: Selección de las muestras

Se realizó la revisión y selección de las voces pregrabadas del banco de voces construido por la Tutora del proyecto María Esperanza Sastoque en proyectos de investigación anteriores. Para clasificar las muestras de voz en relación con el índice de perturbación vocal (IPI) se sugirió el índice de normalidad propuesto por Gurlekian y Molina (2012) que corresponde al rango 0 a 2. Se seleccionó como área de análisis el cuerpo del sonido, eliminando el inicio y el final de cada emisión por sus características irregulares.

Fase 4: Análisis de datos

En esta fase, se registraron los resultados individuales de los participantes que presentaron voces normales mediante un código alfanumérico en un Excel, y de esta manera se calcularon las medidas de tendencia central como moda, media y mediana, así como la desviación estándar.

Fase 5: Discusión de resultados

En esta fase final de la investigación se realizó la discusión de resultados para contrastar los valores de las muestras de voz analizadas con los valores referidos en la literatura.

Resultados

Teniendo en cuenta que las características de la voz difieren en todos los grupos poblacionales debido a los factores contextuales, los resultados de esta investigación recogen el análisis de un grupo de adultos de la ciudad de Santiago de Cali. En esta sección, se muestran los resultados obtenidos de acuerdo con la metodología descrita. Los resultados, corresponden a los análisis descriptivos de los formantes, del índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía por sexo.

Análisis de los Formantes por Vocal y Sexo

En esta sección, se incluye el análisis descriptivo de los formantes de los fonemas vocálicos, teniendo en cuenta el sexo.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los formantes para los fonemas vocálicos en población masculina.

Fonemas vocálicos/Formante s		Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Mínimo	Máximo
/a/	F1	732,40	120,81	38,20	576	997
	F2	1221,22	103,65	34,55	1056	1325
	F3	2501,60	216,06	68,32	2114	2852
	F4	3643,80	272,85	86,28	3330	4136
	F5	5176,40	418,34	132,29	4643	5820
/e/	F1	458,80	39,31	12,43	402	542

	F2	1960,10	94,23	29,79	1803	2119
	F3	2699,90	334,79	105,87	2367	3407
	F4	3636,00	539,13	170,49	2849	4762
	F5	5068,90	692,64	219,03	3785	5926
/i/	F1	337,40	42,58	13,46	269	400
	F2	2226,30	163,89	51,82	1981	2540
	F3	3040,30	419,09	132,52	2613	3918
	F4	3676,60	391,01	123,64	3209	4519
	F5	5336,90	547,11	173,01	4025	5922
/o/	F1	513,30	75,66	23,92	394	653
	F2	837,50	104,82	33,14	706	997
	F3	2720,30	261,96	82,83	2417	3377
	F4	3539,60	221,39	70,01	3267	4030
	F5	5230,80	670,58	212,05	4244	5945
/u/	F1	403,40	50,14	15,85	298	466
	F2	772,56	81,51	27,17	687	908
	F3	2773,00	516,26	163,25	2208	3818
	F4	3776,90	548,65	173,50	3228	4742

F5	5406,30	541,68	171,29	4181	5977
----	---------	--------	--------	------	------

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

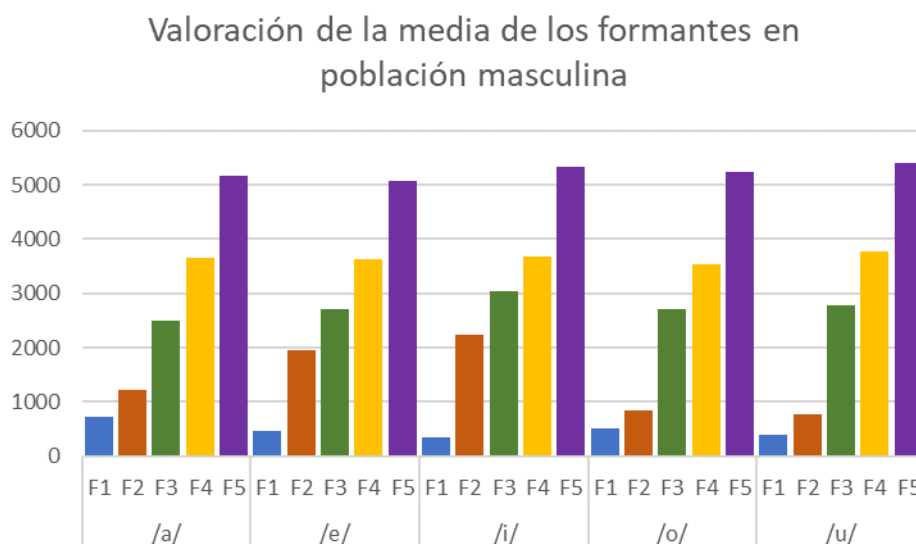


Gráfico 6. Variación de la media de los formantes en todos los fonemas vocálicos en población masculina

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los formantes para los fonemas vocálicos en población femenina.

Fonemas vocálicos/Formantes		Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Mínimo	Máximo
/a/	F1	802,80	162,99	51,54	409	971
	F2	1549,70	435,04	137,57	1320	2773
	F3	2824,80	320,37	101,31	2445	3530

	F4	4095,80	421,99	133,44	3337	4567
	F5	5076,80	498,87	157,75	4331	5972
/e/	F1	477,50	44,62	14,11	386	545
	F2	2357,20	153,80	48,63	2078	2545
	F3	2820,00	243,76	77,08	2367	3226
	F4	4243,80	181,37	57,35	3957	4478
	F5	5267,60	391,61	123,84	4585	5981
/i/	F1	410,50	200,02	63,25	310	974
	F2	2497,70	373,55	118,12	1544	2875
	F3	3100,80	219,68	69,47	2826	3532
	F4	3880,60	1242,05	392,77	383	4525
	F5	5288,60	546,92	172,95	4452	5974
/o/	F1	476,00	40,24	12,72	391	527
	F2	901,90	93,02	29,41	756	1012
	F3	2806,30	229,69	72,63	2534	3323
	F4	3953,50	148,46	46,94	3661	4156
	F5	5022,50	436,75	138,11	4535	5825
/u/	F1	377,40	33,46	10,58	317	433

F2	802,90	68,68	21,72	707	896
F3	2808,00	184,60	58,37	2494	3052
F4	4004,60	230,10	72,76	3589	4494
F5	4926,70	541,68	171,29	4181	5977

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

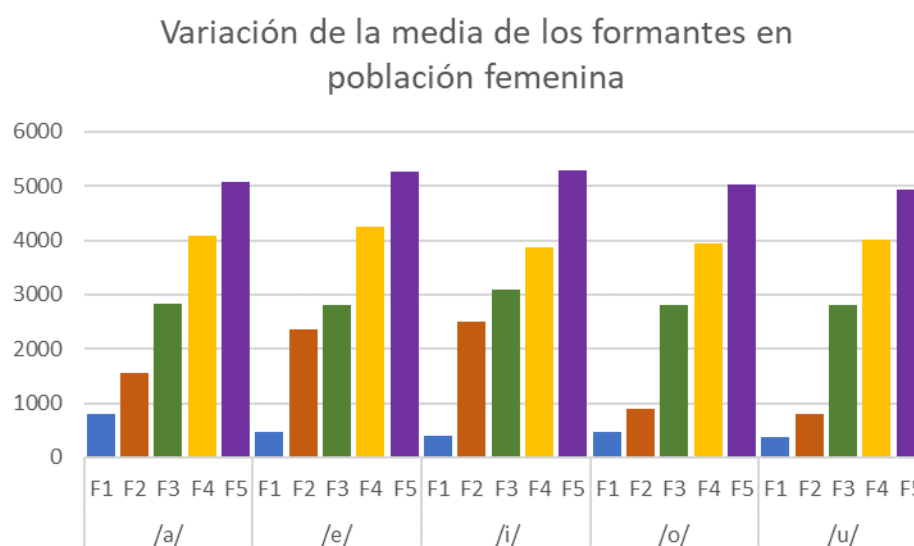


Gráfico 7. Variación de la media de los formantes en todos los fonemas vocálicos en población femenina

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

En los gráficos 6 y 7 se observa la variación de la media de los formantes en todos los fonemas vocálicos en hombres y mujeres respectivamente. Por su parte, los resultados de las tablas 4 y 5 muestran que, a modo descriptivo no se observan diferencias significativas entre hombres y mujeres respecto a los formantes de la vocal /a/ y el comportamiento ascendente de los formantes también es similar. Sin embargo, de los formantes de la vocal /e/ se observa que puede haber una diferencia significativa entre hombres y mujeres, respecto a los formantes 2 y 4. Por su parte, el análisis descriptivo de los formantes de la vocal /i/, parecen no presentar diferencias significativas

entre hombres y mujeres, esto se puede deducir de este análisis, debido a que los formantes 1, 2 y 4, presentan mucha dispersión. Respecto a la vocal /o/ y /u/ el análisis mostrado indica que entre hombres y mujeres no parece haber diferencias significativas respecto a los formantes.

