



Acta de Otorrinolaringología & Cirugía de Cabeza y Cuello

www.revista.acorl.org.co



Trabajos originales

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 program

Susana Alejandra Rivera-Giraldo*, Steven Osorio-Anaya**, Rosa Milanés-Pérez***, Silvia Andrea Amado-González****.

* Otorrinolaringóloga, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4470-769X>

** Laringólogo, docente, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6761-8794>

*** Otorrinolaringóloga, docente, Universidad de Cartagena. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4381-8430>

**** Médica y cirujana, Universidad Industrial de Santander (UIS). Bucaramanga, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1869-7876>

Forma de citar: Rivera-Giraldo SA, Osorio-Anaya S, Milanés-Pérez R, Amado-González SA. Análisis cepstral de la voz normal y patológica en español colombiano mediante el uso del programa PRAAT. Acta otorrinolaringol. cir. cabeza cuello. 2023;51(4): 276-284. DOI.10.37076/acorl.v51i4.637

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido: 17 de Agosto de 2021

Evaluado: 22 de Septiembre de 2023

Aceptado: 09 de Noviembre de 2023

Palabras clave (DeCS):

Disfonía, calidad de la voz, análisis espectral.

RESUMEN

Introducción: las medidas auditivo-perceptuales subjetivas GRABS (Grade [grado de gravedad], Roughness [aspereza], Asthenia [astenia], Breathiness [soplosidad] y Strain [tensión] y CAPE-V (Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice) han sido el estándar de oro en evaluar la voz. La prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) se impone como la medida acústica objetiva más robusta para evaluar la gravedad de la disfonía. Se evaluó el análisis cepstral del programa PRAAT en pacientes con voz patológica y no patológica en hablantes de español colombiano y los valores estándar para el CPPS en lenguaje conectado (CPPSc), comparado con el análisis perceptual de la voz (GRBAS). **Métodos:** estudio observacional y analítico de prueba diagnóstica, de corte transversal y multicéntrico, con 120 individuos. Se grabó la voz y se analizó el CPPSc con el programa PRAAT. Se aplicó la valoración auditiva-perceptual por dos evaluadores expertos para la escala GRBAS. **Resultados:** el promedio de edad fue 43,3 años, 64,2 % mujeres. La media del CPPSc en el grupo disfónico fue de 6,40 dB y en el grupo de normofónicos fue 8,54 dB con $p=0,000$.

Correspondencia:

Dra. Susana Alejandra Rivera-Giraldo

E-mail: anasus_rg@hotmail.com

Dirección: Calle 41 N.º 23-81, Floridablanca, Santander

Teléfono celular: (+57) 3013897657

Sensibilidad de 83,6% y especificidad de 96,2 % para la voz patológica en los pacientes con valores de CPPSc menores a 7,38 dB. Hubo alta correlación del valor de CPPSc con la gravedad de la disfonía. *Conclusiones:* el valor del CPPSc mediante el programa PRAAT es una medida eficiente por su alta validez, bajo costo y fácil aplicación para evaluar objetivamente la disfonía y su gravedad.

ABSTRACT

Key words (MeSH):

Dysphonia, voice quality, spectral analysis.

Introduction: Subjective auditory-perceptual measurements, GRABS (Grade, Roughness, Asthenia, Breathiness y Strain) and CAPE-V (Consensus Auditory Perceptual Evaluation of Voice) have been the gold standard in voice evaluation. Recently, the smoothed cepstral peak prominence (CPPS) has been imposed as the acoustic measurement, objective and more robust for dysphonia severity. *Objectives:* The cepstral analysis of the PRAAT program was evaluated in patients with a pathological and non-pathological voice in Colombian Spanish speakers and the standard values for the CPPS in connected language (CPPSc), compared with the perceptual analysis of the voice (GRBAS). *Methods:* An observational, analytical, cross-sectional, multicenter diagnostic test was performed with 120 individuals. The voice was recorded and the CPPSc was analyzed with the PRAAT program. The auditory-perceptual assessment was applied by two expert evaluators for the GRBAS scale. *Results:* The average age was 43.3 ± 18.1 years, 64.2% were women. The mean CPPSc in the dysphonic group was 6.40 dB, while in the group of normophonic individuals it was 8.54 dB, with significant differences between both groups ($p=0.000$). Sensitivity of 83.6% and specificity of 96.2%; for pathological voice was established in patients with CPPSc values less than 7.38 dB. A high correlation was found in the CPPSc value with the severity of dysphonia. *Conclusions:* The value of CPPSc through the Praat program is an efficient measure, due to its high validity, low cost and easy application to objectively evaluate dysphonia and its severity.

