DOI 10.20504/opus2026.32.11

CC BY

Artículo

Performance vocal cantada: la acústica de las posiciones laríngeas

Daniel **Machuca Téllez**
https://orcid.org/0000-0002-3338-5969
Performatividad Vocal, La Plata, Argentina; Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

Resumen: Parte de comprender el fenómeno performativo cantado involucra una especial atención sobre las características que presenta en su dimensión acústica, dimensión ampliamente profundizada en la investigación vocal y de la cual derivan vínculos referidos a calidad y salud. En relación a las posiciones laríngeas, parece haber una tendencia sobre una posición descendida que presenta aspectos resonanciales significativos en el cuerpo y el espacio —como el formante del cantante— y que, además, está fuertemente relacionada a la práctica musical académica —en su acepción de música erudita— como modelo de salud y calidad en contraposición con las posiciones de las prácticas musicales populares. Partiendo de esto, con la idea de que las posiciones laríngeas pueden aproximarse a diferentes modos de producción vocal y que en ellas surge también el formante del cantante como una configuración dinámica, en este trabajo se presentan los resultados de un análisis acústico y estadístico descriptivo en el que se compara la performance vocal de cuatro cantantes en las posiciones laríngeas "profunda" e "intermedia" a partir de: (i) la identificación de formantes *f*4 y *f*5 vinculados al surgimiento del formante del cantante, y (ii) las características presentes en la frecuencia fundamental (*f*0). Los resultados permiten considerar que en las dos posiciones laríngeas emerge el formante del cantante, y que la precisión hallada en el control de *f*0 confirma que las pequeñas variaciones registradas entre posiciones responden a ajustes finos e intencionales de la performance individual.

Palabras clave: Performance Vocal. Posición Laríngea. Canto. Músicas Populares. Acústica.

Sung vocal performance: the acoustics of laryngeal positions

Abstract: Part of understanding the performative phenomenon of singing involves paying special attention to its acoustic characteristics, a dimension extensively explored in vocal research and from which links to vocal quality and health are derived. Regarding laryngeal positions, there seems to be a tendency toward a lowered position that presents significant resonance aspects in the body and space—as the singer's formant—and which is also strongly related to academic musical practice—in its sense of classical music—as a model of health and quality, in contrast to the positions used in popular musical practices. Based on this premise, and considering that laryngeal positions can approximate different modes of vocal production and that the singer's formant also emerges within them as a dynamic configuration, this paper presents the results of a descriptive acoustic and statistical analysis comparing the vocal performance of four singers in the "deep" and "intermediate" laryngeal positions. This analysis is based on: (i) the identification of formants *f*4 and *f*5 linked to the emergence of the singer's formant, and (ii) the characteristics present at the fundamental frequency (*f*0). The results suggest that the singer's formant emerges in both laryngeal positions, and that the precision found in the control of *f*0 confirms that the small variations recorded between positions correspond to fine and intentional adjustments in individual performance.

Keywords: Vocal Performance. Laryngeal Position. Singing. Popular Music. Acoustics.

MACHUCA TÉLLEZ, Daniel . Performance vocal cantada: la acústica de las posiciones laríngeas. *Opus* (Assoc. Nac. Pesqui. Pós-Grad. Música), João Pessoa, v. 32, e263211, p. 1-23, 2026.
http://dx.doi.org/10.20504/opus2026.32.11
Recebido em 21/05/2024, aprovado em 13/04/2026, publicado em 25/05/2026.
Editor Responsável: Dr. Vinícius Eufrásio.

