

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



TÍTULO DE LA TESIS:

**“ANÁLISIS CEPSTRAL VOCAL EN POBLACIÓN MEXICANA ADULTA
CON VOZ NORMAL Y DISFÓNICOS CON PATOLOGÍA BENIGNA Y
MALIGNA DE LARINGE”**

POR

DR. LUIS ÁNGEL GARZA MONTELONGO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN OTORRINOLARINGOLOGÍA Y CIRUGÍA DE CABEZA Y
CUELLO**

SEPTIEMBRE 2024

**“ANÁLISIS CEPSTRAL VOCAL EN POBLACIÓN MEXICANA ADULTA
CON VOZ NORMAL Y DISFÓNICOS CON PATOLOGÍA BENIGNA Y
MALIGNA DE LARINGE”**

Aprobación de la tesis OT24-00003:



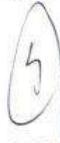
Dr. José Rosmal Cortés Ponce
Director de Tesis



Dra. Josefina Alejandra Morales del Ángel
Coordinadora de Enseñanza



Dr. José Rosmal Cortés Ponce
Coordinador de Investigación



Dr. José Luis Treviño González
Jefe de Servicio o Departamento



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mi amor y compañera de vida, por siempre creer en mi y ser mi motivación para ser mejor cada día. A mi familia, por su apoyo incondicional y comprensión a lo largo de todos estos años de sacrificio. A mis maestros por su paciencia y por enseñarme todo lo que sé. Gracias a cada uno de ustedes todo esto es posible.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I	Página
1. RESUMEN	4
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN	8
Capítulo III	
3. MARCO TEÓRICO	12
Capítulo IV	
4. JUSTIFICACIÓN	20
Capítulo V	
5. HIPÓTESIS	25
Capítulo VI	
6. OBJETIVOS	30
Capítulo VII	
7. MATERIAL Y MÉTODOS	34
Capítulo VIII	
8. RESULTADOS	39
Capítulo IX	
9. DISCUSIÓN	42
Capítulo X	

10. CONCLUSIÓN.....	42
CAPÍTULO XI	
11. ANEXOS	
11.1 Cuestionarios	46
Capítulo XII	
10.BIBLIOGRAFÍA	50

LISTA DE ABREVIATURAS

F θ : Frecuencia fundamental

CPPS: Prominencia de Pico Cepstral Suavizado

CPP: Prominencia de Pico Cepstral

NHR: Relación Ruido-Armónicos

VHI-30: Índice de de Discapacidad Vocal

μ s: Microsegundo

CAPÍTULO I

RESUMEN

Título: Análisis cepstral vocal en población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe

Objetivo: Determinar el valor promedio del CPPS en el habla continua y sostenida en población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

Material y métodos: Se realizó un análisis de la vocal sostenida y habla conectada con el programa Praat para la obtención de la Prominencia del Pico Cepstral Suavizado (CPPS) en 51 pacientes disfónicos con patología laríngea y 24 pacientes con voz normal sin patología laríngea. Además, se recabaron variables de la perturbación de la frecuencia: *shimmer*, *jitter* y Relación Ruido-Armónico (NHR) y se evaluó el impacto en la calidad de vida mediante la herramienta Voice Handicap Index de 30-items (VHI-30).

Resultados: Se encontró un valor promedio de CPPS significativamente menor en pacientes con patología laríngea tanto en la vocal sostenida (6.59, IQR 4.09-9.38 $p < 0.001$) como en el habla conectada (4.82 IQR 3.57-6.03, $p < 0.001$) comparado con aquellos sin desórdenes vocales (vocal sostenida 11.69 IQR 9.26-12.81, $p < 0.001$, habla conectada 6.38 IQR 0.90-7.09, $p < 0.001$).

Conclusiones: Un valor bajo de CPPS es un predictor fiable de patología laríngea subyacente a una voz disfónica, por lo cual, se puede considerar su uso rutinario en el tamizaje y abordaje diagnóstico del paciente con patología vocal.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN

La laringe humana tiene tres funciones principales: la protección de las vías respiratorias, fijación de la cavidad torácica y la fonación. La voz humana es producto de la vibración de las cuerdas vocales y es modificada por el flujo espiratorio de aire y subunidades de la vía aérea superior que realizan funciones resonadoras. Entre sus características a estudiar se encuentran el tono, volumen o calidad vocal (1).

La evaluación de la voz en la práctica clínica consta de una evaluación multidisciplinaria y multidimensional, que incluye una historia clínica exhaustiva, examen auditivo perceptual, análisis estructural por laringoscopia indirecta, evaluación aerodinámica, autoevaluación del paciente y un análisis acústico vocal cualitativo y cuantitativo(2)(3).

A pesar de que el examen auditivo perceptual es el estándar diagnóstico de disfonía, está sujeto al contexto emocional, social y fisiológico del paciente y a la apreciación subjetiva y experiencia del examinador, pudiendo existir una alta variabilidad inter observador (4).

El análisis acústico vocal otorga un valor objetivo y medible a cada uno de los variables de la voz, como la frecuencia fundamental, amplitud (shimmer), frecuencia (jitter) y relación ruido-armonía (5). Sin embargo, en paciente severamente disfónicos donde la variabilidad entre ciclos glóticos es alta y

existen alteraciones en la intensidad vocal, el uso del análisis acústico convencional es poco fiable como predictor de disfonía. La transformación logarítmica del espectro vocal (cepstrum), permite capturar la señal sin depender de la técnica de grabación, frecuencia o intensidad vocal. El CPPS es una variable del análisis cepstral que sirve como un predictor fiable de disfonía, siendo éste directamente proporcional con la severidad de esta (6).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

La prevalencia de desórdenes vocales (disfonías) a lo largo de la vida en la población general es tan alta como hasta el 50%(7).