Introducción

Un trastorno de la voz “se caracteriza por la producción anormal o ausencia de las cualidades vocales: tono, intensidad, resonancia y duración, las cuales son inadecuadas para la edad o sexo del individuo” (1). En Estados Unidos se reportaron tasas de prevalencia de disfonía en la población general de 6,6 % a 7,5 %, y en profesionales de la voz de 44 % a 57 % (2).

En el abordaje diagnóstico de estas patologías se debe aplicar algún estudio endoscópico laríngeo y complementarlo con la valoración auditivo perceptual, así como el análisis acústico de la voz (3).

La valoración auditivo-perceptual de la voz con las escalas GRABS (Grade [grado de gravedad], Roughness [aspereza], Asthenia [astenia], Breathiness [soplosidad] y Strain [tensión]) o CAPE-V (Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice) ha sido considerada como el estándar de oro para el diagnóstico de disfonía; sin embargo, estas escalas al ser subjetivas tienen poca reproducibilidad y es difícil interpretar señales acústicas complejas (4).

El análisis acústico de la voz comprende medidas para objetivar las propiedades de la voz, con el fin de crear estándares de normalidad. Algunas de estas medidas como jitter, shimmer e índice armónico/ruido se valoran únicamente con la emisión de una vocal sostenida (5). Dependen de un frag-

mento estable de fonación para su medición, es decir, poca aperiodicidad; por lo tanto, su análisis no se puede aplicar en voces con disfonía grave, lo cual genera variabilidad intra e interobservador al momento de seleccionar el inicio y el final del segmento de la grabación a analizar (6, 7). Por otro lado, el análisis cepstral se puede realizar por medio de una vocal sostenida o lenguaje conectado; a este último se le ha atribuido una mayor validez ecológica sobre la valoración con vocal sostenida por presentar una dinámica de la voz que ocurre en un habla regular (8).

El análisis cepstral, específicamente, es la evaluación del espectro del sonido y provee el grado de la organización de armónicos de la voz (7). La prominencia del pico cepstral (CPP) y la prominencia del pico cepstral suavizado (CPPS) son las medidas más relevantes y se calculan a partir de la transformada de Fourier del espectro de la voz (9); estas medidas fueron descritas por Noll en 1964 (10), pero presentaron dificultad para su uso clínico en dicha época debido a la limitación tecnológica. En la actualidad, su disponibilidad permite que se pueda usar tanto en medios clínicos como de investigación.

Al tener la unidad primaria de la señal de voz como una onda, en el eje de las abscisas se representa el tiempo (en segundos) y en las ordenadas se representa la amplitud (**Figura 1**).

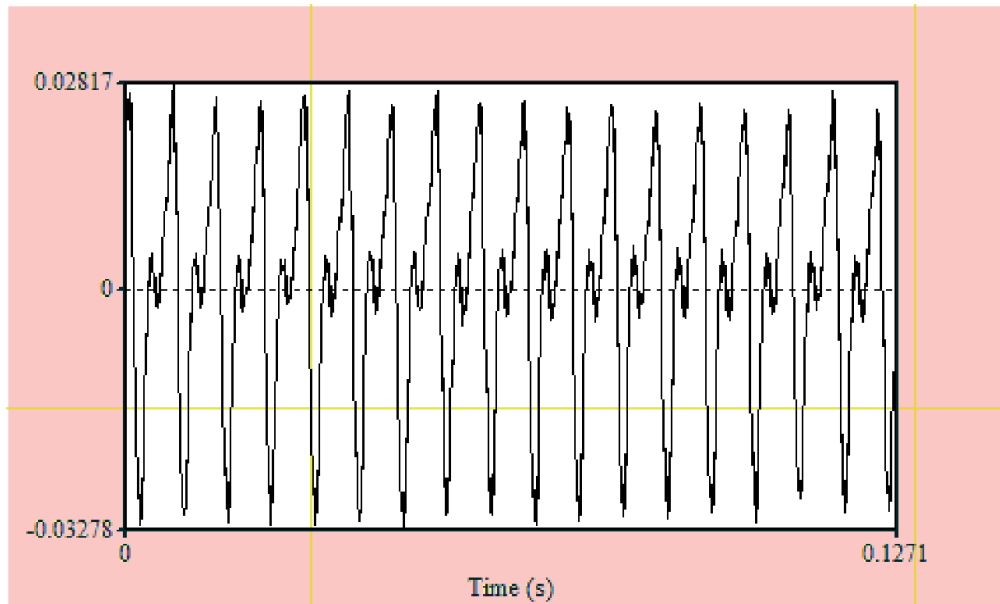


Figura 1. Forma de onda. Representa la amplitud en función del tiempo. Tomada de: información del individuo normofónico del estudio

El espectro de la voz se obtiene aplicando la transformada de Fourier (transformar la señal en dominio del tiempo a frecuencias) a esta unidad primaria de la voz, donde se va a representar la intensidad en función de la frecuencia (**Figura 2**).