Introducción[1]

En trabajos anteriores sobre el posicionamiento laríngeo (Machuca; Pérez, 2018; Machuca; Valles, 2020) se ha podido revisar el camino investigativo del movimiento de la laringe, identificando que su movilidad no es solo un subproducto de la producción vocal, sino una herramienta consciente que configura el espacio del tracto vocal, afectando directamente al sonido, la corporalidad del acto vocal y la performance. También se describieron algunas características corporales —como la apertura faríngea y la demanda energética— y acústicas relacionadas con calidades sonoro-tímbricas, lo que permitió identificar y problematizar la predominancia de un tipo de movimiento laríngeo descendente asociado a la calidad y la salud vocal, así como a la práctica musical académica[2]. Como resultado de esto, se elaboró una propuesta con tres posicionamientos laríngeos —**profundo**, **intermedio** y **elevado—**, cuyas características estarían ligadas directamente con diferentes modos de producción vocal —en prácticas académicas y populares— y con la construcción e intención expresiva de la performance. La propuesta es considerada como una potencial herramienta pedagógica tanto para el desarrollo vocal como para el acercamiento y abordaje del fenómeno performativo cantado en las músicas populares.

Teniendo como antecedente estos trabajos, se realizó un estudio de casos sobre la posición **profunda** e **intermedia** con cuatro cantantes, atendiendo a sus experiencias corporales, perceptuales y propioceptivas, a la vez que a las características acústicas de su producción vocal en tales posicionamientos. Los hallazgos subjetivos y corporales de la primera etapa, por ejemplo, revelaron que la posición profunda demanda una mayor cantidad y sostenimiento de energía y presión aérea, así como una experiencia sonoro-tímbrica de "grosor y opacidad", mientras que la posición intermedia requiere menos esfuerzo y presión, y es percibida con una calidad "brillante y clara". Asimismo, se identificó que el traslado entre posiciones es un proceso paulatino mediado por una memoria performativa que, si bien configura y estabiliza los actos vocales en la práctica musical particular, puede dificultar el pasaje inmediato de una posición a otra (Machuca; Pérez, 2023).

En este artículo se muestran los resultados y reflexiones de los datos acústicos obtenidos en la segunda etapa del estudio mencionado. El objetivo principal es analizar y comparar el comportamiento de los formantes *f*4 y *f*5 —vinculados al formante del cantante— y la frecuencia fundamental (*f*0) en las posiciones profunda e intermedia. La relevancia de esto se encuentra en la necesidad de dotar de evidencia empírica no invasiva a las prácticas pedagógicas que utilizan el movimiento laríngeo como herramienta. Mientras que la fisiología del descenso laríngeo está ampliamente documentada, la diferencia performativa y acústica entre una posición profunda y una intermedia sigue siendo un área de estudio emergente que requiere datos comparativos para validar las hipótesis de que: a) los movimientos laríngeos se vinculan a

[1] Este artículo constituye la versión definitiva y revisada de la investigación cuyos resultados preliminares y tablas de análisis fueron incluidos en la tesis de especialización del autor (Machuca Téllez, 2023a). El presente manuscrito fue enviado originalmente para su publicación en mayo de 2024 y actualizado tras el proceso de revisión por pares para su versión final en 2026.

[2] En este artículo, el término "académica" dentro de la locución "práctica musical académica" y "prácticas académicas" se emplea en su acepción técnica referida a la tradición musical de matriz centroeuropea (música erudita, culta o clásica) y no como un indicador de institucionalización educativa. Si bien se reconoce que las músicas populares integran los currículos universitarios contemporáneos, la distinción propuesta responde a convenciones de la historiografía musical que diferencian las prácticas de tradición escrita y el canon lírico-operístico-coral de las estéticas populares y urbanas.

diversos modos y estilos de producción vocal; y b) que el formante del cantante es independiente de una posición laríngea descendida o profunda.

El trabajo se desarrollará en tres apartados generales: (i) "Posicionamiento laríngeo profundo e intermedio" en el que se presenta sintéticamente la explicación del movimiento y la posición laríngea, así como la caracterización de las posiciones descritas en trabajos previos; (ii) "El canto como fenómeno acústico" donde se revisan las características acústicas vinculadas al movimiento de la laringe y la resultante sonoro-tímbrica; y (iii) "La acústica de la posición profunda e intermedia" en la cual se expone el estudio realizado. En última instancia, se despliegan las reflexiones que deja el estudio y se realizan algunas consideraciones finales.