La evaluación clínica de la voz implica un enfoque multidimensional, que incluye una batería de medidas instrumentales y no instrumentales, entre las cuales se incluyen: 1) una anamnesis detallada para identificar los factores de riesgo y los síntomas asociados, 2) un análisis auditivo-perceptual para identificar la presencia, tipo e intensidad del trastorno vocal, 3) una evaluación acústica cuantitativa y cualitativa de la señal de voz, 4) una evaluación aerodinámica sobre el control del flujo de aire para la fonación, 5) una autoevaluación vocal con instrumentos validados y 6) un examen visual estructural y funcional de la laringe(8) .

El examen visual por laringoscopia indirecta y análisis auditivo-perceptual son los métodos más utilizados en la práctica clínica, siendo este último considerado como *gold standard* para determinar la presencia o ausencia de disfonía, es decir, se considera que una voz está dentro de los límites normales cuando cumple con las expectativas del evaluador respecto a calidad, tono y volumen según sexo, edad y morfología del paciente(9). Sin embargo, el análisis auditivo-perceptual de la voz está sujeto a la subjetividad ya que depende de la experiencia, familiaridad, interpretación auditiva y escala utilizada por el examinador, por lo cual conduce a variabilidad inter e intra-observador y, por consiguiente, errores(10).

Entre los instrumentos de autoevaluación vocal y su impacto en calidad de vida, el más utilizado es el Índice de Discapacidad Vocal. Desarrollado por Jacobson et al para cuantificar el impacto percibido por un sujeto afectado por un desorden vocal en los ámbitos de la propia función, capacidad física relacionada con ella y en trastornos emocionales que provoca la disfonía. Sin embargo, se ha observado falta de correlación de este instrumento con parámetros objetivos de la voz(11).

El análisis acústico vocal tiene la ventaja de: 1) ser un método no invasivo, 2) reproducibilidad (el algoritmo realiza el análisis de la misma forma), 3) bajo costo y 4) ser objetivo y cuantitativo por lo que se puede documentar. Los 2 tipos de muestras de voz a evaluar en el análisis acústico son: la fonación de una vocal sostenida y el habla continua. El muestreo de habla continua tiene la ventaja de evaluar diversos estilos de voz y sonidos que son más representativos de la voz del paciente, mientras que las vocales sostenidas evocan una fonación controlada y estable pero menos natural (12).

La unidad principal de la señal vocal en el análisis acústico es la onda sinusoidal, la cual tiene frecuencia (número de ciclos que realiza la onda por segundo) y amplitud (magnitud de la deflexión de la onda), variando ésta última proporcionalmente con la intensidad. La frecuencia de la onda se correlaciona con el tono. Si se grafican las amplitudes de las ondas en función de la frecuencia, se produce un espectro vocal(13). Una señal que tiene una frecuencia

constante e invariable se denomina como periódica. Si la frecuencia varía con el tiempo de forma inconsistente, se dice que la señal es aperiódica. (14)

Entre los parámetros acústicos a evaluar, las medidas más comunes que reflejan perturbaciones en la calidad de la voz son los parámetros basados en el tiempo como el jitter (perturbación de la frecuencia), shimmer (perturbación de la amplitud) además de la relación armonía-ruido (representa la relación de energía promedio de los componentes armónicos a los componentes no armónicos). Sin embargo, estos parámetros son predictores poco fiables de disfonía ya que requieren una identificación precisa de los ciclos en la estimación de la frecuencia para su análisis, siendo no aplicables a voces gravemente disfónicas con alta aperiodicidad. Además, se ha cuestionado la confiabilidad de las medidas de la calidad de la voz basadas en el tiempo en su aplicación al habla continua, debido a la presencia de fonemas mudos, cambios en la articulación, tono y variaciones prosódicas(7,15,16). Por lo tanto, es posible que el análisis acústico utilizando únicamente vocales sostenidas no evalúe la calidad real de la voz de los pacientes en la vida diaria.

Para sobreponerse a las limitaciones del análisis acústico convencional, se han desarrollado mediciones acústicas no dependientes de frecuencias, entre las que destacan aquellas variables derivadas del cepstrum(10,17). El cepstrum es la transformación inversa del logaritmo de la potencia espectral de la señal. El análisis cepstral es una medida del análisis acústico para cuantificar la frecuencia fundamental a partir del componente armónico de un sonido.

En el cepstrum, la “frecuencia” de cada componente de onda del espectro se denomina “quefrecy” (frecuencia de aparición de la frecuencia en el espectro vocal). Estas frecuencias uniformemente espaciadas con picos de amplitud más pequeña en el cepstrum se denominan ramónicos, que son similares a los “armónicos” en el espectro. El pico con mayor amplitud es el pico cepstral. Cuando se traza una línea de regresión lineal que representa la energía sonora promedio a través del cepstrum, la distancia desde el pico cepstral hasta esta línea de regresión lineal se denomina prominencia del pico cepstral (CPP), medido en decibeles(11,18). La prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) es una modificación al CPP la cual consta de promediar la magnitud cepstral a través de las frecuencias y el tiempo, estando fuertemente correlacionada con la gravedad general de la disfonía(7,9).

Introducido por Hillenbrand y Houde (1996), el CPPS ha probado ser un parámetro fiable y válido para evaluar la calidad global de la voz(19). Diversos estudios han demostrado que la obtención del CPPS puede diferenciar a los hablantes no disfónicos de los disfónicos con alta sensibilidad y especificidad; siendo el sistema Praat (Boersma & Weenink, 2018), sistema ADSV (PENTAX Medical) y el algoritmo de Hillenbrand & Houde los principales algoritmos utilizados para la obtención de este(20).

La utilidad del análisis cepstral se basa en el hecho de que cuanto más periódica es la señal de voz, más definida es la configuración armoniosa en el espectro y, en consecuencia, más prominente es el pico cepstral. Como resultado, los valores altos en el CPP y CPPS están asociados con voces de mejor calidad

(más periódicas) y los valores bajos están asociados con las voces de peor calidad (más aperiódicas)(21–23).

CAPÍTULO IV

JUSTIFICACIÓN

La probabilidad de padecer un trastorno vocal a lo largo de la vida puede ser tan alta como del 50%. Por tal motivo, la valoración objetiva de la calidad vocal es una parte esencial del proceso de valoración de la disfonía en una consulta de voz. La falta de estandarización del uso de pruebas objetivas para cuantificar la severidad de una voz disfónica, implica la dependencia de la valoración del examinador y, por tanto, conduce a una alta variabilidad interobservador y por consecuencia, errores u omisiones en el diagnóstico.