Nuevamente se aplica la transformada de Fourier al espectro de voz para obtener el cepstrum, este es la representación espectral del espectro donde se va a graficar la intensidad del sonido en función de la “quefrecuencia” (quefrecency, según su denominación en inglés). Se refiere a la frecuencia de la ocurrencia de una frecuencia en el poder del espectro (ciclos por frecuencia o valores pseudotemporales en milisegundos) (10).

El pico más pronunciado en una voz normal va a corresponder al CPP, el cual da información del grado de periodicidad de la señal de más baja frecuencia. Los picos más bajos representan los “rahmónicos” (rhamonics, según su denominación en inglés). El CPPS va a dar información de la diferencia entre el pico cepstral más prominente (o primer rahmónico) y el punto de la misma quefrecuencia sobre la línea de regresión del cepstrum (**Figura 3**) (11).

Su utilidad se basa en que cuanto más periódica sea la señal, como en las voces de mejor calidad, se obtiene una configuración armónica bien definida en el espectro y, por lo tanto, se halla un pico cepstral más prominente, mientras

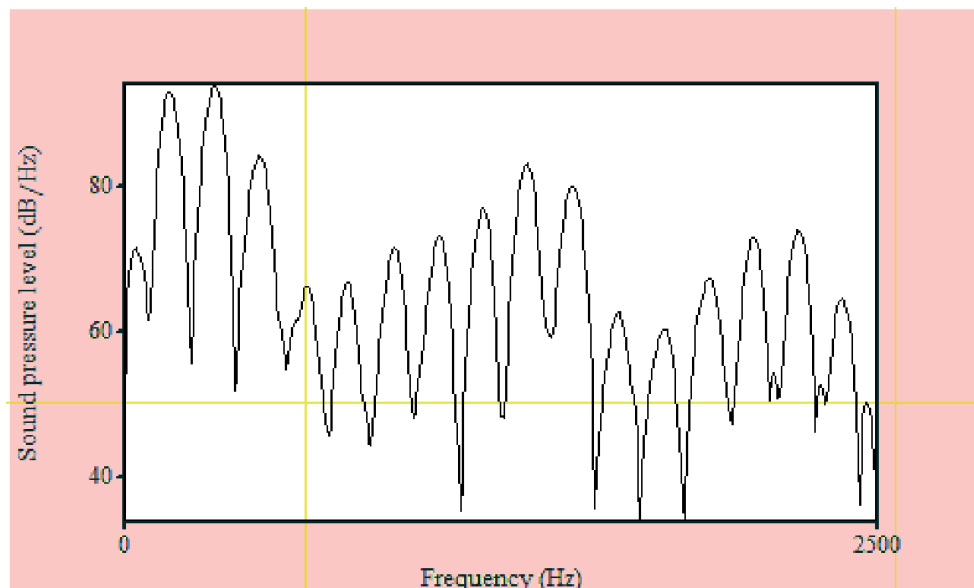


Figura 2. Espectro de la voz. Representa la intensidad en función de la frecuencia. Tomada de: información del individuo del estudio.

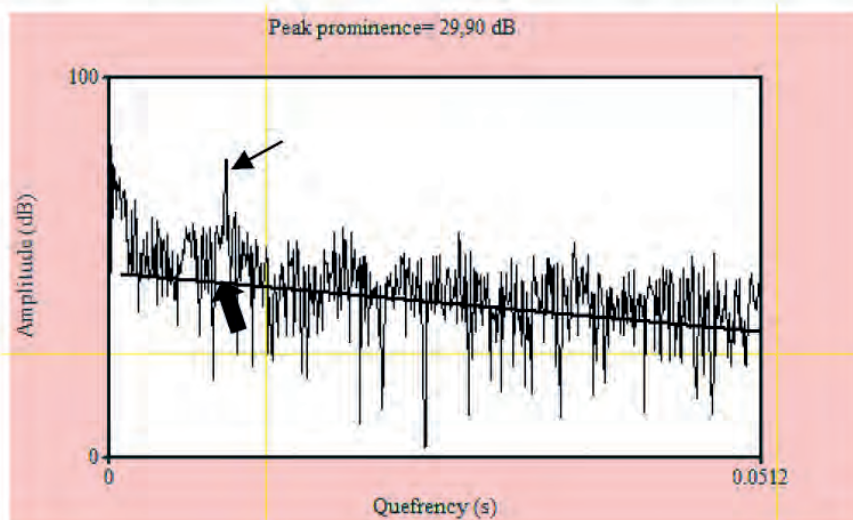


Figura 3. Pico de prominencia cepstral suavizado (CPPS). Su valor (en dB) se calcula obteniendo la distancia que hay entre el pico cepstral (flecha delgada) y la línea de regresión trazada sobre el cepstrum (flecha gruesa). Tomada de: información del individuo con el CPPSc más alto del estudio.

que los valores bajos se asocian con las voces de peor calidad (aperiódicas) (12).