Estos resultados fueron una comparación desde el punto de vista descriptivo, por lo cual, se requirió de un análisis inferencial de comparación de promedios, como se propuso en la metodología de este trabajo.

Análisis del Índice de Perturbación Vocal Integrado (IPI) por sexo

Se muestra el resultado del análisis descriptivo del índice de perturbación vocal integrado por sexo, el cual solamente se obtuvo para la vocal a.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos del Índice de Perturbación Vocal Integrado por sexo.

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Mínimo	Máximo
Hombre	10	1,6750	,28988	,09167	1,25	2,00
Mujer	10	1,6000	,31623	,10000	1,00	2,00

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

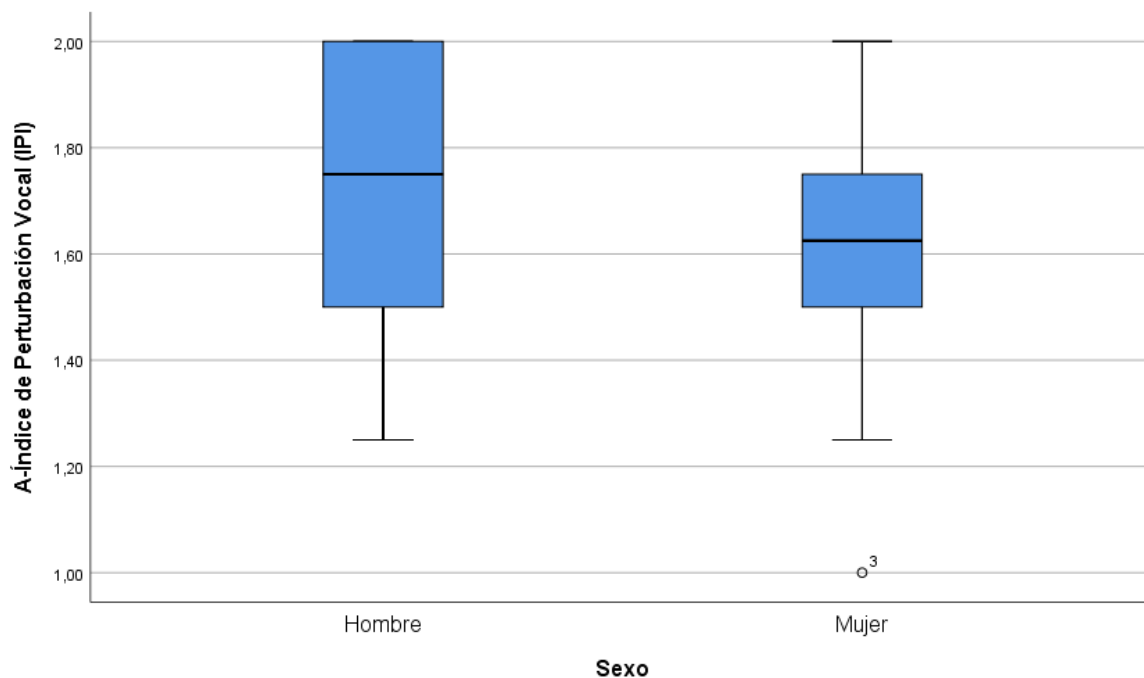


Gráfico 8. Diagrama de cajas y alambres del Índice de Perturbación Vocal Integrado por sexo.

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

La tabla 6 y el gráfico N°8 muestran que, respecto al índice de perturbación vocal integrado no hay diferencias entre hombres y mujeres.

Análisis del Índice de Precisión Vocal y Aprovechamiento de Energía por sexo

Se realizó un análisis descriptivo, en el cual, se presentó el análisis del Índice de Precisión Vocal, así como el porcentaje de Aprovechamiento de Energía para los distintos fonemas vocálicos. Los gráficos N°11,12,13,14 y 15 muestran el análisis acústico del software Anagraf con valores de los tres índices; el índice de perturbación vocal integrado - IPI, el índice de precisión vocal (IPA) y el aprovechamiento de energía (IAE) de todos los fonemas vocálicos respectivamente.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos del Índice de Precisión Vocal por sexo, para todos los fonemas vocálicos.

Fonemas vocálicos	Sexo	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Mínimo	Máximo
/a/	Hombre	93,50	5,77	1,82	83	98
	Mujer	91,00	6,46	2,04	79	97
/e/	Hombre	93,90	5,52	1,74	81	98
	Mujer	94,10	1,96	,62	91	97
/i/	Hombre	93,70	3,49	1,10	88	99
	Mujer	92,50	5,08	1,60	82	97
/o/	Hombre	82,50	16,69	5,27	51	96
	Mujer	94,30	1,70	,53	92	97
/u/	Hombre	77,70	18,26	5,77	49	98

	Mujer	89,80	6,10	1,93	78	96
--	-------	-------	------	------	----	----

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

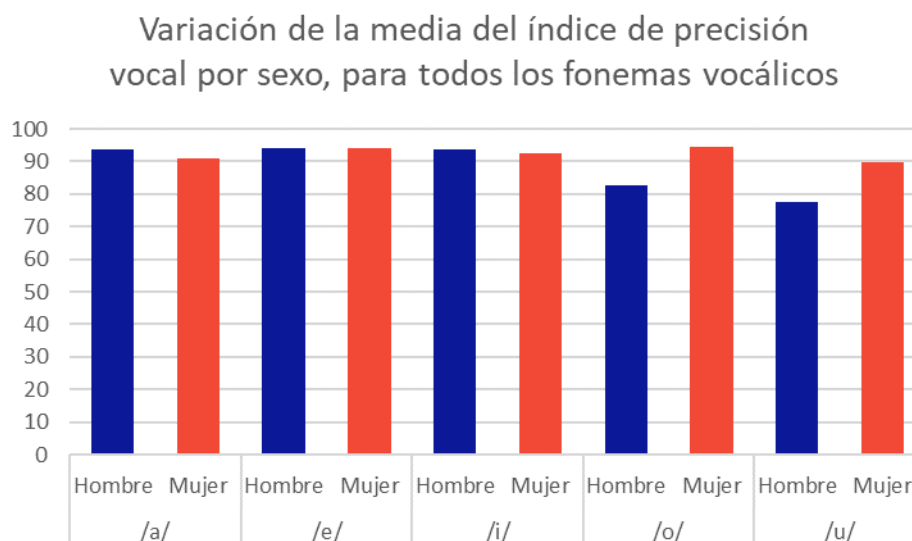


Gráfico 9. Diagrama de la variación de la media del índice de precisión vocal por sexo, para todos los fonemas vocálicos

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos del Aprovechamiento de Energía por sexo, para todos los fonemas vocálicos.

Fonemas			Desv.	Desv.		
vocálicos	Sexo	Media	Desviación	Error	Mínimo	Máximo

/a/	Hombre	36,60	11,6	3,69	9	53
	Mujer	20,40	13,23	4,18	4	46
/e/	Hombre	46,50	10,29	3,25	33	64
	Mujer	31,90	20,06	6,34	10	77
/i/	Hombre	52,40	14,48	4,58	32	77
	Mujer	44,70	13,92	4,40	16	63
/o/	Hombre	35,70	20,02	6,33	4	68
	Mujer	52,10	15,61	4,93	25	81
/u/	Hombre	30,60	13,15	4,16	15	58
	Mujer	38,10	9,30	2,94	20	51

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Variación de la media del índice de aprovechamiento de energía por sexo, para todos los fonemas vocálicos

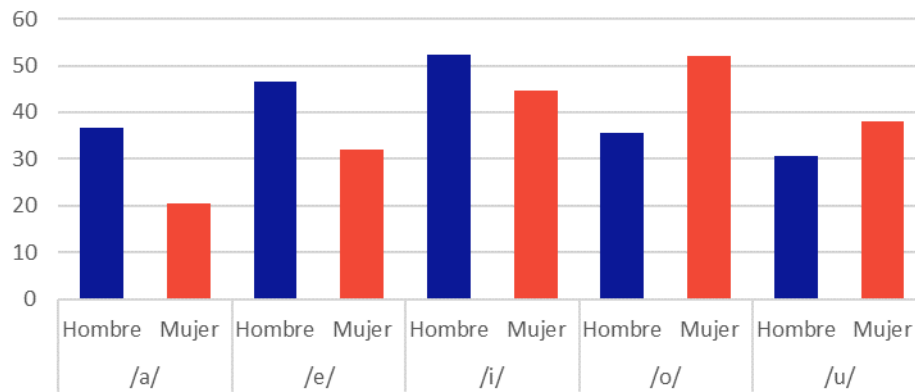


Gráfico 10. Diagrama de la variación de la media del índice de aprovechamiento de energía por sexo, para todos los fonemas vocálicos