La determinación de variables derivadas del cepstrum, como el CPPS, se pueden utilizar como como una herramienta para monitorizar la respuesta clínica a diferentes tratamientos, no sólo en base a una evaluación subjetiva, sino también en función de una prueba objetiva y reproducible.

A nuestro conocimiento, en nuestro país no existen estudios que reporten el uso de análisis cepstral vocal en adultos con trastornos de la voz asociados con patología benigna y maligna de laringe.

CAPÍTULO V

HIPÓTESIS

Hipótesis alterna: Existe diferencia en el valor de la prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) en la población adulta mexicana con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

Hipótesis nula: No existe diferencia en el valor de la prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) en la población adulta mexicana con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

CAPÍTULO VI

OBJETIVOS

Objetivo principal: Determinar el valor promedio del CPPS en el habla continua y sostenida en población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

Objetivos secundarios

1. Describir las características sociodemográficas en la población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.
2. Reportar el valor de la F_0 , así como de los parámetros de perturbación de la frecuencia (tono, shimmer, jitter y en la relación armonía-ruido en población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.
3. Reportar el impacto en calidad de vida secundario a desórdenes vocales mediante el uso del Índice de Discapacidad Vocal-30 en población mexicana adulta con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

CAPÍTULO VII

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos de estudio

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo, comparativo y analítico. Se reclutaron 51 pacientes adultos mayores de 18 años hispanohablantes de ambos sexos de nacionalidad mexicana evaluados en la consulta de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” en el período comprendido entre junio a septiembre 2024, evaluados en la consulta por disfonía secundaria a patología benigna y maligna de laringe. Además, se reclutaron 24 pacientes adultos mayores de 18 años hispanohablantes de ambos sexos de nacionalidad mexicana con sin alteraciones vocales. Pacientes menores de 18 años o con diagnóstico de rinosinusitis, poliposis nasal, tumoraciones de cabeza y cuello (a excepción de cáncer de laringe), malformaciones craneofaciales, hipertrofia adenoamigdalina, insuficiencia velopalatina, portadores de traqueostomía, postoperados de laringectomía o cualquier patología extrínseca que cause alteraciones vocales, fueron excluidos del estudio.

Encuesta

Se realizó una evaluación de la autopercepción vocal por medio VHI-30 en su versión validada al español, herramienta con la cual se pretende reportar el impacto en la calidad de vida secundario al trastorno de voz, en sus ámbitos funcional, físico y emocional (Ver Anexo 1).

Toma y evaluación del análisis acústico de voz

Previa explicación del procedimiento y obtención de consentimiento informado verbal del paciente para la participación en el estudio, se realizó el análisis acústico de la voz en una habitación cerrada y silenciosa, con el paciente sentado. Las grabaciones se realizaron utilizando un micrófono profesional de condensador (MIC-650, electrónica Steren S.A. de C.V, Ciudad de México) a 10 c.m. de distancia colocado en ángulo recto y conectado directamente a un computador. Se utilizó para el análisis vocal el sistema Praat en su versión 6.2.09 (Feb 15, 2022).

Se solicitó al paciente fonación de la vocal sostenida /a/ durante 6 segundos. Posteriormente se evaluó el habla continua, por medio de la vocalización de 4 frases aleatorias, de las 10 presentes en el "Spanish matrix sentence test", material validado el cual representa adecuadamente la distribución de fonemas en el idioma español(24).

Se obtuvieron los valores del CPPS tanto de la voz sostenida como de la voz continua. Para el cálculo de CPPS se utilizó la siguiente configuración: Sound [vocal o frases]→ analyse periodicity → PowerCepstrogram [Pitch floor = 60 Hz; Time step = 0,002 s; maximum frequency = 5.000 Hz; pre-emphasis= 50 Hz] → Query → Get CPPS. . . [subtract tilt before smoothing = no; time averaging window = 0,01 s; quefrequency averaging window = 0,001 s; peak search pitch range = 60-330 Hz; tolerance (0-1) = 0,05; interpolation = parabolic; tilt line quefrequency range = 0,001-0,0 s; line type = straight; fit method = robust].

Además, se obtuvieron los parámetros basados en la frecuencia: Frecuencia fundamental, intensidad vocal, shimmer, jitter y ratio armonía-ruido, en el habla sostenida, así como del habla continua. Para el cálculo de estos parámetros se utilizó la siguiente configuración: Sound [vocal o frases]→ View & Edit → Show Pitch – Intensity → Pulse → Voice report.

Se agregaron todas las variables sociodemográficas y del análisis de voz en la base de datos para la cual se utilizó el programa Excel de Microsoft Office v.2010 con todas las variables en un formato numérico.

Variables

Las variables estudiadas incluyeron:

- Número de identificación.
- Datos demográficos: edad en años, sexo masculino o femenino, empleo.
- Antecedentes personales no patológicos: índice de tabaquismo, consumo de alcohol, toxicomanías.
- Antecedentes personales patológicos
- Puntuación en Índice de discapacidad vocal
- Frecuencia fundamental: frecuencia de la vibración vocal durante la fonación, calculada del total de número de ciclos por segundo (Hz).
- Prominencia de pico cepstral suavizado (CPPS): Promedio de la magnitud cepstral a través de las frecuencias y el tiempo.

- Jitter: variación de frecuencia fundamental entre ciclos glóticos.
- Shimmer: variación de amplitud entre ciclo y ciclo glótico.
- Ratio Armonía/Ruido: promedio entre los componentes de sonido no armónico y los componentes de sonido armónico.

Cálculo de tamaño de muestra

Se utilizó una fórmula de estimación de media en dos poblaciones, con el objetivo primario de: Evaluar si existe diferencia en el análisis cepstral de la voz (CPPS) entre adultos con voz normal y disfónicos con patología benigna y maligna de laringe.