Se ha determinado que el cálculo del CPP tiene una validez externa fuerte para correlacionar la gravedad de la disfonía con respecto a la valoración auditiva-perceptual de la voz y que no varía por la aperiodicidad en las disfonías graves (9, 13). Se ha propuesto el CPPS como la medida estándar y objetiva en el seguimiento pre- y postratamiento de los pacientes con problemas de la voz, lo que desplaza la valoración con las escalas auditivo-perceptuales sin desmeritar su utilidad (14-16).

Los softwares que realizan análisis cepstrales son Analysis of dysphonia in speech and voice (ADSV), Speech Tool y el PRAAT; este último es de distribución gratuita y disponible para Windows y Mac (12).

En este estudio se evaluó el análisis cepstral del programa PRAAT en pacientes con voz patológica y no patológica en hablantes de español colombiano y los valores estándar para el CPPSc, comparado con el análisis perceptual de la voz (GRBAS).

Materiales y métodos

Se realizó un estudio observacional, analítico, de prueba diagnóstica, de corte transversal y multicéntrico. Se incluyeron 120 individuos mayores de 18 años divididos en dos grupos: 67 disfónicos o con patología laríngea (laringoscopia/estroboscopia alterada, Voice Handicap Index [VHI] y GRBAS acorde con la voz patológica) y 53 normofónicos y sin patología de voz (laringoscopia/estroboscopia sin alteración, VHI, GRBAS acorde con la voz no patológica).

Los sujetos disfónicos fueron pacientes que asistieron a la consulta de otorrinolaringología de la E.S.E. Hospital Universitario del Caribe en Cartagena y de la Unidad de Otorrinolaringología en Bucaramanga entre los meses de agosto

de 2019 a febrero de 2020, mientras que los sujetos sanos fueron voluntarios del entorno de los investigadores. Los participantes no debían ser portadores de traqueostomía ni con limitaciones para la lectura. Se excluyeron a los individuos con señales de voz que no pudieran ser analizadas en el sistema PRAAT por las dificultades de la conversión de formato, error técnico en la grabación de la señal de voz e individuos con datos insuficientes o incompletos.

Cada uno de los individuos aceptó su participación por medio de la firma del consentimiento informado, se realizó el estudio endoscópico laríngeo y, posteriormente, el diligenciamiento de un formulario con los datos de relevancia, así como el VHI-10 (Voice Handicap Index-10) por parte de cada participante.

La valoración auditivo-perceptual fue llevada a cabo por dos profesionales expertos. Cada evaluador analizó de manera independiente, todas las grabaciones y calificó para la escala GRBAS; posteriormente, se tomó el promedio del valor de G (grado) para cada sujeto.

Los datos obtenidos fueron tabulados en Microsoft Excel y analizados en el programa IBM SPSS Statistics v.25.0. Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de cada una de las variables. Se calcularon las medias, así como las desviaciones estándar como medidas de dispersión para las variables sociodemográficas y clínicas. El análisis bivariado se realizó mediante la prueba de Chi-cuadrado para las variables categóricas y la prueba t de Student para las variables categóricas y continuas, con el fin de determinar las asociaciones entre el CPPSc y las diferentes variables de interés. Se determinaron los valores normales del CPPSc tanto para el grupo en general como por sexo mediante el cálculo del promedio de sujetos sanos menos dos desviaciones estándar, con el fin de establecer un punto de corte para la muestra de estudio. Se calculó la sensibilidad y la especificidad del CPPSc para la detección de

la disfonía teniendo en cuenta el promedio de G de la escala GRBAS medido por dos evaluadores y el coeficiente de correlación para los grados de gravedad mediante el estadístico Tau-b de Kendall. Se estableció un valor de significancia estadística de $p < 0,05$.

Resultados

De los 120 (N) pacientes incluidos, 67 pacientes eran disfónicos o con enfermedad laríngea y 53 individuos eran normofónicos y sin enfermedad laríngea. La distribución por sexo fue 64,2% eran mujeres ($n=77$) y 35,8% eran hombres ($n=43$), con una edad media de 43,3 años (desviación estándar [DE]: 18,1). En el grupo masculino, 24 individuos (55,8 %) eran sanos y 19 (44,2 %) disfónicos. En cuanto al grupo femenino, 29 (37,7 %) eran normofónicas y 48 (62,3 %) disfónicas. El 50,8 % de los participantes fueron evaluados

en Bucaramanga, mientras que el 49,2 % se encontraban en Cartagena. Del grupo de disfonía, el 38,8 % ($n=26$) eran profesionales de la voz (docente, cantante, comunicador social, servicio al cliente).