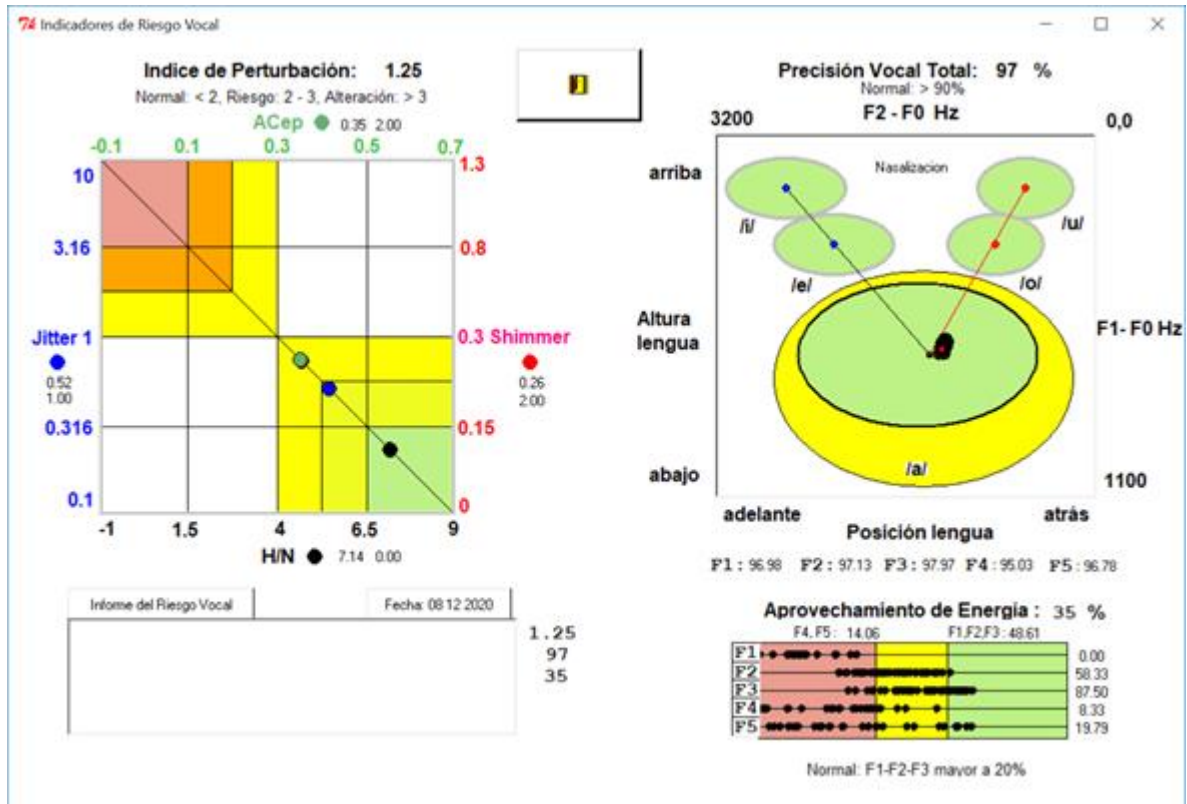


Gráfico 11. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /a/

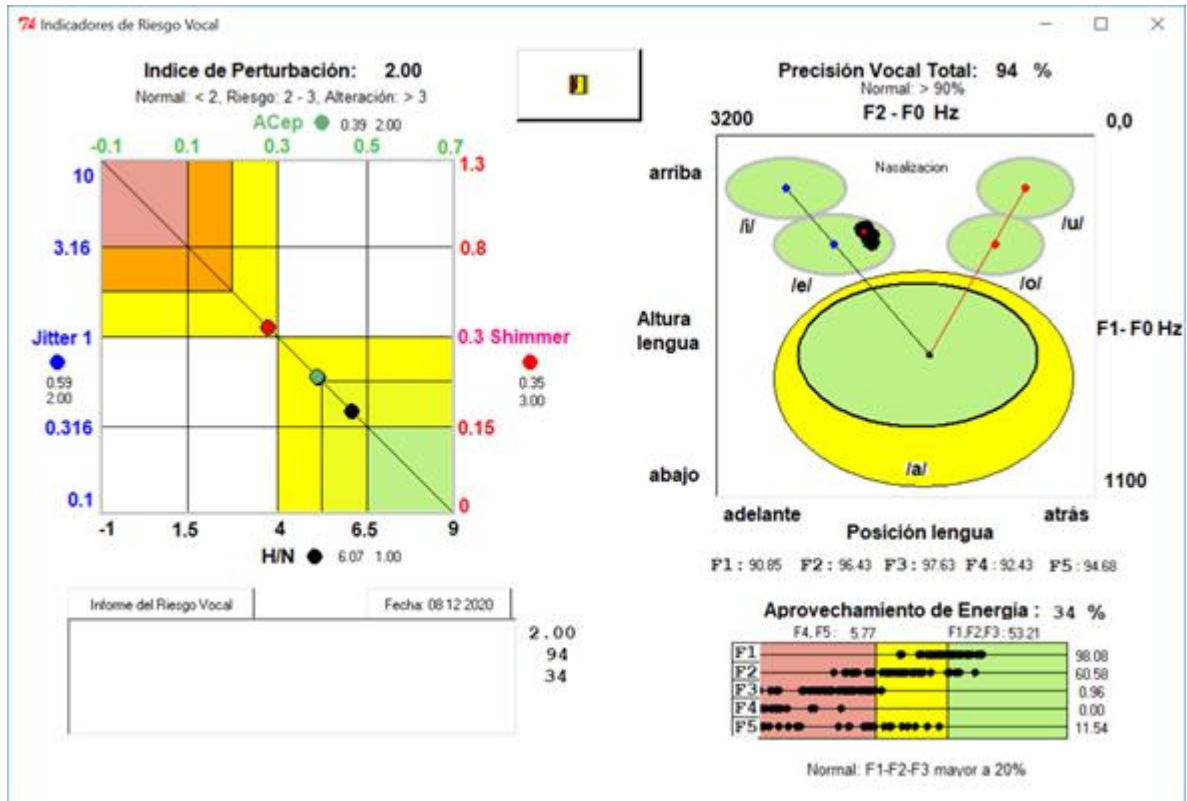


Gráfico 12. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /e/.

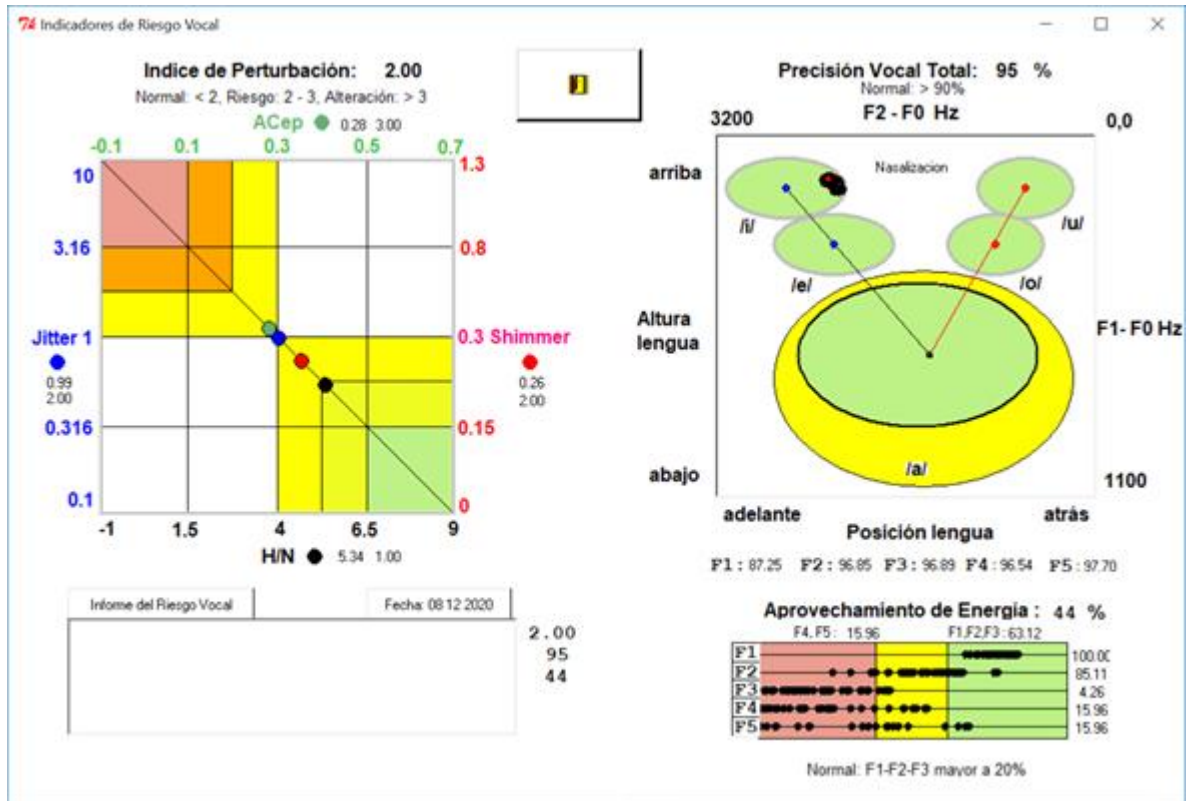


Gráfico 13. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /i/.