Esperando una media del CPPS en adultos con voz normal del 14.9, con una desviación estándar de 1.81, y media del CPPS de pacientes con patología benigna y maligna de laringe de 11.52 con una desviación estándar de 2.52, esperando una significancia bilateral del 0.01, y un poder del 95%, se necesitan por lo mínimo 15 sujetos de estudio por grupo.

Los parámetros fueron establecidos en base a esta referencia: Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Cepstral analysis of normal and pathological voice in Spanish adults. Smoothed cepstral peak prominence in sustained vowels versus connected speech. Acta Otorrinolaringol Esp [Internet]. 2018;69(3):134–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.otorri.2017.05.006>

Confidencialidad y ética

En cuanto a las consideraciones éticas, al ser un estudio que no daña la integridad moral o física del paciente, se solicitó el consentimiento informado verbal para su participación. Los procedimientos propuestos estaban de acuerdo con las normas éticas, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y la Declaración de Helsinki de 1975 y enmendada en 1989, y códigos y normas internacionales vigentes de las buenas prácticas de la investigación clínica.

El estudio fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética y de Investigación del Hospital Universitario "Dr. José E. González".

Análisis estadístico

En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables cuantitativas se reportaron medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil), previa valoración de la distribución de las variables por medio de la prueba de Kolmogórov-Smirnov o Shapiro Wilk. Se compararon variables categóricas por medio de la prueba de Chi cuadrado de Pearson o test exacto de Fisher. Para las variables cuantitativas se compararon grupos por medio de la prueba de T-student y/o U de Mann Whitney para grupos independientes. Se realizó una regresión logística binaria para determinar factores de riesgo incluyendo variables independientes que salgan significativas en el análisis bivariado. Se realizaron correlaciones de Pearson o Spearman en base a si las variables independientes numéricas tienen distribución paramétrica o no paramétrica. Un valor de p mayor o igual a .05 o un intervalo de confianza mayor

a 95% se tomó como punto de corte para la significancia estadística. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el paquete estadístico SPSS versión 25 (IBM, Armonk, NY, USA).

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS

Se evaluó un total de 75 pacientes con un rango de edad de 22 a 92 años. Se asignaron 51 pacientes con patología laríngea al grupo de estudio (47.1% hombres, n = 24 y 52.9% mujeres, n = 27) y 24 pacientes sin alteraciones vocales en el grupo control (54.2% hombres, n = 13 y 45.8% mujeres, n = 11). La mediana de edad en el grupo de estudio fue de 53 años (IQR 40-64) y de 27 años (IQR 24-33.5) en el grupo control.

TABLA 1.

Diagnóstico de sujetos de estudio	n
Reflujo faringolaríngeo	10
Carcinoma laríngeo	9
Parálisis cordal unilateral	10
Parálisis cordal bilateral	2
Disfonía tensional	4
Pólipo cordal	5
Nódulos cordales	5
Papilomas cordales	3
Tuberculosis laríngea	2
Edema de Reinke	1
Controles	24

Se registraron una media de puntajes significativamente mayores en el VHI-30 en pacientes del grupo de estudio (59 puntos, $p < 0.001$) en comparación al grupo control (1 punto, $p < 0.001$).

Al evaluar la vocal sostenida /a/ en el análisis acústico, se obtuvieron valores de CPPS significativamente menores en el grupo de estudio en comparación al

grupo control (6.59 vs 11.69, $p < 0.001$). Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de *shimmer* (15.9% vs 7.6%, $p < 0.001$), *jitter* (92.71 μ s vs 19.8 μ s $p < 0.001$), NHR (0.2 vs 0.05, $p < 0.001$), quiebres de voz (3.6% vs 0%, $p < 0.001$) e intensidad vocal (60.9 dB vs 57.3 dB, $p=0.012$) entre el grupo de estudio y el grupo control. No se encontraron diferencias en la frecuencia fundamental (152.2 Hz vs 148.2 Hz, $p=0.95$) entre ambos grupos.

TABLA 2.
Valores de mediana y rangos intercuartiles (IQR) en el análisis de la vocal sostenida entre sujetos disfónicos y controles

Variable	Disfónicos (n=51)	Controles (n=24)	p
CPPS dB	6.59 (4.09-9.38)	11.69 (9.26-12.81)	<0.001
Intensidad dB	60.9 (58.5-64)	57.3 (55-62.5)	0.012
Frecuencia fundamental Hz	152.2 (126.8-199.5)	148.2 (112.6-163.2)	0.95
Tono (Mediana) Hz	154.3 (126.9-204.2)	139.5 (103.4-171.1)	0.063
Tono (Promedio) Hz	148.1 (126.8-199.1)	148.1 (112.6-163.2)	0.126
Tono (DS) Hz	18.77 (4.59 - 47.48)	1.39 (0.77 - 18.94)	<.0001
Tono (Valor mínimo) Hz	96.95 (78.85 - 118.95)	110.59 (87.49 - 145.99)	0.08
Tono (Valor máximo) Hz	213.8 (162.9-326.1)	151.5 (116.6-208.9)	<0.001
Fracción de cuadros sin señal %	6.1 (2.3-29.2)	0 (0-0)	<0.001
Quiebres de voz %	3.6 (0.2-21.1)	0 (0-0.2)	<0.001
Jitter (local) %	1.2 (0.6-3.2)	0.2 (0.2-0.6)	<0.001
Jitter (local absolute) μ s	92.71 (36.9 - 169.83)	19.98(15.75 - 60.31)	<.0001
Jitter (rap) %	0.6 (0.3-1.8)	0.1 (0.1-0.3)	<0.001
Jitter (ppq5) %	0.7 (0.3-1.8)	0.1 (0.1-0.3)	<0.001
Jitter (ddp) %	2.0 (0.9-5.5)	0.4 (0.3-1.0)	<0.001
Shimmer (local) %	15.9 (11.8-18.2)	7.6 (6.5-13.1)	<0.001
Shimmer (local, dB)	1.4 (1.1-1.6)	0.6 (0.6-1.1)	<0.001
Shimmer (apq3) %	8.1 (5.9-9.4)	4.0 (3.4-7.0)	<0.001
Shimmer (apq5) %	9.6 (7.1-11.4)	4.8 (3.8-8.4)	<0.001
Shimmer (apq11) %	11.8(9.9-13.9)	.6 (4.9-9.2)	<0.001
Shimmer (dda) %	23.8 (17.6-28.2)	12.0 (10.3-21.1)	<0.001
Autocorrelación (Promedio)	0.8 (0.7-0.9)	0.9 (0.8-0.9)	<0.001
Relación Ruido-Armónico dB	0.2 (0.1-0.4)	0.05 (0.02-0.1)	<0.001
Relación Armónico-Ruido dB	7.58 (4.51 - 11.34)	13.67 (9.6 - 16.6)	<.0001