Entre los pacientes con disfonía, las principales patologías laríngeas encontradas en el examen endoscópico fueron: sulcus en el 11,9 % ($n=8$), parálisis de pliegue vocal en el 10,4 % ($n=7$), disfonía por tensión y quiste de pliegue vocal en el 9 % ($n=6$) cada uno, laringitis crónica, nódulo y pólipo de pliegue vocal en el 7,5 % ($n=5$) cada uno, insuficiencia glótica en el 6 % ($n=4$) y otros hallazgos en el 31,3 % ($n=21$) que incluyeron presbilaringe, disfonía espasmódica, cicatriz cordal, lesión cordal, edema de Reinke, engrosamiento de pliegue vocal, granuloma laríngeo, papilomatosis laríngea, pseudosulcus, puberofonía, secuela de tuberculosis laríngea y cambios posradioterapia (**Tabla 1**).

Tabla 1. Características basales de la población con y sin patología de la voz (N=120)

Variables	Total pacientes (N=120)		Disfonía (n=67)		Sano* (n=53)		p*
	N	%	N	%	N	%	
Edad (años)	43,3 + 18,1		50,1 + 17,5		33,5 + 15		0,000
Sexo							
Femenino	77	64,2	48	71,6	29	54,7	0,042
Masculino	43	35,8	19	28,4	24	45,3	
Ciudad							
Bucaramanga	61	50,8	38	56,7	23	43,4	0,103
Cartagena	59	49,2	29	43,3	30	56,6	
Residencia							
Bucaramanga	56	46,7	33	49,3	23	43,4	0,198
Cartagena	51	42,5	22	32,8	29	54,7	
Magangué	3	2,5	3	4,5	0	0	
Aguachica	2	1,7	2	3,0	0	0,0	
Carmen de Bolívar	2	1,7	1	1,2	1	1,9	
Ocaña	2	1,7	2	3,0	0	0	
Arjona	1	,8	1	1,5	0	0	
Contratación	1	,8	1	1,5	0	0	
El Guamo	1	,8	1	1,5	0	0	
Villanueva	1	,8	1	1,5	0	0	
Profesional de la voz							
No	93	77,5	41	61,2	52	98,1	0,000
Sí	27	22,5	26	38,8	1	1,9	
Antecedentes							
Reflujo gastroesofágico	36	30,0	24	35,8	12	22,6	0,086
Hipertensión arterial	18	15,0	17	25,4	1	1,9	0,000
Hipotiroidismo	13	10,8	11	16,4	2	3,8	0,024
Dislipidemia	10	8,3	7	10,4	3	5,7	0,275
Depresión	9	7,5	4	6,0	5	9,4	0,354
Diabetes mellitus	4	3,3	2	3,0	2	3,8	0,598

Fumador							
Nunca	91	75,8	49	73,1	42	79,2	0,400
Fumador pasivo	11	9,2	7	10,4	4	7,5	
Sí, actualmente	6	5,0	2	3,0	4	7,5	
Sí, lo dejé hace más de un año	10	8,3	8	11,9	2	3,8	
Sí, lo dejé hace menos de un año	2	1,7	1	1,5	1	1,9	
Cuántos días a la semana							
1 a 2	3	2,5	0	0,0	3	5,7	0,011
3 a 4	2	1,7	0	0,0	2	3,8	
7	6	5,0	6	9,0	0	0,0	
Cuántos cigarrillos al día							
2,0	2	1,7	0	0,0	2	40	0,223
3,0	2	1,7	1	16,7	1	20	
4,0	1	,8	1	16,7	0	0	
5,0	2	1,7	1	16,7	1	20	
10,0	1	,8	0	0,0	1	20	
20,0	3	2,5	3	50	0	0	

*Grupos comparados.

Tabla 2. Principales hallazgos en la endoscopia laríngea (N=120)

Variables	Total, pacientes (N=120)		Disfonía (n=67)	
	N	%	N	%
Diagnósticos endoscópicos				
<i>Sulcus</i>	8	6,7	8	11,9
Parálisis PV	7	5,8	7	10,4
Distonía por tensión	6	5,0	6	9,0
Quiste PV	6	5,0	6	9,0
Laringitis crónica	5	4,2	5	7,5
Nódulo PV	5	4,2	5	7,5
Pólipo PV:	5	4,2	5	7,5
Insuficiencia glótica	4	3,3	4	6,0
Otro	21,0	17,5	21,0	31,3

El promedio de puntaje en el VHI-10 en individuos disfónicos fue de 22,9 (DE: 8,26), mientras que para el grupo de sanos fue de 1,11 (DE: 1,9) ($p=0,000$). Al realizar el análisis perceptual de la voz mediante GRBAS, teniendo en cuenta solamente G, se encontró disfonía leve en el 25 % ($n=30$), moderada en el 17,5 % ($n=21$) y grave en el 13,3 % ($n=16$) con una buena concordancia interevaluador (Índice de Kappa = 0,75; $p < 0,001$). El tiempo máximo fonatorio (TMF) presentó una diferencia significativa entre individuos disfónicos (7,83, DE: 3,9) y no disfónicos (15,01, DE: 4,31) ($p=0,000$), al igual que el CPPS para vocal sostenida (CPPSv) ($p=0,000$), en el que se obtuvieron valores mayores al CPPSc (Tabla 3).