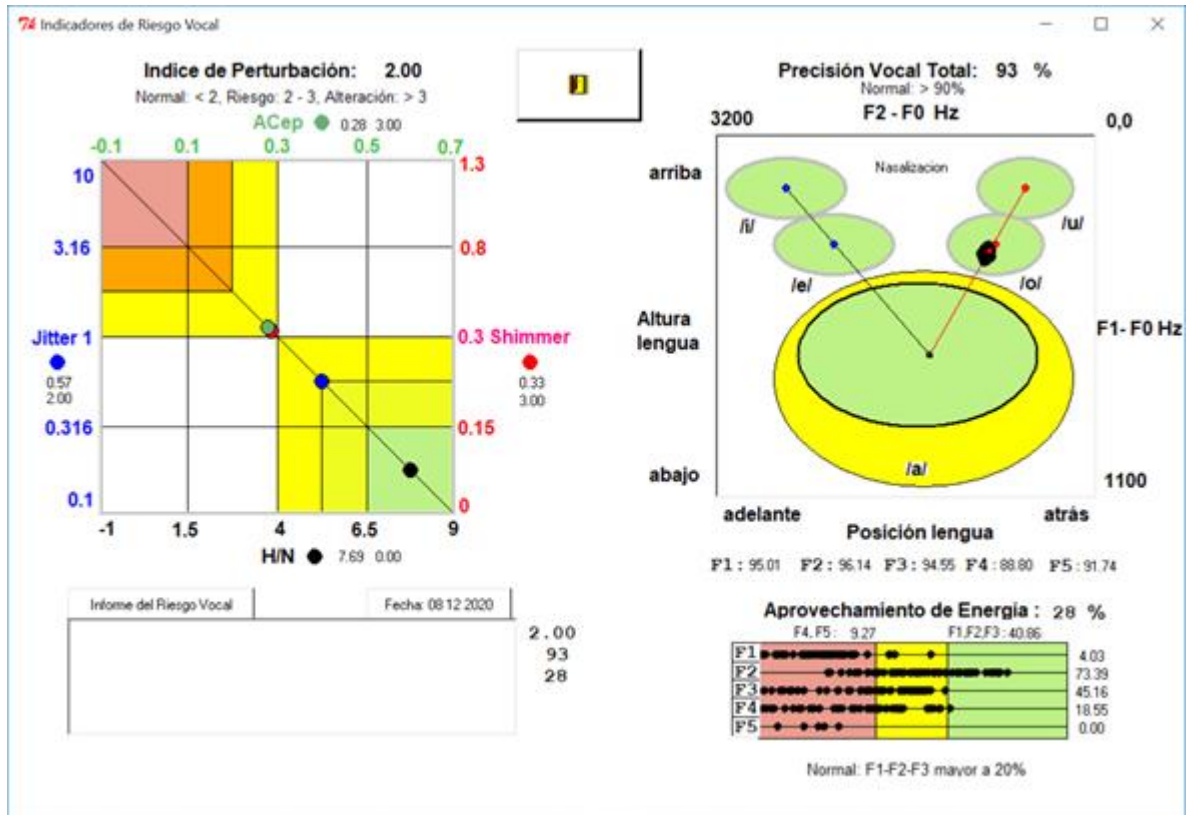


Gráfico 14. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /o/.

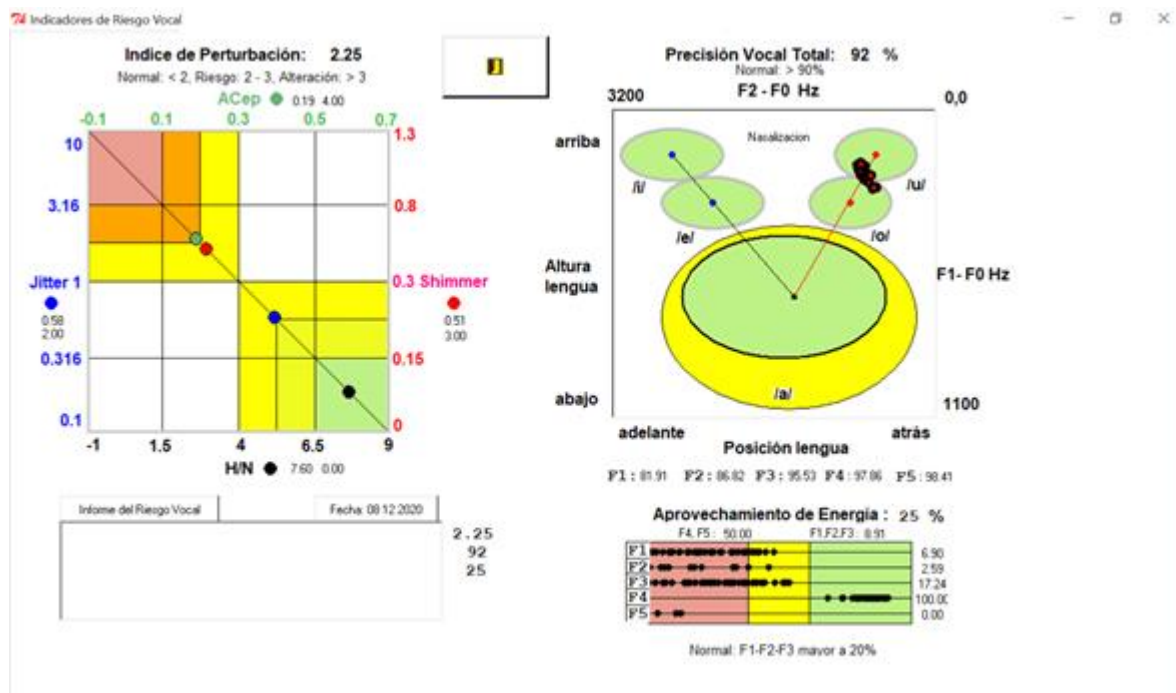


Gráfico 15. Índice de perturbación integrado, índice de precisión vocal y aprovechamiento de energía de la vocal /u/.

El Índice de Precisión Vocal para la vocal /a/ no muestra diferencias significativas entre hombres y mujeres, en promedio. Sin embargo, el aprovechamiento de energía sí se muestra diferente. Para la vocal /e/ el aprovechamiento de energía también muestra diferencias entre hombres y mujeres, mientras que el Índice de Precisión Vocal no mostró diferencias significativas. Para la vocal /i/ no se observan diferencias significativas entre hombres y mujeres respecto al Índice de Precisión Vocal y el Aprovechamiento de Energía. Respecto a la vocal /o/ se presentan diferencias entre hombres y mujeres respecto al Índice de Precisión Vocal y el Aprovechamiento de Energía. En cuanto a la vocal /u/ se observan diferencias entre hombres y mujeres respecto al Índice de Precisión Vocal y al Aprovechamiento de energía.

Discusión

En esta investigación se utilizó el software Anagraf, el cual, entrega un análisis y clasificación vocal detallada que permite mejorar la interpretación de los resultados, pues tiene incorporado la espectrografía en su programación. Este software cuenta con un método para la valoración del riesgo vocal, en el cual se calculan valores de índices integrados asociados con alteraciones vocales en la fuente glotal y el tracto vocal (Gurlekian & Molina 2012). De esta manera, las pruebas utilizadas para verificar si las muestras de voz de este estudio se encontraban dentro de los valores de referencia fueron, el índice de perturbación vocal integrado (IPI), el índice de precisión vocal (IPV) y el aprovechamiento de energía (IAE).