1. Posicionamiento laríngeo profundo e intermedio

Para abordar los aspectos acústicos del posicionamiento laríngeo debemos entender primeramente el cómo y porqué de los mismos. Recordemos que la laringe, además de ser un área compleja y fundamental en la producción vocal, respiración y deglución, tiene la propiedad de ser móvil, es decir, que dentro del espacio que configura su anatomía, puede moverse ampliamente de forma ascendente y descendente —también lo hace acotadamente de manera lateral y anteroposterior—. Este movimiento, que se puede percibir en el cuello gracias a la protuberancia del cartílago tiroides —más pronunciado en hombres que en mujeres—, se genera por múltiples situaciones, entre ellas, la deglución: cuando ingerimos algún tipo de alimento o pasamos saliva; la respiración: cuando inhalamos profundo y posteriormente exhalamos; la preparación y emisión vocal: cuando producimos cualquier tipo de sonido, sea grave, medio o agudo; e incluso —quizás el que menos atención recibe—: cuando percibimos a otra persona produciendo sonido vocal o imaginamos un sonido de cualquier índole[3].

En el canto, los movimientos de la laringe han sido abordados en función de las exigencias de la práctica musical y la sustentabilidad de la misma, por lo que se busca reducir los movimientos bruscos e impredecibles por aquellos controlados o preparados a partir del descenso pronunciado de la laringe. Partiendo de que la laringe permanece en una zona media-baja cuando está en reposo, este descenso supondría ir más allá de la zona de reposo o, en todo caso, permanecer lo más próximo a ella, lo cual no significa por ningún motivo que quede inmóvil. En esa dirección, la configuración respiratoria —enfocada principalmente en la dosificación y control de la presión— se vuelve uno de los factores determinantes[4],

[3] Esta idea de movimiento en relación a lo que se percibe, ha sido tratada por la psicología del desarrollo al entender que en las interacciones básicas y complejas hay un proceso imitativo en el cual comprendemos el entorno natural y social a partir de, por ejemplo, copiar gestos faciales o corporales, coordinar movimiento ocular y corporal (Meltzoff; Moore, 1983), o sonoro y corporal, también denominado **musicalidad comunicativa** (Malloch; Trevarthen, 2009). Dichos movimientos de carácter imitativo, en principio observados, también adquieren una forma imaginativa que, aunque parece exclusivamente representativa de lo mental, tiene un correlato corporal implícito; es decir que cuando imagino, rememoro u observo una acción, movimientos visibles y/o encubiertos se desarrollan en paralelo (Gallese, 2009; Cox, 2016). Esto mismo puede ocurrir cuando escuchamos un sonido sin la observación de la fuente productora, lo que se ha propuesto provisoriamente como **Primera Persona Mimética** (Machuca Téllez, 2023b).

[4] Además de la dinámica respiratoria, el descenso y ascenso de la laringe es provocado y auxiliado por múltiples factores, como el sistema muscular, los ajustes neuromusculares y las propiedades elásticas y articulatorias del tracto vocal y la zona bucofaríngea, quienes operan en conjunto para orientar la posición y el movimiento laríngeo.

no sólo para concretar el descenso de la laringe, sino para mantener los movimientos de la misma lo más acotados. Este fenómeno respiratorio —sobre todo la presión— se lo suele vincular con el termino italiano *appoggio* relacionado con el control aéreo y el accionar de los músculos abdominales; no obstante, el término atiende a otros fenómenos que paralelamente ocurren en la producción vocal, como aquellos vinculados al sistema muscular, nervioso, circulatorio, entre otros (Stark, 1999).