La media encontrada para el CPPSc fue de 7,35 dB (DE: 1,40). En el grupo de individuos normofónicos o sin patología laríngea fue de 8,54 dB (DE: 0,90, media estándar error

de 0,12), mientras que en el grupo de individuos disfónicos o con patología laríngea el CPPSc, la media fue de 6,40 dB (DE: 0,93, media estándar error de 0,11) (Tabla 4).

Teniendo en cuenta la distribución normal en la población total, se evidenció que existen diferencias significativas del CPPSc entre los grupos de individuos normofónicos y disfónicos ($p=0,000$).

También se evidenció una correlación inversa significativa entre la edad del paciente y el valor de CPPSc ($r= -0,405$, $p=0,000$), al igual que con el VHI total ($r= -0,773$, $p=0,000$), y una correlación directa con la presencia de patología laríngea ($r= 0,899$, $p=0,000$). Por otro lado, se estableció que no existen diferencias significativas del CPPSc y el estado de fumador (fumador actual, exfumador, no fumador) ($p=0,050$), pero sí entre CPPSc y el sexo ($p=0,003$) (Tabla 5)

Tabla 3. Medidas en el análisis perceptual y acústico de la voz (N=120)

Variables	Total pacientes (N=120)		Disfonía (n=67)		Sano* (n=53)		p*
	N	%	N	%	N	%	
VHI total	13,28 +	12,54	22,9 +	8,26	1,11 +	1,9	0,000
GRBS							
Disfonía leve	28	23,3	26	23,3	-	-	0,000
Disfonía moderada	23	19,2	23	19,2	-	-	
Disfonía grave	16	13,3	16	13,3	-	-	
Sano	53	44,2	53	44,2	-	-	0,103
TMF	11,0 + 5,44		7,86 + 3,9				
CPPS conectado	7,35 + 1,4		6,4 + 0,93		15,01 + 4,31	8,54 + 0,9	0,000
CPPS vocal	10,46 + 3,05		8,93 + 2,66		12,39 + 2,35		0,000

*Grupos comparados.

Tabla 4. Estadísticas para CPPS conectado en la población estudiada

	Grupo	N	Media	Desviación	Desviación Error promedio
CPPS conectado	Disfonía	67	6,40	0,9273	0,1133
	No disfonía	53	8,54	0,8975	0,1233

Tabla 5. Correlación de CPPS conectado dB frente a la patología de la voz, edad, sexo, consumo de tabaco y VHI-30

Variables	Pruebas	Correlación, valor p
Normofónico/disfónico	t de Student	p=0,000
Edad del paciente	Pearson	r= 0,420, p=0,000
Sexo del paciente	t de Student	p=0,003
Consumo de tabaco (no fumador, exfumador, fumador actual)	ANOVA	p=0,050
Patología laríngea	Tau-b de Kendall	r=0,899, p=0,000
VHI-10	Pearson	r=0,790, p=0,000

Se aplicó el análisis ROC considerando como grupo de normofónicos por resultado de GRBAS, teniendo en cuenta G igual a 0 y patológico leve = 1, moderado = 2 y grave = 3. Según la distribución paramétrica y con un intervalo de confianza (IC) 95 %, se obtuvo un área bajo la curva de 0,948. A partir de estos resultados, se determina una sensibilidad (S) de 83,6 % y una especificidad (E) de 96,2 % para la voz patológica en los pacientes con valores de CPPSc menores a 7,38 dB e índice de Kappa = 0,784, lo cual refleja buena fuerza de concordancia entre las dos pruebas. Adicionalmente, se obtiene un valor predictivo positivo (VPP) de 96,5 % y un valor predictivo negativo (VPN) de 82,3 % (Figura 4, Tablas 6 y 7).

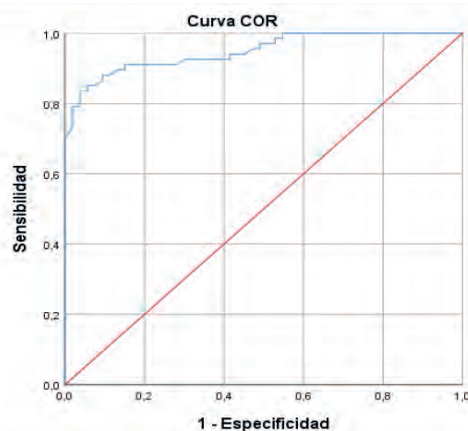


Figura 4. Curva ROC del CPPSc. Área bajo la curva: 0,948. ROC: receiver operating characteristic