Según Sigal & Gurlekian (2014) el índice de perturbación integrado (IPI) consiste en la combinación de las medidas de perturbación a corto plazo con las medidas de ruido que son indicadores confiables para identificar voces sanas y alteradas. Los valores tomados dentro de esta investigación arrojaron resultados cercanos a los valores de referencia de voces sin riesgo vocal (rango de 0-2) tanto para hombres como mujeres, lo que da cuenta de que existe una estabilidad en la señal de la voz en sus características físico-acústicas de frecuencia fundamental, una amplitud de la onda estable y poco ruido en la voz producido en la zona laríngea (Cobeta et al 2013).

En el estudio de Álvarez, Perna & Fera (2019), este índice permitió concluir que tanto hombres como mujeres presentaron voces con riesgo vocal, siendo mayor el riesgo en el género femenino, pues según estos autores las mujeres son más vulnerables a presentar un desorden vocal, ya que tienen pliegues vocales más cortos, Fo alta, por ende, hay menos masa muscular para atenuar la mayor cantidad de fuerza vibratoria. Así mismo, Ortega & Sastoque (2019) mencionaron que este índice les permitió realizar la clasificación de las voces normales, en riesgo y voces alteradas en el grupo de docentes evaluado en su estudio, y a su vez facilitó la detección temprana del riesgo vocal favoreciendo la prevención de las alteraciones vocales para que sean encaminadas en actividades

de promoción de la salud vocal, lo cual, hará que disminuyan los costos relacionados a los tratamientos de las alteraciones de la voz en este grupo de trabajadores.

El índice de precisión articulatoria (IPA), se asocia con el mantenimiento de los valores de formantes a lo largo de la emisión y calcula la desviación estándar en la medición de los cinco primeros formantes (Gurlekian & Molina, 2011). De acuerdo con estos autores, un grado considerable de imprecisión vocal puede referir una posible variación en la voz, así mismo, refieren que el índice de precisión vocal que tenga un control articulatorio-acústico debe superar el 90% durante la emisión de la vocal. En este estudio se encontró que la mayoría de las voces tenían promedios por encima del 90%, sin embargo, en las vocales /o/ y /u/ de la población masculina alcanzaron un menor porcentaje de precisión vocal, con un 82,50 % y 77,70 % respectivamente, lo que sugiere que existen variaciones de habla en estas emisiones. No hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres respecto al IPA (Tabla 7).

En cuanto al índice de aprovechamiento de energía (IAE), que evalúa tanto la coincidencia entre armónicos con los formantes como las pérdidas de energía que se producen en el tracto vocal (Santi y cols, 2017). En esta investigación, se encontró que tanto en hombres como en mujeres los valores obtenidos estaban dentro de los valores de referencia (>20 %). De igual manera, Santi y cols, (2017) en su estudio mencionan que no hubo diferencias estadísticamente significativas antes y después de la aplicación de la técnica del masaje laríngeo en los valores del IAE en ninguna de las disfonías-músculo-tensionales (DMT) y los valores tomados dentro de esta investigación arrojaron resultados dentro de los valores de referencia. Por el contrario, en la investigación de Flórez, Girón, Villamarín & Sastoque (2016), en la cual, caracterizaron los indicadores de riesgo vocal de cantantes líricos en formación de la Universidad del Valle de la ciudad de Santiago de Cali, se identificó que las mujeres obtuvieron un menor porcentaje de IAE, situándose en los grupos 1 (0-

20%) y 2 (21-29%); ninguna superó el 30% de aprovechamiento. Respecto a los hombres, dos se situaron en el grupo 1 (0-20%) y tres un porcentaje mayor al 30%.

Los resultados obtenidos del análisis del IPI, IPA y IAE permitieron evidenciar que las voces del estudio se encontraban sin riesgo vocal, confirmando de esta manera los criterios de inclusión de esta investigación orientada a la caracterización de los fonemas vocálicos en voces pregrabadas de un grupo de adultos de la ciudad de Santiago de Cali, mediante el uso del software Anagraf.

Características espectrográficas de los fonemas vocálicos

Según Nuñez & Suarez (2016) la espectrografía se ha convertido en una técnica fácil y potencialmente útil gracias a la sustitución de los antiguos métodos analógicos por los nuevos métodos basados en la digitalización del sonido en ordenadores personales, lo cual, permite realizar el análisis en tiempo real en un entorno metodológico sencillo. No obstante, la utilidad clínica reposa principalmente en las modernas bases teóricas que correlacionan el análisis acústico con el comportamiento fisiológico, lo que garantiza la adecuada interpretación del espectrograma.

Olmedo (2018) usó la espectrografía para realizar un análisis práctico contrastivo de aquellos patrones significativos del habla no afectada por párkinson frente a los que aparecen en pacientes que presentan esta patología. Todo esto, con el fin de poder encontrar marcadores en espectrogramas que sirvan para establecer patrones comunes en esta enfermedad motora, añade que este análisis espectrográfico es relativamente reciente y su aplicación en el campo de las patologías del lenguaje puede ayudar a avanzar en la investigación y a detectar y mejorar los déficits que provocan algunas enfermedades en el habla y el lenguaje.

Por su parte, Bekerman (2017) utilizó esta herramienta para analizar si los índices de perturbación y la relación armónico-ruido mejoraron en pacientes que presentaron una buena evolución vocal y describió la utilidad del espectrograma de banda angosta, mencionando que existe una característica específica del espectrograma que permite “visibilizar” la voz y a través de esta se pueden observar características que se relacionan con la alteración vocal, tales como falta de armónicos, presencia de ruido o presencia de subarmónicos. Así pues, al crear un gráfico en el que se representan los armónicos y formantes en el espectro se convierte en un recurso de utilidad para la evaluación de los resultados terapéuticos.

En ese sentido, Rodríguez, Sastoke & Gómez (2019) usaron esta herramienta para valorar acústicamente el efecto de dos tipos de terapia vocal (mixta y directa) en personas con disfonía funcional empleando el IPI, uno de los índices del método del riesgo vocal. Expresaron que la terapia de voz no está fundamentada en la evidencia investigativa y los programas de rehabilitación se apoyan casi exclusivamente en los análisis perceptuales, además, encontraron pocas evaluaciones acústicas que reportaron medidas que no se han interrelacionado entre sí para determinar los grados de riesgo vocal en las distintas poblaciones con disfonía. Pérez, Fernández, & Oliva (2015) mencionaron que los análisis acústicos son objetivos y fiables y le dan mayor validez a la evaluación y a los resultados de la terapia, pues el contar con estos datos cuantitativos va a facilitar la comparación con resultados pre y pos-terapia, que permiten determinar los avances de la rehabilitación.

Adicionalmente, Droguett (2017) en su estudio señaló que el espectrograma es la representación más completa de cualquier tipo de vibración, ya que es posible observar en un mismo gráfico los armónicos, los formantes y el ruido de la señal de forma nítida. Concluyó que este tipo de análisis acústico es necesario en la terapia fonoaudiológica para cuantificar la efectividad del tratamiento de la voz y para usarlo como mecanismo de realimentación en tiempo real.

Aunado a esto, Cisternas & Díaz (2012), refieren en su estudio que los valores resultantes de este tipo de análisis acústico de la voz, cobra gran relevancia en el entrenamiento o terapia vocal, pues podrían ser utilizados para realizar una adecuada calibración de implantes cocleares en los pacientes con diagnóstico de hipoacusia, optimizando así, el acceso a las características acústicas de los fonemas vocálicos, logrando una realimentación auditiva satisfactoria que les permita escuchar y controlar su voz, para acceder a los sonidos del habla y comunicarse con sus interlocutores. Cabe resaltar que la efectividad de este proceso dependerá de la implantación precoz, así como el inicio temprano de la terapia auditiva, de manera que a través de esta adecuada habilitación auditiva los pacientes, especialmente los niños, puedan desarrollar habilidades más allá de la detección, como la discriminación, identificación, reconocimiento y comprensión auditiva.

Dicho esto, a la finura de la evaluación audiológica y del análisis foniátrico clínico subjetivo se debe sumar la evaluación instrumental digital objetiva, como el análisis acústico de la voz, pues esta línea de investigación permitirá consolidar los frutos de los campos audiológico y foniátrico, además, es preciso señalar que no basta con que un niño articule bien, sino que imprima a su lenguaje la carga afectiva que solo se logra con la modulación de la voz que lo envuelve, por esto, es necesario elaborar programas específicos de trabajo, sistematizar la grabación de voces, analizar las características de las transferencias analógico-digitales, proponer parámetros de normalidad, comprender sus variables y finalmente correlacionar el análisis subjetivo clínico con el estudio objetivo digitalizado para obtener de los resultados un significado integral (Berruecos & Hernández, 2014).

