

## La voz en los cantantes líricos. Protocolo para su valoración clínica y acústica

María José Fernández Gutiérrez<sup>1</sup>, Carla Isidoro Álvarez<sup>2</sup>, Paloma Sirgo Rodríguez<sup>3</sup>, Faustino José Núñez Batalla<sup>4</sup>, César Antonio Álvarez Marcos<sup>5</sup>

Recibido 16 de marzo de 2020 / Primera revisión 18 de mayo de 2020 / Aceptado 8 de julio de 2020

**Resumen.** El objetivo de esta investigación es elaborar un protocolo clínico y acústico con diversas técnicas para evaluar la voz de los cantantes líricos.

Se seleccionaron 18 cantantes líricos, que se consideraban sanos, clasificados como soprano, mezzosoprano, contralto, tenor, barítono y bajo. A todos se les realizó la anamnesis, el S-VHI y una serie de estudios aerodinámicos (TMF, índice s/e y cociente de fonación) y acústicos ( $F_0$ , intensidad, HNR, Jitter, Shimmer, espectrograma, fonetograma y LTAS), así como una exploración clínica e instrumental estroboscópica.

El 33% eran fumadores, siendo este hábito más frecuente en hombres. El S-VHI detectó 20 puntos sobre 144 posibles, puntuación relativamente alta de su grado de incapacidad. Casi la mitad obtuvieron valores fuera del rango de normalidad en el TMF, índice s/e y cociente de fonación. Las características acústicas de su voz y los rangos vocales y dinámicos estaban, en la mayoría de los casos, dentro de la normalidad. En el 55% se observó algún tipo de patología laríngea.

Los cantantes deberían evitar el uso del tabaco, así como hacer revisiones frecuentes para detectar patologías laríngeas que pasan desapercibidas. Los valores aerodinámicos y acústicos muestran alteraciones con respecto a los valores normales de referencia. La presencia de vibrato y formante del cantante puede verse en el espectrograma y el LAST, así como el rango dinámico y vocal con el fonetograma. El uso del protocolo clínico y acústico proporciona importante información que completa la obtenida por el terapeuta vocal o el profesor de técnica vocal en el análisis perceptual de la voz profesional.

**Palabras clave:** análisis de voz, cantantes líricos, clasificación vocal, espirometría, S-VHI, videoestroboscopia.

## [en] Voice in the lyric singers. Protocol for clinical and acoustic assessment

**Abstract.** The goal of this study is to develop a clinical and acoustic protocol with several techniques to evaluate lyrical singers voice. 18 lyrical singers, considered themselves as healthy, were selected including soprano, mezzo-soprano, contralto, tenor, baritone and bass. All of them were submitted to anamnesis, S-VHI and to a series of aerodynamics (TMF, index s/e and phonation quotient) and acoustic ( $F_0$ , intensity, HNR, Jitter, Shimmer, spectrogram, phoneme and LTAS) studies, as well as to a clinical exploration and stroboscopic instrumentation.

33% were smokers, this habit being more frequent in men. By means of S-VHI, 20 points out of 144 possible were detected, a relatively high score about their degree of disability. Almost half of them obtained values in the TMF, index s/e and phonation quotient within the normal range. In most cases, the acoustics characteristics and vocal and dynamic ranges were within normal limits. In 55%, some type of laryngeal pathology was observed.

In order to detect unnoticed laryngeal pathologies singers should avoid the use of tobacco, and be checked periodically by doctors. The aerodynamic and acoustic values show alterations with respect to normal reference values. The presence of vibrato and formant of the singer can be seen by means of the spectrogram, as well as and the LAST, as well as vocal and dynamic ranges is seen with the phonogram. Use of the clinical and acoustic protocol provides important information to complete that obtained by the vocal therapist or technique teacher in the perceptual analysis of the professional voice.

**Keywords:** voice analysis, lyrical singers, vocal classification, spirometry, S-VHI, laryngeal video-stroboscopy.

**Sumario:** Introducción, Método, Participantes, Instrumentos, Procedimiento, Transcripción y codificación, Análisis estadístico, Resultados, Discusión, Referencias

**Como citar:** Fernández Gutiérrez, M. J., Isidoro Álvarez, C., Sirgo Rodríguez, P., Núñez Batalla, F. J., y Álvarez Marcos, C. A. (2021). La voz en los cantantes líricos. Protocolo para su valoración clínica y acústica. *Revista de Investigación en Logopedia* 11(1), e68386. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.68386>

<sup>1</sup> Unidad de Foniatria y Logopedia del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA), Oviedo. Universidad de Oviedo. Correo electrónico: mjferguti@gmail.com

<sup>2</sup> Graduada en Logopedia por la Universidad de Oviedo. Cantante Profesional.

<sup>3</sup> Unidad de Foniatria y Logopedia del HUCA. Universidad de Oviedo.

<sup>4</sup> Servicio de Otorrinolaringología (ORL) del HUCA. Universidad de Oviedo.

<sup>5</sup> Servicio de Otorrinolaringología (ORL) del HUCA. Universidad de Oviedo.

## Introducción

La evaluación de la voz en los cantantes líricos debe ser planteada desde las perspectivas científica y artística. Muchos conocimientos sobre la voz cantada proceden de la tradición italiana y el nacimiento de la ópera en el siglo XVII y van a ser resumidos a continuación. Para que el cantante se comunique con su auditorio, el cuerpo y la voz deben estar estrechamente coordinados. La cabeza, el cuello y la columna vertebral estarán alineados verticalmente manteniendo un adecuado tono muscular (Iwarsson, 2001).

La respiración del cantante debe ser costodiafragmática, contrayendo los músculos intercostales externos y el diafragma a la vez que relaja el abdomen durante el impulso o gesto inspiratorio, mientras contrae los intercostales internos y los abdominales en la emisión vocal. Sin embargo, la actividad de los músculos inspiratorios no se debe acompañar de la relajación inmediata de los músculos espiratorios, ya que debe ser progresiva y balanceada. Este método especializado de respiración para prolongar las posturas propias de la inspiración y de la emisión vocal se denomina *appoggio*. Esta técnica es esencial para que el cantante lírico movilice el soplo y prolongue la fonación, aumentando la facilidad de emisión y la calidad vocal, el rango tonal y la sonoridad de su voz (Sonninen, Laukkanen, Karma y Hurme, 2005; Thorpe, Cala, Chapman y Davis, 2001).

La laringe es imprescindible para el cantante lírico profesional al ser el órgano vibrador. El objetivo de la técnica vocal es conseguir el correcto cierre glótico, coordinando sus músculos extrínsecos e intrínsecos. El cierre glótico permite al cantante emitir una voz limpia y flexible, con un sonido suave, bello y armónico al comienzo de las frases musicales que se denomina “ataque vocal”, contribuyendo, junto a la resonancia, a proyectar la voz cantada (Griffin, Woo, Colton, Casper y Brewer, 1995; Le Huche y Allai, 2003).

La caja de resonancia en el ser humano es el tracto supraglótico, formado por la faringe y las cavidades oral y nasal. La resonancia es un fenómeno físico que aporta armónicos al tono fundamental laríngeo, consiguiendo un sonido pleno y amplificado (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). Los formantes de la voz son armónicos potenciados, emitidos con mayor intensidad en distintos puntos de la cavidad de resonancia (Avilés, Domènech y Figuerola, 2014). En la voz humana se han descrito hasta 6 formantes, los dos primeros responsables de la inteligibilidad vocal y los otros cuatro relacionados con el timbre (Sundberg, 2008). La inteligibilidad en el canto es imprescindible para transmitir el mensaje al oyente, pero disminuye al emitir notas más agudas a las del primer formante. El cantante lírico adquiere con entrenamiento el formante del cantante que le permite proyectar su voz sobre la orquesta (García-López y Gavilán, 2010; Núñez-Batalla, 2013).