Tabla 6. Estadística de los datos de la curva ROC de la variable CPPC como prueba diagnóstica

Área	Error estándar	95 % de intervalo de confianza	
		Límite inferior	Límite superior
0,948	0,018	0,912	0,985

Tabla 7. Tabla cruzada CPPSc frente al resultado de GRBAS

		Resultado en GRBAS		
		Disfonía	Normal	Total
CPPSc Punto de corte 7,38 dB	Disfonía	56 83,6 %	2 3,6 %	59 48,3 %
	Punto de corte	11 16,4 %	51 96,2 %	62 51,7 %
7,38 dB		67 100,0 %	53 100,0 %	120 100,0 %

En la agrupación óptima del total de datos de CPPSc, respecto a la gravedad de G, se clasificó el CPPSc como: disfonía grave menor a 5,40 dB, moderada de 5,40 a 6,56 dB y leve de 6,57 a 7,37 dB; valores de 7,38 o mayores se clasificaron como normofónico o sano, con un coeficiente de correlación alto, Tau-b de Kendall de 0,852 y una $p=0,000$.

Discusión

Se encontró un mayor número de mujeres con disfonía debido a la mayor prevalencia del sexo femenino con patología tiroidea y manejo quirúrgico con tiroidectomía, lo que puede conllevar la parálisis del pliegue vocal como complicación. Además, es más frecuente la disfonía funcional y psicógena en el sexo femenino, lo que corresponde a lo encontrado en la literatura (17). En el metanálisis de Maryn y colaboradores en 2009 (13) y un estudio de corte transversal por Awan y colaboradores en 2013 (9), el CPPS es considerado como la medida objetiva de la valoración acústica de la voz que más concordancia tiene con la gravedad de la disfonía con respecto a la valoración auditivo-perceptual de la voz con una validez externa fuerte. Wanderley y colaboradores encontraron que G está positiva y fuertemente correlacionada con el valor CPPSc (18). Los hallazgos obtenidos en este estudio reafirman estas apreciaciones, en el que existe una correlación alta de la gravedad de la disfonía medida por G y el valor del CPPSc (0,852, $p=0,000$).

En este trabajo se establecen valores normativos del CPPSc para hablantes del español colombiano sin patología de la voz; sin embargo, es importante establecer estos datos en cada país o incluso región, con el objetivo de dar validez a los valores que después se encuentren en los pacientes con disfonía (19-21).

Las medidas del CPPS también son utilizadas en índices multivariantes de la calidad vocal como el índice acústico de calidad vocal (AVQI) o el CSID (11, 22). Estas medidas incluyen muchos parámetros acústicos, por lo que en teoría deberían tener la capacidad de predecir la disfonía mejor que una medida aislada del CPPS; no obstante, se han encontrado altamente comparables y no tienen ventajas en la práctica ya que para su cálculo se precisa disponer de una extensión para el programa PRAAT, que no está disponible de forma libre (22).

Entre los programas más usados para realizar análisis cepstral se encuentra el PRAAT. Distintos análisis han revelado una sensibilidad del 77 % y una especificidad del 85 % (18); en este estudio se encontró una sensibilidad similar, de 83,6 % y una mayor especificidad, de 96,2 %.

En la literatura revisada, este es el primer estudio que mide la distribución de CPPS en la población colombiana con un software de distribución gratuita (PRAAT). Se debe considerar que los valores cambian de un programa a otro y que, adicionalmente, la principal utilidad de las medidas cepstrales es proporcionar una medida objetiva de la calidad vocal en el seguimiento del tratamiento de la disfonía (11, 20).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, el valor del CPPS en lenguaje conectado mediante el programa PRAAT es una medida eficiente gracias a su alta validez, bajo costo y fácil aplicación para evaluar objetivamente la disfonía y su grado de gravedad, principalmente, en el abordaje pre- y postratamiento. En este estudio se evidenció una buena correlación entre los valores del CPPSc y el diagnóstico y la gravedad de la disfonía para los hablantes de español colombiano, lo que da inicio al desarrollo de estudios de esta variable en nuestro país para la patología de la voz.

Autores como Van Leer y colaboradores han desarrollado una aplicación para teléfonos inteligentes que permite la medición del CPP y que podría favorecer la toma rápida de este dato en el examen clínico; no obstante, tiene limitaciones técnicas como las características del micrófono y los parámetros de medición. Con el avance acelerado de la tecnología, en un futuro cercano se podría tener una mayor difusión y calidad de aplicaciones como esta para un instrumento de gran utilidad en la evaluación de la voz.

Conflictos de interés

No hay conflictos de interés que declarar.

Financiación

Recursos propios de los autores.

Agradecimientos

Al Dr. Steven Osorio, a la Dra. Rosa Milanés y a los pacientes del Hospital Universitario del Caribe en Cartagena y la Unidad de Otorrinolaringología en Bucaramanga.