Por consiguiente, este estudio de exploración espectrográfica de los formantes permitió

conocer los valores de los fonemas vocálicos del español caleño, dado que son escasas las investigaciones relacionadas con voces de la población colombiana y menores aún de la población caleña. Así pues, las vocales desde el punto de vista fonético, se caracterizan por ser un grupo de sonidos musicales producidos por las vibraciones periódicas del aire laríngeo que pasa libremente a través de la cavidad bucal (Dubois et al, 1979 citado en Mora & Martínez 2015), así mismo, no cuentan con un punto localizado de articulación o una parte específica donde se concentre la tensión articulatoria, sino que se produce en una zona en la que interviene la masa de la lengua, por esto se habla de zonas de mayor o menor constricción (Mora & Martínez, 2015). De esta manera, es que cada vocal del español adquiere unas características determinadas, según estos autores dependiendo del desplazamiento de la lengua y la mayor o menor constricción de esta con respecto a otros articuladores como el paladar, se puede diferenciar estos fonemas entre sí. Teniendo en cuenta este criterio las vocales pueden ser anteriores, posteriores y centrales; altas, medias y bajas; redondeadas o no redondeadas.

Ahora bien, en los valores de los formantes de los fonemas vocálicos de este estudio no se evidenciaron diferencias significativas respecto a los demás estudios referidos (Tabla 9). No obstante, en el fonema /a/ en población femenina se encontró diferencias referentes a la media del F1, lo cual, indica una menor apertura oral en comparación con el estudio de Cisternas & Díaz (2012), así como, Navia, Chinchilla & Espinosa (2016). Dicho esto, la valoración espectrográfica se convierte en un aporte valioso para el fonoaudiólogo, pues la exploración de las vocales a través de la espectrografía proporciona información relacionada con la producción de los fonemas vocálicos, permitiendo plantear unos posibles valores de referencia que se podrán contrastar a futuro con voces que presenten alguna variación en el habla y así poder apoyar las decisiones clínicas y orientar el tratamiento terapéutico.

Tabla 9. Resumen estadístico descriptivo de los formantes de todos los fonemas vocálicos en los estudios encontrados

Fonemas vocálicos/Formantes/Sexo			Cisternas & Díaz (2012)	Navia, Chinchilla & Espinosa (2016)	Ramírez, Lasso, Murillo & Sastoque (2018)	Pantoja & Sastoque (2021)
/a/	F1	Hombre	812 Hz	763 Hz	719 Hz	732 Hz
		Mujer	697 Hz	930 Hz	909 Hz	802 Hz
	F2	Hombre	1332 Hz	1356 Hz	1180 Hz	1221 Hz
		Mujer	1597 Hz	1486 Hz	1272 Hz	1549 Hz
	F3	Hombre	2774 Hz	--	2815 Hz	2501 Hz
		Mujer	2994 Hz	--	3023 Hz	2824 Hz
	F4	Hombre	3986 Hz	--	3972 Hz	3643 Hz
		Mujer	4301 Hz	--	3921 Hz	4095 Hz
	F5	Hombre	--	--	--	5176 Hz
		Mujer	--	--	--	5076 Hz
/e/	F1	Hombre	474 Hz	441 Hz	--	458 Hz
		Mujer				

	Mujer	486 Hz	512 Hz	--	477 Hz
	F2 Hombre	2206 Hz	2126 Hz	--	1960 Hz
	Mujer	2557 Hz	2170 Hz		2357 Hz
	F3 Hombre	2926 Hz	--	--	2699 Hz
	Mujer	3365 Hz	--	--	2820 Hz
	F4 Hombre	3812 Hz	--	--	3636 Hz
	Mujer	4482 Hz	--	--	4243 Hz
	F5 Hombre	--	--	--	5086 Hz
	Mujer	--	--	--	5267 Hz
/i/	F1 Hombre	308 Hz	311 Hz	--	337 Hz
	Mujer	321 Hz	342 Hz	--	410 Hz
	F2 Hombre	2360 Hz	2398 Hz	--	2226 Hz
	Mujer	2684 Hz	2400 Hz	--	2497 Hz
	F3 Hombre	3125 Hz	--	--	3040 Hz
	Mujer	3568 Hz	--	--	3100 Hz
	F4 Hombre	3921 Hz	--	--	3676 Hz
	Mujer	4413 Hz	--	--	3880 Hz
	F5 Hombre	--	--	--	5336 Hz

	Mujer	--	--	--	5288 Hz
/o/	F1 Hombre	497 Hz	455 Hz	--	513 Hz
	Mujer	565 Hz	509 Hz	--	476 Hz
	F2 Hombre	1255 Hz	919 Hz	--	837 Hz
	Mujer	1608 Hz	1026 Hz	--	901 Hz
	F3 Hombre	2834 Hz	--	--	2720 Hz
	Mujer	3331 Hz	--	--	2806 Hz
	F4 Hombre	3852 Hz	--	--	3539 Hz
	Mujer	4360 Hz	--	--	3953 Hz
	F5 Hombre	--	--	--	5230 Hz
	Mujer	--	--	--	5022 Hz
/u/	F1 Hombre	392 Hz	346 Hz	--	403 Hz
	Mujer	420 Hz	383 Hz	--	377 Hz
	F2 Hombre	1341 Hz	801 Hz	--	772 Hz
	Mujer	1540 Hz	824 Hz	--	802 Hz
	F3 Hombre	2933 Hz	--	--	2773 Hz
	Mujer	3242 Hz	--	--	2808 Hz
	F4 Hombre	3934 Hz	--	--	3776 Hz

Mujer	4081 Hz	--	--	4004 Hz
F5 Hombre	--	--	--	5406 Hz
Mujer	--	--	--	4926 Hz

Fuente: Pantoja, M., & Sastoque, E. (2021).

Aunque este estudio contribuyó a la caracterización de los formantes vocálicos del español caleño, las conclusiones no se pueden generalizar para toda la población por la limitada muestra analizada, aun cuando ésta fue mayor que en los trabajos anteriores. No obstante, se convierte en un valioso aporte para el inicio del trabajo con las distintas poblaciones de Colombia, pues es un país bastante diverso en materia lingüística y cuenta con diversos acentos de acuerdo con las distintas regiones, para las cuales se podría replicar el estudio.

Una limitante de esta investigación fue la escasa información reportada en la literatura respecto a los valores espectrográficos de todos los formantes de los fonemas vocálicos, lo cual, no permitió realizar el contraste de todos los valores encontrados. Por otra parte, no fue considerada la medición de los formantes vocálicos en contextos lingüísticos, dicho aspecto se puede considerar en investigaciones futuras.

Conclusiones

- La herramienta del riesgo vocal del software Anagraf permitió evaluar las muestras de voz utilizadas en el estudio, a través, de los valores del IPI, IPA y IAE, y así definir si se encontraban sin riesgo vocal.
- El software Anagraf permitió establecer valores de referencia de los parámetros acústicos

estudiados, analizando objetivamente las muestras de voz obteniendo datos estadísticos fiables de los valores cuantitativos de la voz. Dichos parámetros, influyen en la articulación de los fonemas vocálicos dando una característica acústica propia de los hablantes del español caleño.

- No se evidenciaron diferencias significativas en los fonemas vocálicos en comparación con los otros estudios reportados. Sin embargo, la vocal /a/ indica que en población femenina referente a la media del F1, para el español caleño, hay una menor apertura oral en comparación con los estudios realizados en Santiago de Chile y Colombia.

Recomendaciones

Se proponen las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

- ✓ Usar el software Anagraf para mantener la compatibilidad de los datos y obtener valores de referencia.
- ✓ Hacer uso de los datos de esta investigación para realizar estudios comparativos con poblaciones específicas como las señaladas en los estudios referenciados por la literatura.
- ✓ Se recomienda realizar la medición de los formantes vocálicos en contextos lingüísticos para la población colombiana.