El vibrato es un fenómeno acústico complejo, característico también de las voces líricas. Se produce por la contracción de los músculos laríngeos sin que intervengan los respiratorios (Avilés et al., 2014; Marqués, Fernández, Uzcanga, Ruba y García-Tapia, 2006; Prame, 1992). El vibrato proporciona una agradable sensación de flexibilidad y riqueza tonal. Los estudiantes de canto lo desarrollan según madura su voz, a la vez que aumenta la extensión y disminuye su altura tonal.

La clasificación vocal es determinante para la actividad lírica, ya que suele mantenerse y condicionar la vida artística. Los errores en esta clasificación se consideran responsables de la mayoría de los trastornos vocales de los cantantes (Le Huche y Allai, 2003). El rango vocal delimita la tesitura de la voz cantada y fija bien sus límites para clasificar correctamente las distintas voces (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). El esquema clásico para clasificar las voces líricas establece los siguientes tipos (Casanova, 2013): *Soprano*, voz femenina más aguda con varias categorías (ligera, lírica y dramática). *Mezzosoprano*, voz femenina central (coloratura y dramática). *Contralto*, voz femenina más grave. *Tenor*, voz masculina más aguda (ligero, lírico, dramático, Helden tenor). *Barítono*, voz masculina central. *Bajo*, voz masculina más grave.

Todas estas características vocales de los cantantes líricos son adquiridas y educadas por medio de la técnica vocal. Sin embargo, una cualidad que no se considera de manera estricta técnica vocal es la afinación. Para conseguirla se precisa de una buena percepción del sonido, lo que conocemos como oído musical, acompañada de una correcta emisión del tono que se pretende emitir (García-López y Gavilán, 2010). Esta cualidad es inherente a cada persona, pero se puede educar de manera precoz (Perelló, Caballé y Guitart, 1982). El director de coro o el profesor de técnica vocal suelen poseer un oído musical desarrollado que, junto a su experiencia, les permite clasificar inicialmente los tipos de voz, pero no es tarea fácil y puede conducir a errores, con consecuencias negativas en la trayectoria profesional del cantante.

Por todo lo dicho se intuye que en la voz de los cantantes líricos existe un delicado equilibrio entre sus facetas artística y técnica, es decir el talento natural modulado por un proceso de enseñanza-aprendizaje adecuado. Si se rompe este equilibrio, el mecanismo de producción vocal se ve forzado y puede alterarse. El oído musical debería detectar estas situaciones, pero no es tarea fácil. Las técnicas instrumentales y objetivas no buscan sustituir al oído musical, sino ser herramientas de ayuda para valorar mejor el aparato vocal, la voz y diagnosticar precozmente la patología en los cantantes líricos (Pestana, Vaz-Freitas y Manso, 2017; Lloyd et al., 2019).

El objetivo principal de este estudio es establecer un protocolo de evaluación y seguimiento con diversos procedimientos clínicos objetivos que, junto a la valoración perceptual subjetiva del profesional, permitan definir mejor las características de la voz de los cantantes líricos, diagnosticar posibles alteraciones en su aparato vocal y verificar los resultados de la rehabilitación.

## Material y métodos

El proyecto se realizó en el Teatro Campoamor de Oviedo y en las Consultas Externas de los Servicios de Otorrinolaringología y Neumología del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA en adelante), utilizando el equipamiento y mobiliario disponibles en dichas dependencias. El estudio se llevó a cabo entre noviembre de 2018 y mayo de 2019, es de tipo observacional-descriptivo de cohortes y los pacientes se incluyeron de forma prospectiva previa selección no aleatorizada.

Se diseñó una muestra de 18 participantes, voluntarios sanos, 9 mujeres y 9 hombres, todos cantantes líricos en activo en los coros de la Ópera y en la Capilla Polifónica de Oviedo. Su actividad como cantantes se puede catalogar como semiprofesional, ya que la mayoría alternan otras profesiones y su repertorio está integrado por obras de zarzuela y en menor grado de ópera. Se fueron incluyendo en el estudio según aceptaban su participación hasta cubrir cada tipo de voz con tres cantantes: 3 sopranos, 3 mezzosopranos, 3 contraltos, 3 tenores, 3 barítonos y 3 bajos.

La muestra de los participantes tenía una edad media de 31,77 años (rango 18-63), 9 (50%) tenían menos de 11 años de experiencia como cantantes y 3 (16,7%) tocaban además instrumentos de viento. El anonimato de los participantes y de los datos registrados fue garantizado utilizando una referencia alfanumérica, según se especifica en la aprobación del proyecto por parte del Comité Ético del HUCA. Todos los participantes consideraron, en el momento del estudio, que su voz era normal y que la empleaban habitualmente en su actividad. Las pruebas se retrasaron el tiempo necesario si el participante padecía una afección inflamatoria-infecciosa de su vía aérea (rino-faringitis, laringo-traqueo-bronquitis...), realizándolas sólo cuando manifestaba que su voz estaba en las condiciones óptimas. Ningún participante previamente seleccionado tuvo que ser excluido.

Una vez incluidos en el estudio se siguió en todos los participantes el mismo protocolo consistente en las pruebas y técnicas que por orden describimos a continuación:

### *Información y consentimiento*

Se informó a todos los participantes, una vez que accedieron a colaborar, sobre la naturaleza de las pruebas y técnicas previstas y cuándo se iban a realizar. Acudieron a las dos primeras citas en el teatro, coordinando la disponibilidad de la sala y la suya propia. En ese momento firmaron el consentimiento.

### *Análisis de la percepción del propio participante*

En una primera cita se cumplimentó la versión española del índice de incapacidad vocal para cantantes o “voix handicap index for singers” (S-VHI en adelante) validado al español (García-López, Núñez-Batalla, Gavilán-Bouzas y Górriz-Gil, 2010). Este cuestionario está destinado a valorar el impacto en la salud producido por problemas de la voz. Consta de 36 afirmaciones, para las cuáles hay que elegir una respuesta sobre una escala tipo Likert de 5 puntos que va desde “nunca” (valor 0) hasta “siempre” (valor 4). Por tanto, la puntuación total oscila entre 0 y 144, siendo este último valor el de la incapacidad vocal máxima (Núñez-Batalla et al., 2007). Los cuestionarios fueron cubiertos por los participantes, sin ayuda, entre noviembre de 2018 y enero de 2019.

### *Anamnesis, estudio aerodinámico, recogida y análisis de la voz*

En una segunda cita se realizó la anamnesis y el estudio aerodinámico. Se utilizó un espacio insonorizado del teatro, con un nivel sonoro inferior a 50 dB, mediante sesiones individuales de treinta minutos, entre los meses de diciembre y marzo de 2018/2019. Las sesiones se iniciaron recogiendo los siguientes datos: 1) Experiencia como cantante: años de práctica vocal, lugar donde canta o recibe técnica vocal y clasificación vocal actual. 2) Estado de salud: tabaco, alcohol, uso de medicamentos, patología digestiva, alérgica y respiratoria, tos, problemas auditivos y vocales. 3) Profesión y otras actividades musicales.