Al evaluar el habla conectada en el análisis acústico, se obtuvieron valores de CPPS significativamente menores en el grupo de estudio en comparación al

grupo control (4.82 vs 6.38, $p < 0.001$). Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de *shimmer* (18% vs 16.9%, $p=0.008$), *jitter* (204.67 μ s vs 134.99 μ s, $p=0.003$) e intensidad vocal (61.9 dB vs 58.6 dB, $p < 0.001$) entre el grupo de estudio y el grupo control. No se encontraron diferencias en la frecuencia fundamental (179.1 Hz vs 152.5 Hz, $p=0.07$), NHR (0.3 vs 0.2, $p=0.052$) o quiebres de voz (10 vs 7.5, $p=0.058$) entre ambos grupos.

TABLA 3.
Valores de mediana y rangos intercuartiles (IQR) en el análisis del habla conectada entre sujetos disfónicos y controles

Variable	Disfónicos (n=51)	Controles (n=24)	p
CPPS dB	4.82 (3.57-6.03)	6.38 (0.90-7.09)	<0.001
Intensidad dB	61.9 (59.1-64.9)	58.6 (55.2-62.0)	0.001
Frecuencia fundamental Hz	179.1 (147.6-212.6)	152.5 (126.4-194.2)	0.07
Tono (Mediana) Hz	184.53 (136.9 - 213.88)	153.5 (125.59 - 190.26)	0.107
Tono (Promedio) Hz	173.1 (146.4-211.1)	152.5 (126.4-194.2)	0.109
Tono (DS) Hz	33.5 (19.2-50.8)	18.4 (8.3-26.4)	0.001
Tono (Valor mínimo) Hz	90.0 (80.1-101.1)	88.8 (82.8-112.9)	0.541
Tono (Valor máximo) Hz	289.8 (240.9-355.9)	221.7 (156.1-279.1)	0.002
Fracción de cuadros sin señal %	23.6 (18.6-30.6)	21.6 (17.1-25.3)	0.162
Quiebres de voz %	24.9 (15.6-36.3)	20.2 (15.6-29.6)	0.271
Jitter (local) %	3.2 (2.6-4.3)	2.3 (1.7-2.5)	<0.001
Jitter (local absolute) μ s	204.67 (141.48 - 250.14)	134.99 (103.84 - 186.25)	0.003
Jitter (rap)%	1.7 (1.3-2.3)	1.1 (0.9-1.4)	<0.001
Jitter (ppq5) %	1.8 (1.5-2.4)	1.2 (1.0-1.5)	<0.001
Jitter (ddp) %	5.2 (4.1-7.0)	3.5 (2.8-4.4)	<0.001
Shimmer (local) %	18.0 (16.5-19.8)	16.9 (14.7-17.7)	0.008
Shimmer (local, dB)	1.5 (1.5-1.6)	1.5 (1.4-1.5)	0.002
Shimmer (apq3) %	8.5 (7.5-10.0)	7.6 (6.3-8.5)	0.007
Shimmer (apq5) %	12.3 (11.1-13.6)	11.0 (9.8-12.5)	0.016
Shimmer (apq11) %	20.5 (18.1-22.1)	18.7 (16.3-22.3)	0.185
Shimmer (dda) %	25.5 (22.5-30.0)	22.9 (19.1-25.7)	0.01
Autocorrelación (Promedio)	0.8 (0.74 - 0.82)	0.8 (0.79 - 0.85)	0.103
Relación Ruido-Armónico dB	0.3 (0.2-0.3)	0.2 (0.2-0.3)	0.052
Relación Armónico-Ruido dB	7.4 (5.6-8.4)	7.5 (7.0-8.5)	0.196

Además, se subclasificó por patología a los pacientes con patología laríngea en 4 grupos: patología maligna (n = 9), patología benigna (n = 20), parálisis cordal (n = 12) y reflujo faringolaríngeo (n = 10). Se utilizó la prueba Kruskal Wallis de muestras independientes para la comparación de los grupos con corrección de Dunn para evaluar diferencias individuales entre grupos cuando se encontrara una comparación estadísticamente significativa. Al evaluar la vocal sostenida /a/, el CPPS promedio en el grupo de patología maligna, patología benigna, parálisis cordal y reflujo faringolaríngeo fué de 5.58, 5.97, 5.69 y 8.42, respectivamente; sin encontrar diferencias significativas entre subgrupos ($p=0.142$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el *jitter local* (diferencia absoluta promedio entre períodos consecutivos, dividido por el período promedio) entre el grupo de neoplasias malignas y reflujo faringolaríngeo, de 0.66% vs 4.02% respectivamente ($p=0.009$), *jitter rap* (promedio absoluto diferencia entre un período y el promedio de éste y sus dos períodos vecinos, dividida por el período promedio) entre el grupo de neoplasias malignas y reflujo faringolaríngeo, de 0.32% vs 1.88% respectivamente ($p=0.035$).

Al evaluar el habla conectada, el CPPS promedio en el grupo de patología maligna, patología benigna, parálisis cordal y reflujo faringolaríngeo fue de 4, 7.65, 7.75 y 5.82, respectivamente; sin encontrar diferencias significativas entre subgrupos ($p=0.065$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el *jitter rap* entre el grupo de reflujo faringolaríngeo (1.41%) contra neoplasias malignas (2.19%), patología benigna (1.75%) y parálisis cordal (2.17%) ($p=0.035$).