Referencias bibliográficas

1. Ramírez, C., Lasso, A., Murillo, I. (2018). Características espectrográficas en voces pregrabadas de un grupo de adultos jóvenes caleños con voz normal a través del software Anagraf. 2–66.
2. Eichhorn, J., Kent, R., Austin, D., & Vorperian, H. (2017). Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants in men and women. *Physiology & Behavior*, 1, 2–18. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
3. Navia, H., Rodríguez, D., & Espinosa, J. (2017). ORIGINAL RESEARCH ARTICLE ANÁLISIS DE FORMANTES VOCÁLICOS NORMALIZADOS Y NO-NORMALIZADOS PARA EL ESPAÑOL COLOMBIANO Normalize and Non-Normalize vowel formant analysis for colombian spanish. *Revista Signos Fónicos*, 2(3), 23–40.
4. Suemitsu, A., Dang, J., Ito, T., & Tiede, M. (2015). A real-time articulatory visual feedback approach with target presentation for second language pronunciation learning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(4), 382–387. <https://doi.org/10.1121/1.4931827>
5. Szalek, J. (2015). ¿Cómo adquirir con más facilidad la base de articulación española? Entre la teoría y la práctica. *Itinerarios: Revista de Estudios Lingüísticos, Literarios, Históricos y Antropológicos*, 22(22), 143–157.
6. González, J., Cervera, T., & Miralles, J. L. (2002). Análisis acústico de la voz: Fiabilidad de un conjunto de parámetros multidimensionales. *Acta Otorrinolaringologica española*, 53(4), 256–258. [https://doi.org/10.1016/s0001-6519\(02\)78309-x](https://doi.org/10.1016/s0001-6519(02)78309-x)
7. Droguett, Y. G. (2017). Aplicaciones clínicas del análisis acústico de la voz. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 77(4), 474–483. <https://doi.org/10.4067/s0718-48162017000400474>
8. Rátiva, M., & Escobar, A. (2011). Frecuencia fonemática del español de Colombia.

Forma y Función, 24(2), 1–16.

9. Berruecos-Villalobos, P., De, M., & Hernández, P. (2014). Análisis tomoacústico de la voz e implantación coclear. *Revista Mexicana de Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatría*, 3(3), 95–104.
10. Prado, A. do C. (2007). Principais características da produção vocal do deficiente auditivo. *Revista CEFAC*, 9(3), 404–410. <https://doi.org/10.1590/s1516-18462007000300014>
11. Pardo, N. (s.f.). Diversidad lingüística y tolerancia en Colombia. Gist: Revista Colombiana de Educación Bilingüe, 11–23.
12. Gray, M., & Courey, M. (2019). Transgender Voice and Communication. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 52(4), 713–722. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2019.03.007>
13. Carew, L., Dacakis, G., & Oates, J. (2007). The Effectiveness of Oral Resonance Therapy on the Perception of Femininity of Voice in Male-to-Female Transsexuals. *Journal of Voice*, 21(5), 591–603. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2006.05.005>
14. Bravo, X. (2013). Parámetros acústicos de la voz normal en una población de adultos jóvenes en Santiago de Cali. *Journal of Separation Science and Engineering*, 1–60. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>
15. Gurlekian, J. A., & Molina, N. (2012). Índice de perturbación, de precisión vocal y de grado de aprovechamiento de energía para la evaluación del riesgo vocal. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 32(4), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2012.03.007>.
16. Giovanni, A., Lagier, A., & Henrich, N. (2014). Fisiología de la fonación. *EMC - Otorrinolaringología*, 43(3), 1–16. [https://doi.org/10.1016/s1632-3475\(14\)68304-1](https://doi.org/10.1016/s1632-3475(14)68304-1)
17. Le Huche, F., & Allali, A. (2003). La voz. Masson. Retrieved from

https://books.google.com.co/books?id=DxxHtseXKAAC&dq=la+voz+le+huche&hl=es&source=gbs_navlinks_s

18. Zhang, Z. (2016). Mechanics of human voice production and control. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2614–2635.
<https://doi.org/10.1121/1.4964509>
19. Retuert, D. R., Olavarria, C. L., Frías, M. E., & Ovalle, R. A. (2017). Presbilaringe. Revisión de la literatura. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 77(4), 467–473. <https://doi.org/10.4067/s0718-48162017000400467>
20. Cobeta, I., Núñez, F., & Fernández, S. (2013). Patología de la voz. In *Medicine* (Vol. 1).
21. Jiménez, M. (2013). Exploración fonética, acústico-articulatoria, de las vocales del uitoto, dialecto nipode. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
22. Mora, E., & Martínez, H. (2015). Análisis acústico de los sonidos del español venezolano.
<http://bdigital.ula.ve/RediCiencia/busquedas/DocumentoRedi.jsp?file=33800&type=ArchivoDocumento&view=pdf&docu=27013&col=11>
23. INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION (IPA). (1999). Handbook of the international phonetic association: A guide to the use of the International Phonetic Alphabet. Cambridge, Reino Unido, University Press.
24. Rojas, D., & Palma, E. (2015). Análisis acústico de los sonidos del español venezolano.
<http://bdigital.ula.ve/RediCiencia/busquedas/DocumentoRedi.jsp?file=33800&type=ArchivoDocumento&view=pdf&docu=27013&col=11>
25. Elisei, N. (2012). Análisis acústico de la voz normal y patológica utilizando dos sistemas diferentes: Anagraf y Praat. *Electronic Green Journal*, 29(2), 339–357.
<https://doi.org/10.1177/0094306115599351f>

26. Zañartu, M. (2003). Aplicaciones del Análisis Acústico en los Estudios de la Voz Humana. *Seminario Internacional de Acústica*, 1–9.
27. Gurlekian, J., Evin, D., Torres, H., & Renato, A. (2010). Sistemas de análisis acústico y de reconocimiento automático en habla espontánea. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 14(2), 89–98.
28. Molina, D., & Vargas, J. (2017). *Análisis Acústico de la voz de estudiantes de la Escuela de Tecnología Médica, Cuenca 2016*. 63.
29. Cecconello, L. (2012) Aplicación del análisis acústico en la clínica vocal. Trabajando con Anagraf. Argentina. Editorial Akadia
30. Casado, J., & Adrián, J. (2002). *La evaluación clínica de la voz: fundamentos médicos y logopédicos*.
31. Jerez, R. (2015). Valoración de la calidad vocal en estudiantes de locución -estudio comparativo. In *Areté* (Vol. 15, Issue 1, pp. 99–106).
32. Núñez, F., & Suarez, C. (2016). *Espectrografía clínica de la Voz. J.*
33. Jackson-Menaldi, M.C.A. (2002). La voz patológica. Editorial Médica Panamericana.
https://books.google.com.co/books?id=75Fe3nAN_2QC&printsec=frontcover&dq=i+author:%22Mar%C3%ADa+Cristina+A.+Jackson-Menaldi%22&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi3vbGT47fuAhXjxlkKHR-NB14Q6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q&f=false.
34. Santi, M. A., Romano, A., Montenegro, S., & Gurlekian, A. (2017). *Técnica de masaje laríngeo: validación acústica mediante índices integrados. 1*, 71–88.
35. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
36. Resolución N° 8430 DE 1993. Ministerio de Salud de Colombia.
37. Sigal, L., & Gurlekian, J. (2014). *Aplicación de los índices de perturbación integrado y de precisión articulatoria en pacientes con disfonía espasmódica. 2*, 132–150.

38. Álvarez, M., Perna, O., & Feria, J. (2019). *Parámetros acústicos e índice de perturbación integrado de los docentes de la Universidad de Sucre, Colombia. 2015.*
39. Ortega, A., & Sastoque, M. (2019). *Relación entre el riesgo físico ruido, el índice de discapacidad vocal y el índice de perturbación vocal integrado en docentes de una Institución Educativa Pública de la Ciudad de Cali en el año 2019.*
40. Flórez, A., Girón, M., Villamarín, L., & Sastoque, M. (2016). *Indicadores de riesgo vocal de cantantes líricos en formación de una universidad pública en la ciudad de Santiago de Cali, 2015-2016.*
41. Olmedo, H. (2018). «Análisis espectrográfico del habla en pacientes afectados por párkinson para contribuir al diagnóstico» «Spectrographic speech analysis in patients affected by Parkinson's disease to contribute to diagnosis».
42. Bekerman, A. L. (2017). Uso del análisis acústico en el seguimiento de pacientes con patología vocal: estudio preliminar TT - Use of acoustic analysis in patients with voice pathologyfollow-up: a preliminary study TT - Uso da análise acústica no seguimento de pacientes compato. *Rev. Fed. Argent. Soc. Otorrinolaringol*, 24(3), 28–35.
<http://www.faso.org.ar/revistas/2017/3/5.pdf>
43. Rodríguez, A., Sastoque, M. E., & Gómez, C. (2019). Modificación del índice de perturbación vocal integrado mediante terapia de voz en personas con disfonía funcional en Santiago de Cali, Colombia. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 39(1), 20-26.
44. Cisternas, P. Díaz, S. (2012). *Características acústicas de las vocales producidas por sujetos de habla hispana, chilenos residentes en la ciudad de Santiago.* 1–114.