A continuación se hicieron las pruebas aerodinámicas, que fueron medidas con un cronómetro: emisión de las vocales /a/ y /e/ y la fricativa /s/ durante el máximo tiempo posible, realizando tres intentos y seleccionando el más largo. Las dos últimas medidas permitieron obtener el índice s/e, también conocido como cociente fono-respiratorio clínico. Se considera normal un valor entre 0,95 y 1,1; siendo claramente patológico un valor superior a 1,3 (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). El tiempo máximo de fonación (TMF en adelante) se considera el parámetro aerodinámico más simple y se calcula solicitando a la persona que emita las vocales /a/, /e/ con una altura media e intensidad cómoda durante todo el tiempo posible después de una inspiración forzada (Dejonckere et al., 2001). En el adulto suele estar entre 15 y 29 segundos, siendo el promedio para voz cantada de 18 y para voz hablada de 21, siempre mayor en hombres que en mujeres. Así, el valor normal en mujeres adultas es de 21,3±5,5 segundos y en hombres 25,9±7,4 segundos (Cobeta y Mate, 1996).

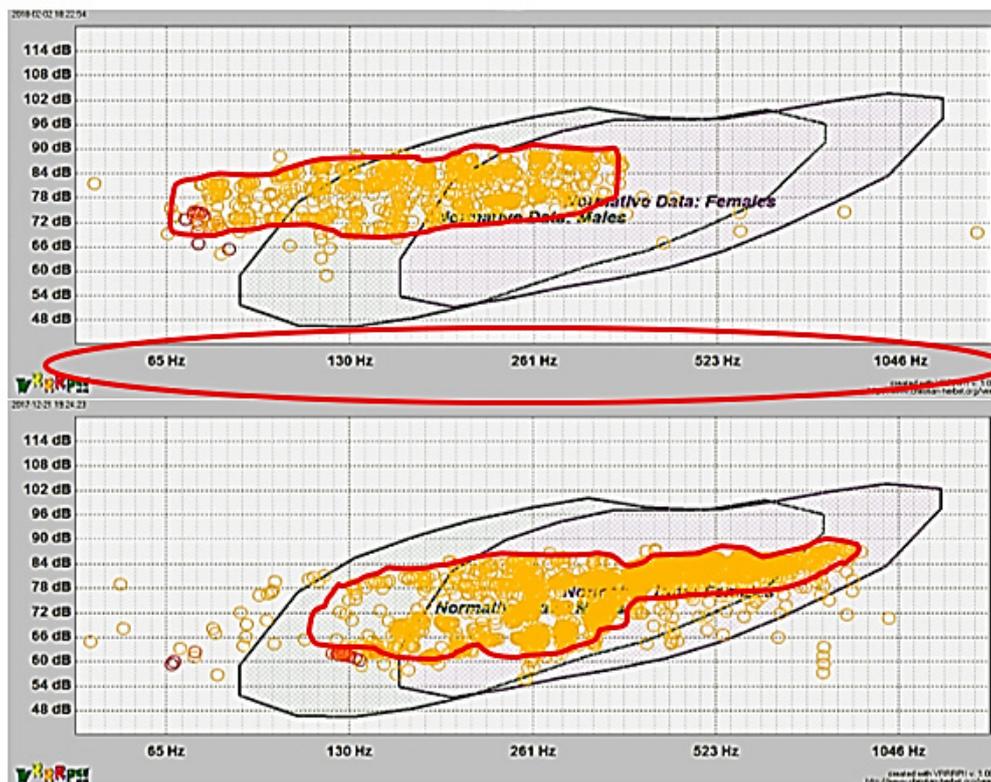
El análisis acústico se realizó en una tercera cita en las consultas externas de Otorrinolaringología del HUCA, entre abril y mayo de 2019, coincidiendo con el resto de estudios hospitalarios. Todos los pasos de la prueba se hicieron en una cabina insonorizada (S-40 de Sibelmed).

Las muestras vocales para el análisis acústico se recogieron con un micrófono de condensador electrostático estéreo SONY ECM – DS70P y un grabador digital SONY ICD – PX820. El micrófono se situaba a 30 cm de la boca del participante. Se calibró el volumen de los altavoces, además del ruido de fondo (“background sound”), con un

sonómetro (Yonsoku SM-6). La grabación acústica se analizó con el programa PRAAT 5.6.56. (Boersma y Weenink, 2017) instalado en un PC compatible Windows 7. Las tareas solicitadas a los participantes fueron realizadas a modo de ejemplo por el examinador, para a continuación recoger sus muestras de voz emitiendo la vocal /e/ en voz hablada mantenida (6 segundos mínimo). Se calculó la frecuencia fundamental media ( $F_0$  en adelante) (valores medios normales de 125 Hz en hombres y de 250 Hz en mujeres), intensidad (valores normales entre 75-80 dB), relación armónico-ruido (HNR en adelante) (valor medio normal de 25,6), Jitter relativo (perturbación de la frecuencia inter-ciclos, en %)(valor medio normal por debajo de 1%) y Shimmer relativo (perturbación de la intensidad entre cada pico frecuencial, en %)(valor medio normal por debajo del 7%) (Cobeta y Núñez, 2013).

Se completó el análisis acústico con el programa de voz CSL 4100 (“Computerized speech laboratory”) de KAY Elemetrics Corp, que permite representar los armónicos agrupados en diferentes formantes en una gráfica amplitud/frecuencia y recoger diversos parámetros acústicos: vibrato (oscilación tanto del tono, entre 4,5–5,5 Hz, como de la intensidad del sonido, 2-3 dB) y espectrográficos: presencia de ruido, armónicos, subarmónicos y formantes, particularmente el formante del cantante con el registro “long term average spectrum” (LTAS en adelante). El formante del cantante es un refuerzo de energía en la zona de 2500–3000 Hz del espectrograma (suma de los formantes tercero a quinto) (Cobeta y Mora, 2013a; Núñez-Batalla, 2013). Para conseguir ambos registros (vibrato y formante del cantante) se emitía la vocal /e/ cantada a una intensidad cómoda, intentando lograr su máxima calidad y utilizando, si fuera necesario, un tono alto si se conseguía mejor emisión.

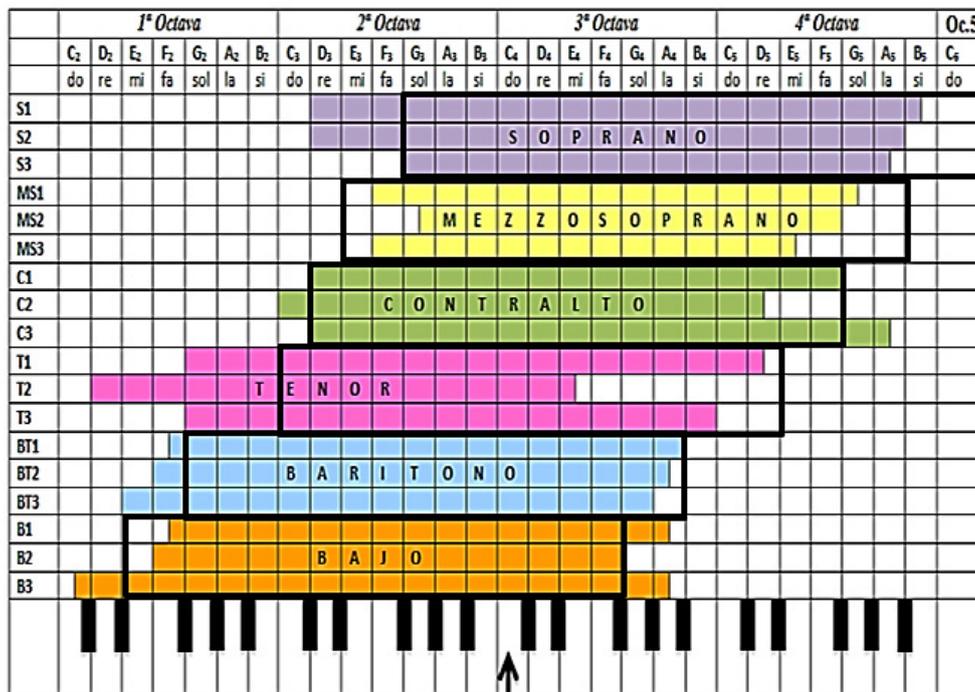
Para finalizar el análisis de la voz se procedió a elaborar el fonetograma a tiempo real empleando las vocales /a/ /i/ para rellenar todo el campo vocal y utilizando el programa VRRRP (Herbst, 2008). Se trata de un “software” acústico de libre acceso que representa gráficamente la extensión vocal. Lo realizamos a partir de la medición de dos parámetros objetivos y cuantificables, la intensidad en dB y la frecuencia máxima y mínima en Hz, registrando los resultados en un diagrama cartesiano (Figura 1) (Elgström, 2002).