CAPÍTULO IX

DISCUSIÓN

En el presente estudio describimos y comparamos los valores promedio del análisis acústico vocal, convencional y cepstral, en un grupo de pacientes mexicanos disfónicos con patología laríngea benigna y maligna con un grupo sin alteraciones vocales. Observamos valores promedio significativamente menores del CPPS de los pacientes con patología laríngea en comparación con el grupo control.

El análisis acústico es un método atractivo para su uso rutinario en la consulta de voz, debido a que es reproducible, no invasivo, económico y permite obtener valores numéricos objetivos para un análisis cuantitativo de la calidad, tono y volumen vocal; permitiendo así comparar resultados tras intervenciones de tratamiento y compartir información con un equipo multidisciplinario(25,26). Las variables estudiadas en el análisis acústico convencional se basan en la periodicidad de la señal captada, siendo no aplicable en aquellos pacientes severamente disfónicos. Algunos autores quienes no recomiendan realizar el análisis evaluando el habla conectada, debido a la presencia de variaciones prosódicas y fonemas mudos propios del lenguaje(5).

La obtención del CPPS tiene la ventaja de no depender de variaciones en la señal entre ciclos vocales, pudiendo evaluar, en un solo parámetro y con mayor fiabilidad, la calidad vocal en el habla conectada y en voces severamente

disfónicas, siendo un valor menor directamente proporcional con la severidad de la disfonía(27).

La heterogeneidad en los valores normativos del CPPS existe debido a las variaciones entre distintos idiomas, poblaciones, sexo, metodología, señal de voz y software utilizado (obteniendo valores más elevados utilizando Praat, en comparación con ADSV)(28). Buckley et. al reportaron en población americana, con el uso de Praat, valores normativos en hombres (vocal sostenida /a/ 11.72 dB, vocal sostenida /i/ 12.01 dB, habla conectada 6.40 dB) y mujeres (vocal sostenida /a/ 11.05 dB, vocal sostenida /i/ 10.37 dB, habla conectada 6.49 dB), encontrando valores promedio mayores en hombres (29). Sujitha et. al, con el uso del software "Speech Tool", obtuvieron resultados similares en adultos indios entre 30-40 años, reportando valores de referencia en hombres (vocal sostenida /a/ 7.73 dB, vocal sostenida /i/ 6.28 dB, habla conectada 4.93 dB) y mujeres (vocal sostenida /a/ 7.63 dB, vocal sostenida /i/ 5.55 dB, habla conectada 6.07 dB)(6). En población hispanohablante, Nuñez Batalla et. al también reportaron una diferencia importante en el valor normativo promedio de CPPS para la vocal sostenida /a/ entre hombres y mujeres de 16.4 dB DS 2.8 y 1 dB DS 2.22; además de rangos promedio entre 7.8-10.9 dB y 7.9-11.3 dB, respectivamente (Sensibilidad 70%, Especificidad 85% para detección de disfonía) 19. Nuestro estudio, utilizó el software Praat, reportando en población normofónica una mediana de CPPS en la vocal sostenida de 11.39 dB (IQR 9.26-12.81) y en el habla conectada de 6.38 dB (IQR 0.90-7.09), encontrando valores menores respecto a lo reportado por Nuñez et. al.

Se han reportado en distintas poblaciones valores de CPPS significativamente menores en pacientes disfónicos al compararlo con pacientes normofónicos. Hasavand et. al reportaron en población iraní, con el uso del software "Speech Tool", diferencias significativas en los valores de CPPS entre sujetos disfónicos y normofónicos hombres (vocal sostenida /a/ 26.2 dB vs 99.4 dB / habla conectada 25.86 vs 100.32 dB) y mujeres (vocal sostenida /a/ 25.5 dB vs 100.5 dB / habla conectada 5.4 dB vs 2.5 dB), atribuyendo valores menores en población femenina a la presencia más frecuente de un gap glótico posterior(30). En adultos españoles, mediante el uso del Praat, se reportan media de CPPS en sujetos disfónicos y controles de la vocal sostenida /a/ de 11.52 vs 14.9 ($p < 0.000$) y de 6.2 vs 7.9 ($p < 0.000$) en el habla conectada, respectivamente(31). Existen reportes en dicha población valores de umbral patológico para la detección de voz disfónica de 23.62 dB para la vocal sostenida ($S 87.5\%$, $E 75.6\%$) y 18.4 dB para el habla conectada ($S 82.1\%$, $E 86.6\%$)(32). Dichos resultados contrastan con los valores obtenidos en nuestra población a pesar de hablar el mismo idioma, con mediana en pacientes disfónicos en la vocal sostenida de 6.59 dB (IQR 4.09-9.38) y en el habla conectada de 4.82 dB (IQR 3.57-6.03). Respecto a los reportes en población latina, nuestros resultados se asemejan con los obtenidos por Rivera et. al en adultos colombianos, encontrando media de CPPS en habla conectada en pacientes normofónicos y disfónicos de 8.54 dB (DS 0.8975) y 6.4 dB (0.9273), respectivamente(33).

Al momento de la revisión de la literatura, este es el primer estudio comparativo de análisis cepstral en adultos mexicanos con voz normal y patológica. Se deben mencionar algunas limitaciones. El estudio se realizó en un solo centro, con una muestra poblacional relativamente pequeña y una diferencia de edad significativa entre los grupos de estudio. Además de que no se incluyó en la metodología un análisis auditivo perceptual para comparar con el análisis acústico y hacer una correlación con la severidad de la disfonía en el grupo de estudio.

CAPÍTULO X

CONCLUSIÓN

Este estudio describe y compara por primera vez los resultados del análisis vocal cepstral en adultos mexicanos con patología laríngea contra un grupo control. Un valor bajo de CPPS es un predictor de patología laríngea subyacente a una voz disfónica, por lo cual, se puede considerar su uso rutinario en el tamizaje y abordaje diagnóstico del paciente con patología vocal. Se necesitan mayor investigación con mayor muestra poblacional y metodología más uniforme para dictar los valores normativos de CPPS en nuestra población.