http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/1230/Cisternas_PF_Características acústicas de las vocales_2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y

45. Pérez, H., Fernández, R., & Oliva, C. (2015). Valores normativos para el programa de análisis acústico del habla Motor Speech Profile en hablantes de español de Chile. *Revista Chilena de Fonoaudiología*, 14(0), 4–14. <https://doi.org/10.5354/0719-4692.2015.37608>

Anexos

Anexo 1: Formato consentimiento informado proyecto: “Parámetros acústicos de la voz normal de una población de adultos jóvenes colombianos”



FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA VOZ NORMAL DE UNA POBLACIÓN DE ADULTOS JÓVENES COLOMBIANOS

Investigador principal

Nombre María Esperanza Sastoque Hernández
Cédula 66.704.810 de Candelaria (V) **Teléfono**

5185658 - 59

E-mail espsastoque@yahoo.com

Co- Investigador

Nombre Ximena Bravo Garcés

Cédula 1143826911 de Cali

Teléfono 5185658 - 59

E-mail xbravo_garces@hotmail.com

Actualmente se está llevando a cabo la investigación “***Parámetros acústicos de la voz normal de una población de adultos jóvenes colombianos***”, por parte del Servicio de Rehabilitación Integral – SERH, de la Escuela de Rehabilitación, bajo la coordinación de la profesora María Esperanza Sastoque Hernández. El objetivo del estudio es describir los parámetros acústicos de la voz normal de un grupo de adultos colombianos, a través de la evaluación objetiva con el software ANAGRAF.

Se ha informado que se requiere la participación de 60 personas adultas (30 mujeres y 30 hombres) entre los 20 y los 40 años, en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2012.

La participación en la investigación implica que cada sujeto asista a una sola cita en las instalaciones de la Unidad de Servicios de Rehabilitación Integral - SERH, Laboratorio de Análisis acústico de voz en el Edificio Idelac de la Universidad del Valle, sede San Fernando. La evaluación tendrá una duración aproximada de 30 minutos, en ella se debe proporcionar información personal (nombre, edad, fecha de nacimiento) y de algunos hábitos y conductas relacionadas con el cuidado de su voz. Se llevará a cabo la lectura de un texto corto, la producción

de vocales y ejercicios básicos de respiración. Además, se realizará una prueba rápida y de corta duración que consiste en emitir las vocales durante el tiempo que la respiración posibilite hacerlo, cuyo registro se realizará en un computador mediante un software llamado ANAGRAF, el cual realiza un análisis acústico de la voz.

La responsabilidad de los participantes en esta investigación consiste en asistir puntualmente a la cita establecida y proporcionar información veraz. La participación en este estudio no implica ningún riesgo de tipo biológico, físico, químico, social, psicológico ni legal y se garantiza que habrá total confidencialidad y no se publicará la identidad de los participantes. La información recolectada en la investigación podrá ser utilizada en futuras investigaciones con fines académicos e investigativos en otros estudios, previa aprobación de los comités de ética que avalan esta investigación.

Como beneficio por participar en este proyecto, los participantes obtendrán la identificación del estado de su voz y su ingreso a un Programa de Higiene vocal, implementado por la Escuela de Rehabilitación Humana. Los resultados arrojados por la prueba servirán como datos de control de su salud vocal.

La cooperación en esta investigación no generará ningún costo ni retribución monetaria alguna para los participantes.

El participante del estudio tendrá una copia de este consentimiento informado, su participación podría terminarse si se presenta un retiro voluntario o si para el momento de la citación presenta alguna enfermedad que esté alterando su voz, como gripa, asma, bronquitis, laringitis o TBC pulmonar, lo cual será determinado por los evaluadores.

Finalmente, se ha informado que existe el derecho a conocer la información nueva que resulte de la investigación.

En caso de tener alguna inquietud o queja puede comunicarse con la profesora María Esperanza Sastoque (investigadora principal) al teléfono 315 580 10 83 o con el Comité de Ética Humana CIREH al teléfono 518 56 77.

Yo declaro y manifiesto que me han explicado el propósito de este trabajo de investigación, notifico que participaré libre y voluntariamente en el presente y que los investigadores me han dado la oportunidad de preguntar y resolver todas mis dudas frente a esta investigación.

Para su constancia firmo ante dos testigos en la ciudad de Santiago de Cali, el día _____ del mes de 2012.

Participante. Investigador

C.C. C.C.

Testigo 1 Testigo 2

C.C. C.C.

Anexo 2: Formato consentimiento informado proyecto: “Relación entre el diagnóstico morfofuncional de la laringe y los parámetros acústicos de la voz, en un grupo de pacientes que asisten al servicio de estroboscopia de una clínica de la ciudad de Cali.



Relación entre el diagnóstico morfo-funcional de la laringe y los parámetros acústicos de la voz, en un grupo de pacientes que asisten al servicio de estroboscopia de una clínica de la ciudad de Cali.



Actualmente se está llevando a cabo la investigación “***Relación entre el diagnóstico morfo-funcional de la laringe y los parámetros acústicos de la voz en un grupo de pacientes que asisten al servicio de estroboscopia de una clínica de la ciudad de Cali***”, por parte del Grupo de investigación Teblami y el Servicio de Rehabilitación Integral – SERH, de la Escuela de Rehabilitación, bajo la coordinación de la profesora María Esperanza Sastoque Hernández. El objetivo del estudio es establecer la relación entre el diagnóstico funcional de la laringe y las medidas acústicas de la voz en pacientes que asisten al servicio de estroboscopia del Centro Médico Imbanaco de la Ciudad de Cali, y que estén interesados en participar en la investigación.

Para este estudio se requiere la participación de 41 personas adultas entre los 20 y los 60 años, en los meses de noviembre del año 2013 a febrero del 2014. La participación en la investigación implica que cada persona permita el acceso de la investigadora al resultado de la Videostroboscopia laríngea realizada en el Centro Médico Imbanaco y asista a una sola cita para evaluación de la voz en las instalaciones de la Unidad de Servicios de Rehabilitación Integral - SERH, Laboratorio de Análisis acústico de voz en el Edificio Idelac de la Universidad del Valle, sede San Fernando.

La evaluación tendrá una duración aproximada de 30 minutos, en ella se debe proporcionar información con fines estadísticos tales como sexo, edad, fecha de nacimiento, hábitos y conductas relacionadas con el cuidado de su voz. Esta información será guardada bajo un código y no con nombre propio para mantener la confidencialidad. Para la evaluación se llevará a cabo la repetición de una frase corta y la producción de vocales, registros que serán analizados en un computador.

El compromiso de los participantes en esta investigación consiste en asistir puntualmente a la cita establecida y proporcionar información veraz. La participación en este estudio no implica ningún riesgo de tipo biológico, físico, químico, social, psicológico ni legal y se garantiza que habrá total confidencialidad y no se publicará la identidad de los participantes. La información recolectada en la investigación podrá ser utilizada en futuras investigaciones con fines académicos e investigativos en otros estudios, previa aprobación de los comités de ética que avalan esta investigación.

Como beneficio por participar en este proyecto, los participantes obtendrán la identificación del estado de su voz y la prueba de Análisis acústico de la voz de manera gratuita. Los resultados arrojados por la prueba servirán como datos de control de su salud vocal. La cooperación en esta investigación no generará ningún costo ni retribución monetaria alguna para los participantes.

Al participante del estudio se le entregará una copia de este consentimiento informado, aclarando que su participación podría terminarse si se presenta un retiro voluntario o si para el momento de la citación presenta alguna enfermedad que esté alterando su voz, como gripa, asma, bronquitis, laringitis o TBC pulmonar, lo cual será determinado por la investigadora principal. Finalmente, se le comunica que existe el derecho a conocer la información nueva

que resulte de la investigación.

En caso de tener alguna inquietud o duda puede comunicarse con la profesora María Esperanza Sastoque (investigadora principal) al teléfono 5586196 o con el Comité de Ética Humana CIREH al teléfono 518 56 77.

Yo declaro y manifiesto que me han explicado el propósito de este trabajo de investigación, notifico que participaré libre y voluntariamente y que los investigadores me han dado la oportunidad de preguntar y resolver todas mis dudas frente a esta investigación.

Para su constancia firmo ante dos testigos en la ciudad de Santiago de Cali, el día_del mes de 2013.

Participante. Investigador

C.C. C.C.

Testigo 1 Testigo 2

C.C. C.C.

Investigador principal

Nombre María Esperanza Sastoque Hernández

Cédula 66.704.810 de Candelaria (V) **Teléfono**
5586196

E-mail espsastoque@yahoo.com