**Figura 1.** Fonetograma a tiempo real con las vocales /a/, /i/ de una voz de bajo (superior) y de soprano ligera (inferior).

Las pautas dadas a los participantes en cuanto a la postura a adoptar para realizar el fonetograma fueron: apoyar el peso corporal en los dos pies por igual, flexionar ligeramente las rodillas, alinear las caderas en la dirección del tronco, mantener los hombros relajados en su posición más baja y utilizar respiración abdominal (Elgström, 2006). Se colocó el micrófono a 30 cm del participante, realizando la emisión vocal como en la recogida de las muestras vocales. El explorador facilitaba una nota cómoda en el piano y el participante debía realizar una escala cromática ascendente y descendente con la vocal /a/ en intensidad “forte”. Se volvía a repetir la escala a intensidad “piano” para tratar de obtener el registro gráfico de todo el campo vocal. Se repetía el ejercicio con la vocal /i/ a intensidades “forte” y “piano”. Se denomina rango dinámico a la diferencia entre la intensidad mínima y máxima medidas en dB. La intensidad máxima para la voz cantada es 80 dB tanto para las voces femeninas como masculinas, aunque se han

medido valores de hasta 120 dB en algunos tenores a máxima potencia (Perelló et al., 1982). Por tanto, es variable y depende del tipo de voz, aumentando con el entrenamiento. El rango vocal es la diferencia entre la frecuencia mínima y máxima medidas en semitonos y Hz. En la voz cantada, el rango vocal debe ser superior al de la voz hablada, pudiendo alcanzar con entrenamiento tres octavas (36 semitonos). El rango vocal en Hz se calcula por medio de la escala temperada de frecuencias según lo indicado por Cobeta y Mate (1996). Esa referencia para la clasificación vocal se puede observar en la figura 2 (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013).



**Figura 2.** Rango vocal de los 18 participantes recogido durante la realización del fonetograma. S: soprano, MS: mezzosoprano, C: contralto, T: tenor, BT: barítono, B: bajo. Se recuadran en negro los límites de las tesituras de la voz cantada según la clasificación de Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla (2013).

*Videostroboscopia laríngea (VEL)*

Finalizado el análisis acústico se procedió a la VEL para observar la anatomía y función de las cuerdas vocales. El participante permanecía sentado en el sillón de exploración con el tronco mínimamente inclinado hacia delante, la cabeza extendida ligeramente y la boca abierta. Se utilizó un telefaringoscopio rígido (Olympus 70°) conectado a una cámara y a un monitor de televisión. Se alternó la luz normal y la estroboscópica (Storz Pulsar II) para visualizar las cuerdas vocales de forma ilusoria a “cámara lenta” y evaluar las características de su movimiento y vibración durante el ciclo vocal (Cobeta, Núñez y Fernández, 2013). La frecuencia de dicho ciclo varía en el hombre (100-150 ciclos/s), mujer (200-270 ciclos/s), niño (220-280 ciclos/s), voz cantada, etc.

Se utilizó la vocal /i/ en intensidad cómoda y con su tono habitual (ni muy agudo ni muy grave), durante la emisión de un *glissando* ascendente y descendente. Así, se conseguía enderezar la epiglotis y mostrar una mejor imagen de las cuerdas vocales. En algunos casos fue necesario aplicar anestesia local en la cavidad oral para reducir el reflejo nauseoso.

Los aspectos valorados en la estroboscopia, propuestos en el protocolo de Cobeta et al. (2013) fueron: 1) Características y grado de ondulación de la mucosa. 2) Periodicidad. 3) Análisis de los movimientos verticales y horizontales. 4) Cierre glótico: completo o incompleto, permanente o intermitente. 5) Simetría de los movimientos bilaterales. 6) Regularidad de las vibraciones.

La VEL se consideró dentro de lo normal si se objetivaba una onda mucosa simétrica, regular y periódica con cierre glótico completo, al margen de otras alteraciones que se pudieran detectar.

*Función respiratoria*

En una cuarta cita en las Consultas Externas de Neumología del HUCA, entre abril y mayo de 2019, se realizó una espirometría. Se trata de un procedimiento no invasivo para valorar la función ventilatoria pulmonar, del que se obtiene el valor de la capacidad vital forzada (CVF en adelante) para el cálculo del cociente de fonación (CF en adelante). El CF es la relación entre la CVF y el TMF, expresado por la fórmula: CF= CVF (cc) / TMF (s). El CF representa la

medida básica del control respiratorio y de la eficiencia del cierre glótico, siendo su rango de normalidad 69-307 cc/s para los hombres y 78-241 cc/s para las mujeres (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). Hay que pesar y medir la altura a cada participante para obtener el valor de referencia de su CVF. Con el sujeto sentado se sella la nariz con una pinza para evitar el escape aéreo nasal. Se coloca la boquilla del espirómetro en la boca y se realiza una respiración normal, relajada, para continuar con una inspiración profunda y una exhalación forzada. La prueba se repite al menos 3 veces hasta obtener los valores máximos de cada medida.

Para el análisis de las variables se utilizó el programa SPSS (“Statistical Package for Social Science”), versión 15.0 para Windows (SPSS® Inc. Illinois, EE. UU). Se utilizaron las medias, desviaciones y rangos, así como los porcentajes. Las variables cualitativas se correlacionaron con la prueba  $\chi^2$  de Pearson o el estadístico exacto de Fisher. Las variables cuantitativas se correlacionaron comparando las medias con la T de Student. La significación se estableció para  $p \leq 0,05$ .

## Resultados

En la muestra de participantes la exposición al tabaco se constata en 6 (33%), predominando los hombres con 4 (22%). Además, buena parte de ellos refiere patología respiratoria de tipo alérgico (39%) y menos (16,7%) reflujo gástrico, con posibles implicaciones en su aparato vocal (Tabla 1). La sobrecarga fue la patología vocal más observada (grado I o exceso de secreciones en las 3 voces femeninas, mientras que en un barítono era grado II con ligera irregularidad en el borde libre de una cuerda vocal junto a exceso de secreciones). El edema observado en dos participantes era bilateral en el borde libre (grado I) sin defecto de cierre, ambos sujetos eran fumadores y tenían signos de reflujo faringolaríngeo. Los dos pólipos observados eran sésiles, traslúcidos y no causaban defectos de cierre.