CAPÍTULO 11

ANEXOS

Índice de incapacidad vocal 30 items (VHI-30) *Versión validada al español

(2007)

Tabla I. Versión en español del VHI-30

Parte I-F (funcional)					
F1. La gente me oye con dificultad debido a mi voz	0	1	2	3	4
F2. La gente no me entiende en sitios ruidosos	0	1	2	3	4
F3. Mi familia no me oye si la llamo desde el otro lado de la casa	0	1	2	3	4
F4. Uso el teléfono menos de lo que desearía	0	1	2	3	4
F5. Tiendo a evitar las tertulias debido a mi voz	0	1	2	3	4
F6. Hablo menos con mis amigos, vecinos y familiares	0	1	2	3	4
F7. La gente me pide que repita lo que les digo	0	1	2	3	4
F8. Mis problemas con la voz alteran mi vida personal y social	0	1	2	3	4
F9. Me siento desplazado de las conversaciones por mi voz	0	1	2	3	4
F10. Mi problema con la voz afecta al rendimiento laboral	0	1	2	3	4
Parte II-P (física)					
P1. Noto perder aire cuando hablo	0	1	2	3	4
P2. Mi voz suena distinto a lo largo del día	0	1	2	3	4
P3. La gente me pregunta: ¿qué te pasa con la voz?	0	1	2	3	4
P4. Mi voz suena quebrada y seca	0	1	2	3	4
P5. Siento que necesito tensar la garganta para producir la voz	0	1	2	3	4
P6. La calidad de mi voz es impredecible	0	1	2	3	4
P7. Trato de cambiar mi voz para que suene diferente	0	1	2	3	4
P8. Me esfuerzo mucho para hablar	0	1	2	3	4
P9. Mi voz empeora por la tarde	0	1	2	3	4
P10. Mi voz se altera en mitad de una frase	0	1	2	3	4
Parte III-E (emocional)					
E1. Estoy tenso en las conversaciones por mi voz	0	1	2	3	4
E2. La gente parece irritada por mi voz	0	1	2	3	4
E3. Creo que la gente no comprende mi problema con la voz	0	1	2	3	4
E4. Mi voz me molesta	0	1	2	3	4
E5. Progreso menos debido a mi voz	0	1	2	3	4
E6. Mi voz me hace sentir cierta minusvalía	0	1	2	3	4
E7. Me siento contrariado cuando me piden que repita lo dicho	0	1	2	3	4
E8. Me siento avergonzado cuando me piden que repita lo dicho	0	1	2	3	4
E9. Mi voz me hace sentir incompetente	0	1	2	3	4
E10. Estoy avergonzado de mi problema con la voz	0	1	2	3	4

Spanish Matrix Sentence Test

<i>Name</i>	<i>Verb</i>	<i>Numeral</i>	<i>Object</i>	<i>Adjective</i>	<i>English translation</i>
Claudia	tiene	dos	libros	grandes	Claudia has two big books.
Carmen	hace	tres	barcos	viejos	Carmen makes three old ships.
Elena	toma	doce	platos	nuevos	Elena takes twelve new plates.
Teresa	busca	siete	regalos	pequeños	Teresa searches seven small presents.
Josefa	quiere	seis	guantes	enormes	Josefa would like six giant gloves.
José	compra	diez	zapatos	azules	José buys ten blue shoes.
Antonio	pinta	cuatro	juegos	bellos	Antonio paints four nice games.
Carlos	mira	veinte	dados	lindos	Carlos sees twenty pretty dice.
Pedro	pierde	ocho	sillones	baratos	Pedro loses eight cheap armchairs.
Manuel	vende	mil	anillos	negros	Manuel sells thousand black rings.

CAPÍTULO XII

BIBLIOGRAFÍA

1. Oguz H, Demirci M, Safak MA, Arslan N, Islam A, Kargin S. Effects of unilateral vocal cord paralysis on objective voice measures obtained by Praat. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2007;264(3):257–61.
2. Englert M, Lopes L, Vieira V, Behlau M. Accuracy of Acoustic Voice Quality Index and Its Isolated Acoustic Measures to Discriminate the Severity of Voice Disorders. *Journal of Voice*. 2022;36(4):582.e1-582.e10.
3. Lopes LW, Sousa ES da S, da Silva ACF, da Silva IM, de Paiva MAA, Vieira VJD, et al. Cepstral measures in the assessment of severity of voice disorders. *Codas*. 2019;31(4):1–8.
4. Lee Y, Kreiman J. Acoustic voice variation in spontaneous speech. *J Acoust Soc Am*. 2022;151(5):3462–72.
5. Englert M, Lima L, Behlau M. Acoustic Voice Quality Index and Acoustic Breathiness Index: Analysis With Different Speech Material in the Brazilian Portuguese. *Journal of Voice* [Internet]. 2020;34(5):810.e11-810.e17. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.03.015>
6. P S S, Pebbili GK. Cepstral Analysis of Voice in Young Adults. *Journal of Voice*. 2022;36(1):43–9.
7. Moers C, Möbius B, Rosanowski F, Nöth E, Eysholdt U, Haderlein T. Vowel- and text-based cepstral analysis of chronic hoarseness. *Journal of Voice*. 2012;26(4):416–24.
8. Balasubramaniam RK, Bhat JS, Fahim S, Raju R. Cepstral analysis of voice in unilateral adductor vocal fold palsy. *Journal of Voice* [Internet]. 2011;25(3):326–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.12.010>
9. Sauder C, Bretl M, Eadie T. Predicting Voice Disorder Status From Smoothed Measures of Cepstral Peak Prominence Using Praat and Analysis of Dysphonia in Speech and Voice (ADSV). *Journal of Voice*. 2017;31(5):557–66.
10. Radish Kumar B, Bhat JS, Prasad N. Cepstral analysis of voice in persons with vocal nodules. *Journal of Voice*. 2010;24(6):651–3.
11. Núñez-Batalla F, Corte-Santos P, Señaris-González B, Llorente-Pendás JL, Górriz-Gil C, Suárez-Nieto C. Adaptación y validación del índice de incapacidad vocal (VHI-30) y su versión abreviada (VHI-10) al español. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2007;58(9):386–92.
12. Lowell SY, Colton RH, Kelley RT, Hahn YC. Spectral- and cepstral-based measures during continuous speech: Capacity to distinguish dysphonia and consistency within a speaker. *Journal of Voice* [Internet]. 2011;25(5):e223–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.06.007>
13. Heman-Ackah YD, Sataloff RT, Laureyns G, Lurie D, Michael DD, Heuer R, et al. Quantifying the cepstral peak prominence, a measure of dysphonia. *Journal of Voice* [Internet]. 2014;28(6):783–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.05.005>
14. Delgado-Vargas B, Acle-Cervera L, Sáenz-López L, Bonet-Loscertales M, Pérez-Naranjo N, Fuentes-Navajo P. Cepstral analysis in patients with a vocal fold motility impairment: advantages of the cepstrum over time-based acoustic analysis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [Internet]. 2021;278(1):173–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06291-2>