REFERENCIAS

- Cohen SM. Self-reported impact of dysphonia in a primary care population: an epidemiological study. *Laryngoscope*. 2010;120(10):2022-32. doi: 10.1002/lary.21058
- Roy N, Merrill RM, Thibeault S, Parsa RA, Gray SD, Smith EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res*. 2004;47(2):281-93. doi: 10.1044/1092-4388(2004/023)
- Raju N, Priya TL, Mathini S, Preethi P. Normal versus pathology voice-an analysis. *ICCCA*. 2012;1-4. doi: 10.1109/ICCCA.2012.6179188
- Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS). *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001;258(2):77-82. doi: 10.1007/s004050000299
- 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 (Engl Ed)*. 2018;69(3):134-40. doi: 10.1016/j.otorri.2017.05.006
- Brockmann-Bausser M, Drinnan MJ. Routine acoustic voice analysis: time to think again? *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011;19(3):165-70. doi: 10.1097/MOO.0b013e32834575fe
- Gunjawate DR, Ravi R, Bellur R. Acoustic Analysis of Voice in Singers: A Systematic Review. *J Speech Lang Hear Res*. 2018;61(1):40-51. doi: 10.1044/2017_JSLHR-S-17-0145
- Gerratt BR, Kreiman J, Garellek M. Comparing Measures of Voice Quality From Sustained Phonation and Continuous Speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2016;59(5):994-1001. doi: 10.1044/2016_JSLHR-S-15-0307
- Awan SN, Solomon NP, Helou LB, Stojadinovic A. Spectral-cepstral estimation of dysphonia severity: external validation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2013;122(1):40-8. doi: 10.1177/000348941312200108
- Noll AM. Cepstrum pitch determination. *J Acoust Soc Am*. 1967;41(2):293-309. doi: 10.1121/1.1910339
- Heman-Ackah YD, Sataloff RT, Laureyns G, Lurie D, Michael DD, Heuer R, et al. Quantifying the cepstral peak prominence, a measure of dysphonia. *J Voice*. 2014;28(6):783-8. doi: 10.1016/j.jvoice.2014.05.005
- 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). *J Voice*. 2017;31(5):557-66. doi: 10.1016/j.jvoice.2017.01.006
- Maryn Y, Roy N, De Bodt M, Van Cauwenberge P, Corthals P. Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *J Acoust Soc Am*. 2009;126(5):2619-34. doi: 10.1121/1.3224706
- Fraile R, Godino-Llorente JI. Cepstral peak prominence: A comprehensive analysis. *Biomed Signal Process Control*. 2014;14(1):42-54. doi:10.1016/j.bspc.2014.07.001
- Peterson EA, Roy N, Awan SN, Merrill RM, Banks R, Tanner K. Toward validation of the cepstral spectral index of dysphonia (CSID) as an objective treatment outcomes measure. *J Voice*. 2013;27(4):401-10. doi: 10.1016/j.jvoice.2013.04.002
- Alharbi GG, Cannito MP, Buder EH, Awan SN. Spectral/Cepstral Analyses of Phonation in Parkinson's Disease before and after Voice Treatment: A Preliminary Study. *Folia Phoniatr Logop*. 2019;71(5-6):275-85. doi: 10.1159/000495837
- Schwartz SR, Cohen SM, Dailey SH, Rosenfeld RM, Deutsch ES, Gillespie MB, et al. Clinical practice guideline: hoarseness (dysphonia). *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009;141(3 Suppl 2):S1-S31. doi: 10.1016/j.otohns.2009.06.744
- 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 Otorrinolaringol Esp (Engl Ed)*. 2019;70(4):222-28. doi: 10.1016/j.otorri.2018.04.008
- Hasanvand A, Salehi A, Ebrahimipour M. A Cepstral Analysis of Normal and Pathologic Voice Qualities in Iranian Adults: A Comparative Study. *J Voice*. 2017;31(4):508.e17-508.e23. doi: 10.1016/j.jvoice.2016.10.017
- Lee Y, Kim G, Kwon S. The Usefulness of Auditory Perceptual Assessment and Acoustic Analysis for Classifying the Voice Severity. *J Voice*. 2020;34(6):884-93. doi: 10.1016/j.jvoice.2019.04.013
- Maryn Y, Weenink D. Objective dysphonia measures in the program Praat: smoothed cepstral peak prominence and acoustic voice quality index. *J Voice*. 2015;29(1):35-43. doi: 10.1016/j.jvoice.2014.06.015
- van Leer E, Pfister RC, Zhou X. An iOS-based Cepstral Peak Prominence Application: Feasibility for Patient Practice of Resonant Voice. *J Voice*. 2017;31(1):131.e9-131.e16. doi: 10.1016/j.jvoice.2015.11.022