**Tabla 1.** Hábito tabáquico, patología alérgica, digestiva y vocal (n=18).

Clasificación vocal	Tabaco	Patología alérgica	Reflujo faringolaríngeo	Patología vocal		
				Sobrecarga	Pólipo	Edema
Soprano		1	–	1		
Mezzosoprano	1	2	1	1	1	1
Contralto	1	1	–	1	1	
<b>Total voz femenina</b>	<b>2(11,1%)</b>	<b>4(22,2%)</b>	<b>1(5,5%)</b>	<b>3(16,7%)</b>	<b>2(11,1%)</b>	<b>1(5,5%)</b>
Tenor	1	1	–	–	–	–
Barítono	2	2	1	1	–	–
Bajo	1	–	1	–	–	1
<b>Total voz masculina</b>	<b>4(22,2%)</b>	<b>3(16,7%)</b>	<b>2(11,1%)</b>	<b>1(5,5%)</b>	<b>-</b>	<b>1(5,5%)</b>
<b>Total participantes</b>	<b>6(33,3%)</b>	<b>7(38,9%)</b>	<b>3(16,7%)</b>	<b>4(22,2%)</b>	<b>2(11,1%)</b>	<b>2(11,1%)</b>

En la tabla 2 se presentan los valores obtenidos con el S-VHI.

**Tabla 2.** Valores del S-VHI (n=18).

Clasificación vocal	Media	Desviación	Rango
Soprano	18,33	9,07	10-28
Mezzosoprano	11,33	11,54	10-12
Contralto	26	28,35	4-58
<b>Total voz femenina</b>	<b>21,61</b>	<b>16,32</b>	<b>4-58</b>
Tenor	26,33	23,24	0-44
Barítono	21,33	18,58	0-34
Bajo	15,66	17,01	3-35
<b>Total voz masculina</b>	<b>21,10</b>	<b>19,61</b>	<b>0-44</b>
<b>Total participantes</b>	<b>21,35</b>	<b>16,53</b>	<b>0-58</b>

En la tabla 3 se presentan los valores aerodinámicos (CVF, índice S/E, CF y TMF), especificando dichos valores en los cantantes que tocan instrumentos musicales de viento.

**Tabla 3.** Valores aerodinámicos y de función respiratoria (n=18). Se especifican dichos valores en los cantantes que tocan instrumentos de viento

Clasificación vocal	CVF (L)*		Índice s/e		CF (cc/s)		TMF (s)	
	Media-DT	Viento	Media-DT	Viento	Media y DT	Viento	Media y DT	Viento
Soprano	4,06±0,42	–	1,43±0,75	–	243,86±89,29	–	17,63±3,99	–
Mezzosoprano	4,31±0,45	4,64	1,67±0,38	2,09	318,02±83,81	390,96	14,40±5,05	25,56
Contralto	3,52±0,19	-	1,32±0,45	-	246,27±67,64	–	15,22±4,98	–
Total voz femenina	3,75±0,35	4,64	1,47±0,53	2,09	269,38±80,25	390,96	15,75±4,67	25,56
Tenor	5,19±0,83	–	1,37±0,78	–	228,78±82,28251,84±15,18	–	24,26±7,26	-
Barítono	5,68±1,18	7,05	1,37±0,49	1,07	295,42±51,44	266,43	22,39±3,63	28,53
Bajo	5,86±0,54	6,42	1,24±0,70	0,77		261,18	20,04±4,83	19,12
Total voz masculina	5,57±0,85	6,73	1,39	0,92	258,68±49,63	263,80	22,35±5,24	23,82
<b>Total participantes</b>	<b>4,66±0,60</b>	<b>5,68</b>	<b>1,43±0,59</b>	<b>1,50</b>	<b>264,03±64,94</b>	<b>327,38</b>	<b>19,50±4,95</b>	<b>24,69</b>

\*L = litros

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en el análisis acústico y la presencia de vibrato y formante del cantante. Se observa que la  $F_0$  muestra un descenso paulatino desde las voces femeninas más agudas hasta las masculinas más graves, a excepción de la voz de tenor que se solapa y es más aguda que la de contralto. El resto de las variables acústicas, como la intensidad tiene valores similares, con algunas tendencias en los valores de perturbación y en la relación HNR.

**Tabla 4.** Análisis acústico (valores medios) y presencia de vibrato (espectrograma de banda estrecha) y formante del cantante (LTAS) (n=18).

Clasificación vocal	$F_0$ (Hz)	Intensidad (dB)	Jitter (%)	Shimmer (%)	HNR	Vibrato (n, %)	Formante (n, %)
Soprano	311,43	81,72	,09	1,05	27,38	2	2
Mezzosoprano	304,33	83,39	,07	1,09	26,37	3	2
Contralto	277,49	81,2	,18	1,82	22,09	1	3
Total voz femenina	297,75	82,10	,18	1,32	25,28	6 (66,66%)	7 (77,77%)
Tenor	304,02	78,17	,12	2,72	15,83	3	3
Barítono	175,98	81,36	,08	1,34	23,38	2	2
Bajo	169,46	79,93	,07	1,67	20,19	2	3
Total voz masculina	216,48	79,82	,09	1,91	19,89	7 (77,77%)	8 (88,88%)
<b>Total participantes</b>	<b>257,12</b>	<b>80,96</b>	<b>,10</b>	<b>1,62</b>	<b>22,59</b>	<b>13 (72,22%)</b>	<b>15 (83,33%)</b>

En la tabla 5 se muestran los valores de los rangos vocal y dinámico recogidos en el fonetograma y en la figura 2 se representan los rangos vocales de todos los participantes.

**Tabla 5.** Rango vocal y dinámico (n=18).

Clasificación vocal	Rango vocal (semitonos)			Rango dinámico (dB)		
	Media	Desviación	Rango	Media	Desviación	Rango
Soprano	29	4,35	24-32	28,67	8,12	19,30-33,80
Mezzosoprano	23,33	3,05	20-26	23,03	4,40	19,19-27,80
Contralto	27,33	2,30	26-30	26,46	4,32	23,30-31,40
Total voz femenina	26,55	3,23	20-32	26,05	5,62	19,19-33,80
Tenor	28,66	1,15	28-30	21,10	1,83	19,00-21,10
Barítono	29	3,00	26-32	18,03	10,53	11,70-30,20
Bajo	26,66	2,08	25-29	21,75	5,34	17,50-27,75
Total voz masculina	28,10	2,07	25-32	20,29	5,90	11,70-30,20
<b>Total participantes</b>	<b>27,32</b>	<b>2,65</b>	<b>20-32</b>	<b>23,17</b>	<b>5,76</b>	<b>11,70-33,80</b>

Por último, la VEL mostró que todos los participantes tenían simetría y regularidad en la vibración cordal, con periodicidad de la onda y cierre glótico completo. No obstante, 8 cantantes (44,4%) presentaban diversos trastornos en las cuerdas vocales (Tabla 1). El tipo de voz donde más se concentraba estas alteraciones eran las mezzosopranos, sin que esto pareciera alterar los valores recogidos en el análisis acústico, mientras que los tenores, donde no se observaron alteraciones con la VEL, tenían unos valores acústicos (Jitter, Shimmer y HNR) más comprometidos (Tabla 4).

## Discusión

En este estudio se ha realizado una selección previa de participantes por su sexo y clasificación vocal, utilizando 9 voces femeninas y 9 masculinas, 3 por cada tipo de voz, de acuerdo a la clasificación más admitida según su rango vocal, como indican otros autores (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). No es el objetivo del estudio, ni lo pretende, analizar y extrapolar los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas a los participantes para que sirvan de referencia al resto de los cantantes, sino probar que el protocolo propuesto permite obtener datos verosímiles y que es factible de ser aplicado a dicho colectivo. La forma de seleccionar la muestra y el número de participantes no permitiría establecer valores de normalidad para las variables analizadas, que sí se referencian de otros estudios citados en el protocolo de material y métodos.