15. Mizuta M, Abe C, Taguchi E, Takeue T, Tamaki H, Haji T. Validation of Cepstral Acoustic Analysis for Normal and Pathological Voice in the Japanese Language. *Journal of Voice*. 2022;36(6):770–6.
16. Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program praat: Smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *Journal of Voice*. 2015;29(1):35–43.
17. Ferrer Riesgo CA, Nöth E. What Makes the Cepstral Peak Prominence Different to Other Acoustic Correlates of Vocal Quality? *Journal of Voice*. 2020;34(5):806.e1-806.e6.
18. Núñez-Batalla F, Cartón-Corona N, Vasile G, García-Cabo P, Fernández-Vañes L, Llorente-Pendás JL. Validation of the Measures of Cepstral Peak Prominence as a Measure of Dysphonia Severity in Spanish-Speaking Subjects. *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*. 2019;70(4):222–8.
19. Heman-Ackah YD, Heuer RJ, Michael DD, Ostrowski R, Horman M, Baroody MM, et al. Cepstral peak prominence: A more reliable measure of dysphonia. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*. 2003;112(4):324–33.
20. Kim GH, Bae IH, Park HJ, Lee YW. Comparison of Cepstral Analysis Based on Voiced-Segment Extraction and Voice Tasks for Discriminating Dysphonic and Normophonic Korean Speakers. *Journal of Voice*. 2021;35(2):328.e11-328.e22.
21. Mahalingam S, Boominathan P, Arunachalam R, Venkatesh L, Srinivas S. Cepstral Measures to Analyze Vocal Fatigue in Individuals With Hyperfunctional Voice Disorder. *Journal of Voice*. 2021;35(6):815–21.
22. Sampaio MC, Bohlender JE, Brockmann-Bausser M. Fundamental Frequency and Intensity Effects on Cepstral Measures in Vowels from Connected Speech of Speakers with Voice Disorders. *Journal of Voice*. 2021;35(3):422–31.
23. Buckley DP, Abur D, Stepp CE. Normative Values of Cepstral Peak Prominence Measures in Typical Speakers by Sex, Speech Stimuli, and Software Type Across the Life Span. *Am J Speech Lang Pathol*. 2023;32(4):1565–77.
24. Hochmuth S, Brand T, Zokoll MA, Castro FZ, Wardenga N, Kollmeier B. A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise. *Int J Audiol*. 2012;51(7):536–44.
25. Hassan EM, Abdel Hady AF, Shohdi SS, Eldessouky HM, Din MHB. Assessment of dysphonia: cepstral analysis versus conventional acoustic analysis. *Logoped Phoniatr Vocol [Internet]*. 2021;46(3):99–109. Available from: <https://doi.org/10.1080/14015439.2020.1767202>
26. Núñez-Batalla F, Díaz-Fresno E, Álvarez-Fernández A, Muñoz Cordero G, Llorente Pendás JL. Aplicación del índice acústico de calidad vocal para la cuantificación objetiva de la severidad de la disfonía. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2017;68(4):204–11.
27. İncebay Ö, Köse A, Esen Aydinli F, Awan SN, Gürsoy MD, Yilmaz T. Investigation of the Cepstral Spectral Acoustic Analysis for Classifying the Severity of Dysphonia. *Journal of Voice*. 2023;
28. Murton O, Hillman R, Mehta D. Cepstral Peak Prominence Values for Clinical Voice Evaluation. *Am J Speech Lang Pathol [Internet]*. 2020 Aug 4;29(3):1596–607. Available from: http://pubs.asha.org/doi/10.1044/2020_AJSLP-20-00001
29. Buckley DP, Abur D, Stepp CE. Normative Values of Cepstral Peak Prominence Measures in Typical Speakers by Sex, Speech Stimuli, and Software Type Across the Life Span. *Am J Speech Lang Pathol*. 2023;32(4):1565–77.
30. Hasanvand A, Salehi A, Ebrahimipour M. A Cepstral Analysis of Normal and Pathologic Voice Qualities in Iranian Adults: A Comparative Study. *Journal of*

- Voice [Internet]. 2017;31(4):508.e17-508.e23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.017>
31. Delgado-Hernández J, León-Gómez NM, Izquierdo-Arteaga LM, Llanos-Fumero Y. Cepstral analysis of normal and pathological voice in Spanish adults. Smoothed cepstral peak prominence in sustained vowels versus connected speech. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2018 May 1;69(3):134–40.
 32. Delgado-Hernández J, León-Gómez N, Jiménez-álvarez A. Diagnostic accuracy of the Smoothed Cepstral Peak Prominence (CPPS) in the detection of dysphonia in the Spanish language. *Loquens*. 2019;6(1).
 33. Rivera-giraldo SA, Osorio-anaya S, Milanés-pérez R, Amado-gonzález SA. Acta de Otorrinolaringología & Cirugía de Cabeza y Cuello Análisis cepstral de la voz normal y patológica en español colombiano mediante el uso del programa PRAAT Cepstral analysis of normal and pathological voice in Colombian Spanish using the PRAAT prog. 2023;276–84. Available from: <https://doi.org/10.37076/acorl.v50i3.637>