La edad media de los participantes fue de 32 años, aunque al tener solo 3 cantantes por tipo de voz este dato puede tener sesgos; no obstante, es representativa de la actividad y repertorio principal de los coros donde se integraban los cantantes (semiprofesional, zarzuela). Hay mucha variación respecto a los años de experiencia en el canto, teniendo la mitad de los participantes menos de 11 años de estudios musicales. En otros estudios similares al nuestro, aunque con más participantes, el rango de años de experiencia se extendía de los 3 a los 30 años (Brown, Rothman y Sapienza, 2000; Lloyd et al., 2019).

Observamos que 6 participantes (33%), sobre todo hombres, manifestaban relación con el hábito tabáquico (Tabla 1). Es llamativo el elevado número de fumadores ya que, siendo cantantes semiprofesionales, deberían estar bien informados sobre los efectos nocivos del humo del tabaco en el aparato respiratorio y fonador (Coll, 2013). En un artículo comparativo de la función respiratoria entre solistas, cantantes de ópera y músicos de instrumentos de viento, también se observó que los hombres fumaban más que las mujeres (57% frente a 28%) (Ksinopoulou, Hatzoglou, Daniil, Gourgoulanis y Karetsi, 2016).

La puntuación del S-VHI en los participantes, en principio cantantes sanos, contrasta con lo esperado, ya que obtiene valores de 20 puntos sobre 144 de incapacidad vocal (Tabla 2), coincidiendo con lo observado por García-López et al. (2010). Los cantantes, sobre todo los líricos, son personas muy críticas y perfeccionistas con su voz y todo lo relacionado con ella suelen acompañarlo de una fuerte carga emocional. Es comprensible que, al margen de sus mayores exigencias vocales, tiendan a valorar más su grado de incapacidad que otras personas sin sus necesidades.

En relación al índice s/e, 8 participantes (44%) tenían valores fuera del rango de la normalidad (0,95-1,1), siendo este hecho más frecuente en las mujeres, como también observaron Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla (2013). En 7 (39%) de los participantes con valores del índice s/e fuera del rango de normalidad, la eficiencia glótica está reducida (alterado el denominador /e/). Además, 3 de ellos tocaban instrumentos de viento (Tabla 3), lo que podría alterar el numerador /s/ del índice y otros 5 presentaban patología alérgica asociada (Tabla 1). Curiosamente los participantes fumadores obtuvieron valores del índice s/e dentro de la normalidad, aunque su número es reducido y la intensidad y tiempo de exposición al tabaco no era muy alta. Otros autores como Guimarães y Abberton (2005), observaron lo contrario al evaluar salud y calidad vocal en personas fumadoras y no fumadoras. El hecho de que nuestros resultados difieren de lo recogido en la bibliografía puede ser debido a que se trata de una muestra pequeña y no aleatorizada. Sería conveniente, en el futuro, ampliar la investigación del índice s/e a un mayor número de cantantes y establecer valores de referencia fiables, ya que se trata de una prueba muy utilizada y de fácil aplicación.

La CVF presenta valores superiores respecto a los de referencia en la población normal (Tabla 3), como también señalan otros autores para los cantantes (Irzaldy, Wiyasihati y Purwanto, 2016). Los 3 participantes que tocaban instrumentos de viento tenían aún valores más altos de CVF, como también observa Herer (2001), que relaciona la actividad musical con la patología respiratoria; en el resto de los valores aerodinámicos presentan diferentes comportamientos siendo la mezzosoprano la única que supera los valores en el resto de las medidas aerodinámicas (Índice s/e, CF y TMF), mientras que el bajo no supera ninguno (Tabla 3).

El TMF es claramente superior en las voces masculinas respecto a las femeninas (Tabla 3) como también han observado otros autores (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). Destacamos que 7 participantes (39%) tendrían valores por debajo de la normalidad, 5 voces femeninas (<18,7 s) y 2 masculinas (<18,5 s), con las referencias presentadas por Cobeta y Mate (1996).

En consonancia con los datos anteriores, el CF de 13 participantes (72,22%) mostraba valores por debajo del límite de normalidad establecido (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). Consideramos muy positivo haber calculado el CF con la CVF ya que, aunque es una medida muy citada, no se suele realizar al no disponer del equipo adecuado.

Se observa diferencia, como cabría esperar, en la CVF y el TMF entre las voces masculinas y femeninas, como han señalado también otros autores (Jackson Menaldi y Núñez-Batalla, 2013), pero en las otras variables aerodinámicas (índice s/e y CF) estas diferencias no son tan marcadas (Tabla 3).

Podemos resumir que en la medida de la función aerodinámica y respiratoria de los cantantes, nuestros datos concuerdan con los de otros autores en cuanto a la voz femenina y masculina (CVF, TMF), pero muchos participantes están fuera del rango de referencia considerado como normal. La obtención de estos datos aerodinámicos parece factible con el protocolo propuesto, pero deberían ser considerados con cautela al no disponer de referencias específicas para cantantes de nuestro entorno y trabajar con referencias de colectivos con localizaciones geográficas y países diferentes. Sería de gran interés continuar estos estudios y disponer de una base de datos más amplia, con la que establecer valores de referencia para las voces autóctonas y poder contrastar con ellos futuros estudios.

En el análisis acústico de la voz destaca que la  $F_0$  en voces femeninas era más alta, como cabría esperar, a la observada en las voces masculinas, menos en el caso de la voz de tenor que se sitúa a la altura de la mezzosoprano y superior a la de contralto (Tabla 4). Estos datos coinciden con los de otros estudios publicados (Anand, Wingate, Smith y Shrivastav, 2012). Es bien conocido que la voz femenina tiene una  $F_0$  más alta y, como es lógico, lo mismo ocurre en la clasificación vocal de los cantantes (Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla, 2013). Este hecho se explica desde el punto de vista fisiológico por la longitud relativa de las cuerdas vocales (12,5-17 mm en mujeres y 17-23 mm en hombres) (Delgado, León, Jiménez e Izquierdo, 2017), aunque también por la tensión a la que se ven sometidas y la densidad tisular del músculo vocal.

En nuestro estudio observamos que la perturbación de la frecuencia (Jitter) y de la intensidad (Shimmer) presentan valores dentro de la normalidad, como también han visto otros autores (Delgado et al., 2017), que obtienen valores de perturbación similares utilizando el programa PRAAT, en una muestra de 50 participantes normofónicos. Aunque vemos algunas tendencias en el valor de las perturbaciones (Tabla 4), no deberían ser consideradas como relevantes ya que estas medidas presentan mucha variabilidad en el procesamiento de la señal por los diferentes programas de análisis; teniendo en cuenta además el número limitado de la muestra. Autores como Cobeta y Mora (2013a) señalan que las perturbaciones en la frecuencia e intensidad (Jitter y Shimmer relativos) no guardan relación en sus valores con el sexo. Además, las variables acústicas que miden la relación HNR son extremadamente sensibles y pueden tener poco valor en caso de disfunción laríngea, donde la voz pierde periodicidad (Vaz Freitas, Melo Pestana, Almeida y Ferreira, 2015). Los participantes de nuestro estudio, aunque manifestaron estar sanos y tener su voz normal, presentaban en la VEL algunas alteraciones que podrían relativizar el valor de estas variables acústicas (Maryn, Roy, De Bodt, Van Cauwenberge y Corthals, 2009). La comparación de las variables acústicas podría tener interés si se contase con una muestra de voces más amplia, excluyendo de ella a los cantantes con alteraciones en la exploración clínica.

El vibrato estaba presente en 13 participantes (72%), confirmando que están recibiendo o han recibido una formación adecuada en técnica vocal (Tabla 4). No obstante, en los 5 participantes (28%) restantes, habría que hacer un seguimiento para demostrar si se consigue con el tiempo y guarda relación con la duración de sus estudios musicales. Otros autores, como Marqués et al. (2006), indican que el vibrato se desarrolla con el entrenamiento vocal y surge de forma involuntaria durante la educación vocal para el canto, pero no es algo sujeto a un entrenamiento específico (Han y Zhang, 2017). Hemos observado que el formante de cantante se demostraba en 15 participantes (83%), valor similar al obtenido por Brown et al. (2000).

El fonetograma presenta un rango dinámico entre 11,7 y 33,8 dB, resultados análogos al estudio realizado por Coleman (1994), que evalúa una muestra similar a la estudiada por nosotros. Observamos en las voces femeninas un mayor rango dinámico que en las masculinas, destacando las sopranos (rango más alto) frente a los barítonos (rango más bajo) (Tabla 5). El rango vocal no tiene diferencias tan marcadas entre los tipos de voz, aunque sí entre las voces femeninas y masculinas, mostrando la mayor extensión vocal en las sopranos. La mayoría de los participantes se encuentran en la extensión media de su clasificación, con diferencias entre las voces de mujer y hombre. Así, en la voz femenina la soprano (S1) alcanzaba la frecuencia más aguda y la contralto (C2) la más grave. En la voz masculina, el tenor (T1) presenta la voz más aguda y el bajo (B3) la más grave. Sin embargo, con el fonetograma hemos comprobado que el rango vocal de los barítonos se superpone al de los bajos y, sorprendentemente, el tenor (T2) tiene un rango vocal más propio de un bajo y la contralto (C3) encaja más con el de una soprano, si tomamos como referencia la clasificación de Jackson-Menaldi y Núñez-Batalla (2013) (Figura 2).

El fonetograma en tiempo real con el programa VRRRP de libre acceso, resultó una herramienta de fácil aplicación y de gran utilidad para clasificar la voz (Figura 1) (Herbst, 2008). Señalamos, como posible limitación a los datos obtenidos, que el fonetograma se realizó sin hacer un calentamiento vocal intenso y los valores extremos del rango vocal pueden no ser los máximos o mínimos de cada participante. Idrobo (2013) evaluó a 35 cantantes, de los cuales el 72% mejoraban su rango vocal después de realizar un calentamiento enérgico.

La patología vocal más observada fue la sobrecarga vocal, seguida de los pólipos y el edema que afectaban a 8 participantes (45%) (Tabla 1). Estos datos, aunque llamativos por su frecuencia, coinciden con lo citado en la bibliografía (Cobeta y Mora, 2013b; Lloyd et al., 2019). Se ha visto que la patología vocal, sobre todo el edema, está condicionada por el tabaco y el reflujo faringo-laríngeo, como evidencian estos autores. Aunque nuestra muestra es limitada, los dos participantes con edema presentaban reflujo y exposición al tabaco. No obstante, la mayoría de los participantes que hemos observado con “patología vocal” eran mujeres, predominando en ellas la sobrecarga vocal.

El estudio realizado nos ha servido para conocer, desarrollar y ejercitar diversos instrumentos y herramientas de este protocolo que puede ser útil y factible para el estudio, clasificación y seguimiento de la voz en los cantantes. Los

datos obtenidos servirían de complemento y apoyo a la evaluación perceptual subjetiva que realiza el profesor de canto y el terapeuta de la voz con otros instrumentos de uso más habitual. De esta manera la faceta de evaluación artística de la voz se verá completada con procedimientos técnicos y científicos, como ya apuntamos en la introducción. En el futuro es nuestro propósito ampliar la base de cantantes y establecer comparaciones entre las pruebas objetivas y subjetivas, como ya ha hecho nuestro grupo con otros colectivos, como es el caso de los pacientes laringectomizados (Granda et al., 2016). No pretendemos extrapolar los datos obtenidos en este estudio como valores de referencia, por la limitación del tamaño muestral como ya hemos indicado de manera reiterada, pero sí ampliarlo en el futuro. Por tanto, debemos considerar este estudio como la fase inicial de un proyecto más amplio e innovador, que permita crear en el futuro un registro completo donde se integren las características vocales de los cantantes líricos de nuestro medio, para servir de referencia en próximas investigaciones.

## Conclusiones

- 1) Un tercio de los participantes tiene hábitos nocivos para su voz como el tabaquismo, que debería ser prevenido y evitado; la mitad presenta patología alérgica o digestiva que la puede afectar y, por tanto, tendría que ser tratada.
- 2) Los cantantes valoran su incapacidad vocal (S-VHI) con un valor más alto de lo que cabría esperar entre un grupo reclutado como participantes sanos sin problemas vocales, quizás porque tienen un nivel de exigencia vocal más alto.
- 3) La valoración de la función aerodinámica permite obtener datos objetivos relacionados con función vocal (CVF, TMF, CF, índice s/e). Es llamativo que muchos participantes, en principio sanos, presentan algunos índices fuera del rango considerado como normal: 44% en el índice s/e y 39% en el TMF (más en mujeres). Además, los cantantes que utilizan instrumentos de vientos tienen la CVF con valores más altos.
- 4) En las características acústicas, como cabría esperar, las voces femeninas alcanzan las frecuencias más agudas, estando las medidas de la perturbación (Jitter y Shimmer) y la relación HNR dentro de la normalidad. El 72% tenían vibrato y el 83% formante del cantante.
- 5) La mitad de los cantantes estudiados con VEL presentaban algún tipo de patología en su laringe, estando repartida por igual entre patología funcional y orgánica, aunque todos ellos lo desconocían, siendo la mayoría mujeres.
- 6) Por último, el protocolo de evaluación propuesto (S-VHI, análisis acústico, espectrograma de banda estrecha, LTAS y fonetograma), permite obtener, de forma rápida y objetiva, un registro muy completo de la voz de los cantantes (incapacidad,  $F_0$ , intensidad, perturbaciones, HNR, vibrato, formante del cantante, rango vocal y dinámico), que puede servir de ayuda y complemento a los métodos perceptuales subjetivos que emplea el profesional para el estudio, clasificación y seguimiento de la voz lírica.

## Referencias

- Avilés, F.J., Domènech, E., y Figuerola, E. (2014). Patología de la voz hablada y de la voz cantada. *En Libro Virtual de Formación en ORL* (pp. 1-20). Recuperado de: <http://seorl.net/>
- Anand, S., Wingate, J.M., Smith, B., y Shrivastav, R. (2012). Acoustic Parameters Critical for an Appropriate Vibrato. *Journal of Voice*, 26(6), 820.e19-820. e.25. DOI: 10.1016/j.jvoice.2012.06.004
- Boersma, P. y Weenink, D. (2017). *Praat: doing phonetics by computer* [Programa informático]. Amsterdam: Department of language and Literature, University of Amsterdam.
- Brown, W.S Jr., Rothman, H.B., y Sapienza, C.M. (2000). Perceptual and acoustic study of professionally trained versus untrained voices. *Journal of Voice*, 14(3), 301-309. DOI: 10.1016/s0892-1997(00)80076-4
- Casanova, C. (2013). Características de la voz cantada y estilos vocales. En B. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 525-533). Barcelona, España: Marge Médica Books.
- Cobeta, I., y Mate, A. (1996). Tiempo de fonación. Índice s/z. Volúmenes. Escalas. En U. García-Tapia y I. Cobeta (Eds.), *Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz* (pp.98-102). Madrid, España: Garsi.
- Cobeta, I., y Mora, E. (2013a). Fisiología de la voz cantada. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp.516-524). Barcelona: Marge Médica Books.
- Cobeta, I., y Mora, E. (2013b). Patología de la voz cantada. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp.545-555). Barcelona: Marge Médica Books.
- Cobeta, I., y Núñez, F. (2013). Análisis de la señal acústica. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 193-198). Barcelona, España: Marge Médica Books.
- Cobeta, I., Núñez, F., y Fernández, S. (2013). Exploración funcional por la imagen. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 146-177). Barcelona, España: Marge Médica Books.
- Coleman, R. (1994). Dynamic Intensity Variations of Individual Choral Singers. *Journal of Voice*, 8(3), 196-201. DOI: 10.1016/s0892-1997(05)80289-9

- Coll, R. (2013). Higiene vocal. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 483-487). Barcelona, España: Marge Médica Books.
- Dejonckere, P. H., Bradley, P., Clemente, P., Cornut, G., Crevier-Buchman, L., Friedrich, G., y Woisard, V. (2001). A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 258(2), 77-82. DOI: 10.1007/s004050000299
- Delgado, J., León, N.M., Jiménez, A., e Izquierdo, L.M. (2017). Análisis acústico de la voz: medidas temporales, espectrales y cepstrales en la voz normal con el PRAAT en una muestra de hablantes de español. *Revista de Investigación en Logopedia*, 7(2), 108-127.
- Elgström, E. (2002). El fonetograma como instrumento objetivo de análisis y evaluación de la voz. Principales aplicaciones en el campo de la música y de su enseñanza. *Eufonia. Didáctica de la música*, 24(2), 80-88. Recuperado de: [http://www.materialmusical.com/edmon\\_elgstrom\\_articulos.html](http://www.materialmusical.com/edmon_elgstrom_articulos.html)
- Elgström, E. (2006). Fonetometría: una propuesta de protocolo. *Phonica*, 2, 1-18.
- García-López, I., y Gavilán, J. (2010). La voz cantada. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 61(6), 441-451. DOI:10.1016/j.otorri.2009.12.006
- García-López, I., Núñez-Batalla, F., Gavilán-Bouzas, J., y Górriz-Gil, C. (2010). Validación de la versión en español del índice de incapacidad vocal (S-VHI) para el canto. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 61(4), 247-254. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.otorri.2010.10.002>
- Guimarães, I., y Abberton, E. (2005). Health and voice quality in smokers: An exploration investigation. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 30(3-4), 185-191. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14015430500294114>
- Granda, CM., Fernández, MJ., Mamolar, S., Santamarina, L., Sirgo, P., y Álvarez, C. (2016). La voz del laringectomizado: incapacidad, percepción y análisis acústico. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 36(3), 127-134. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rlfa.2016.03.002>
- Griffin, B., Woo, P., Colton, R., Casper, J., Brewer, D. (1995). Physiological characteristics of the supported singing voice. A preliminary study. *Journal of Voice*, 9 (1), 45-56. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80222-X](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80222-X)
- Han, Q., y Zhang, R. (2017). Acoustic Analyses of the Singing Vibrato in Traditional Peking Opera. *Journal of Voice*, 31(4), 511.e1-511.e9 DOI: 10.1016/j.jvoice.2016.11.016
- Herbst, C. (2008). VRRRP [Programa informático]. Recuperado de: <https://homepage.univie.ac.at/christian.herbst/vrrrp/>
- Herer, B. (2001). Musique et pathologie respiratoire. *Revue des maladies respiratoires*, 18(2), 115-122.
- Idrobo, A. (2013). Aplicación del protocolo de valoración del rango vocal en cantantes del Colegio de Música de Medellín, mediante el módulo Real Time Pitch. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 33(3), 109-116. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.rlfa.2012.12.002>
- Irzaldy, A., Wiyasihati, S.I., y Purwanto, B. (2016). Lung vital capacity of choir singers and nonsingers: a comparative study. *Journal of Voice*, 30(6), 717-720. DOI: 10.1016/j.jvoice.2015.08.008
- Iwarsson, J. (2001). Effects of inhalatory abdominal wall movement on vertical laryngeal position during phonation. *Journal of Voice*, 15(3), 384-394. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(01\)00040-6](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(01)00040-6)
- Jackson-Menaldi, MC., y Núñez-Batalla, F. (2013). Valoración de la eficiencia vocal (tiempo de fonación, índice s/e, volúmenes, escalas, fonetograma). En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 119-134). Barcelona: Marge Médica Books.
- Ksinopoulou, H., Hatzoglou, C., Daniil, Z., Gourgoulianis, K., y Karetsi, H. (2016). Respiratory function in vocal soloists, opera singers and wind instrument musicians. *Medicina del Lavoro*, 107(6), 437-443.
- Le Huche, F., y Allai, A (2003). *La voz, patología vocal de origen funcional*. Barcelona, España: Masson.
- Lloyd, A. T., Gerhard, J., Baker, P., Lundy, D. S., Diaz, J., Bretl, M. M., Landera, M.A., Anis, M., Marchman, J., y Rosow, D. E. (2019). Prevalence of vocal fold pathologies among first-year singing students across genres. *The Laryngoscope*, 10.1002/lary.28354. <https://doi.org/10.1002/lary.28354>
- Marqués, M., Fernández, S., Uzcanga, M.I., Ruba, D., y García-Tapia, R. (2006). Vibrato de la voz cantada. Caracterización acústica y bases fisiológicas. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 50(3), 65-72.
- Maryn, Y., Roy, N., De Bodt M., Van Cauwenberge, P, Corthals, P. (2009). Acoustic measurement of overall voice quality: a meta-analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(5), 2619-2634. DOI: 10.1121/1.3224706
- Núñez-Batalla, F. (2013). Fisiología de la fonación. En I. Cobeta, F. Núñez-Batalla y S. Fernández (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 55-76). Barcelona, España: Marge Médica Books.
- Núñez-Batalla, F., Corte-Santos, P., Señaris-González, B., Llorente-Pendás, J. L., Górriz-Gil, C., y Suárez-Nieto, C. (2007). Adaptación y validación del índice de incapacidad vocal (VHI-30) y su versión abreviada (VHI-10) al español. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 58(9), 386-392. DOI: 10.1016/S0001-6519(07)74954-3
- Perelló, J., Caballé, M., y Guitart, E. (1982). *Canto-dicción: (foniatría estética)*. Barcelona, España: Editorial Científico Médica.
- Pestana, P. M., Vaz-Freitas, S., y Manso, M. C. (2017). prevalence of voice disorders in singers: systematic review and meta-analysis. *Journal of Voice*, 31(6), 722-727. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.02.010>
- Prame, E. (1992). Measurements of the vibrato rate of ten singers. *STL-QPSR*, 33(4), 73-86. Recuperado de: <http://www.speech.kth.se/qpsr>

- Sonninen, A., Laukkanen, A.M., Karma, K., y Hurme, P. (2005). Evaluation of support in singing. *Journal of Voice*, 19(2), 223-37. DOI: 10.1016/j.jvoice.2004.08.003
- Sundberg, J. (2008). Articulatory configuration and pitch in a classically trained soprano singer. *Journal of Voice*, 23(5), 546-551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.02.003>
- Thorpe, C.W., Cala, S.J., Chapman, J., y Davis, P.J. (2001). Patterns of breath support in projection of the singing voice. *Journal of Voice*, 15(1), 86-104. DOI: 10.1016/S0892-1997(01)00009-1
- Vaz Freitas, S., Melo Pestana, P., Almeida, V., Ferreira, A. (2015). Integrating voice evaluation: correlation between acoustic and audio-perceptual measures. *Journal of Voice*, 29(3), 390.e1-7. DOI: 10.1016/j.jvoice.2014.08.007