Al considerar el alcance del término *appoggio* se puede entonces pensar al mismo en la laringe, en este caso como resultado de un proceso natural del ciclo vibratorio —en un tracto vocal sano— en el cual las cuerdas vocales realizan una fuerza contraria a la columna de aire espiratorio, lo que genera un pequeño descenso en una suerte de posicionamiento. Dicho *appoggio* depende de la presión, flujo y sostenimiento de aire espiratorio que, además, contribuyen a mantener la tonicidad cordal producto de la velocidad y las diferencias de presión subglótica y supraglótica —entendidas en parte a partir del principio de *Bernoulli* y el efecto *Venturi*[5]—. De hecho, cuando la dinámica o relación entre la presión aérea y la laringe no se establece más o menos en proporciones equivalentes, se habla de *desappoggio* (respiratorio-laríngeo), lo cual repercute no sólo en la resultante sonoro-tímbrica, sino en la dinámica corporal general, que suele asociarse con tensiones musculares y el surgimiento de patologías vocales.

Ahora, este principio y efecto mencionado —*Bernoulli* y *Venturi*— que nos permite entender cómo dependiendo de la presión aérea se genera una tonicidad y *appoggio* laríngeo, parece tener un vínculo estrecho con el descenso de la laringe. De acuerdo con varios estudios realizados por Iwarsson, Thomasson y Sundberg, (1998) —posteriormente revisados y corroborados por Milstein y Watson (2004)—, se ha podido identificar que la presión pulmonar ejercida para la producción vocal es un factor que promueve el descenso o ascenso laríngeo, es decir, a mayor presión pulmonar mayor descenso de la laringe, en contrapartida, una baja presión genera la elevación de la misma. No obstante, si bien la presión aérea es fundamental para establecer el *appoggio* laríngeo —del cual deriva un pequeño descenso como reacción ante dicha presión aérea—, el mismo requiere de la intervención de otros procesos corporales en paralelo, principalmente el de la musculatura del tracto vocal y la zona buco-faríngea que, de acuerdo a cómo se configuren, direccionarán descendente o ascendentemente la laringe. También resulta importante considerar factores puntuales que desfavorecen el descenso y *appoggio* como, por ejemplo, alteraciones en la laringe; afecciones respiratorias; hipertonicidad buco-faríngea; sobre presión de la zona sub y supra glótica; procesos articulatorios; etc.

Partiendo de esta explicación, se realizaron experiencias sobre la propia producción vocal cantada en las cuales se intentaba generar distintos *appoggios* de la laringe, con una importante atención al reconocimiento de cambios sonoro-tímbricos y corporales durante la producción vocal. A partir de tales experiencias y diferencias encontradas surgen los posicionamientos profundo, intermedio y elevado

[5] Estos efectos que devienen de la mecánica de fluidos, son utilizados para explicar procesos aerodinámicos como la elevación de un avión, la adherencia de los autos al piso o la construcción elevada de chimeneas para la extracción de vapores. La similitud para explicar ciertos procesos de producción vocal, le ha dado un lugar importante en este fenómeno, por ejemplo, en la teoría Mioelastica-aerodinámica desarrollada por Janwillem van den Berg (1958).

(Machuca; Pérez, 2018, 2023; Machuca; Valles, 2020)[6], espacios en los que se ubica la laringe y desde los cuales inicia el movimiento de forma sustentable, con un significativo impacto en la resultante sonoro-corporal y sin la desarticulación de otros procesos corporales involucrados en la producción vocal. La propuesta implica por tanto una reconfiguración consciente de elementos que intervienen en la producción vocal —no un dominio o control—, incluyendo aspectos relacionados con el involucramiento corporal y el equilibrio de presiones en los diferentes *appoggios*, así como la autopercepción de cambios sonoro-tímbricos. A continuación, se describen sintéticamente las características de las posiciones "profunda" e "intermedia" que atañen a los propósitos de este trabajo.

1.1. Posición profunda

Se caracteriza por la apertura y redondez del tracto vocal, cuello hinchado por la fuerte presión espiratoria, así como una alta cantidad de energía e involucramiento corporal. En esta posición el sonido es percibido —por el receptor— con altas intensidades, cierta robustez y brillo, lo que puede contribuir al despliegue de armónicos y bandas de frecuencia con alta concentración de energía conocidas como formantes —tema a tratar en el siguiente apartado—. La extensión vocal se encuentra estrechamente vinculada a la tesitura[7], lo que significa que el desarrollo vocal se centra en un rango general de dos octavas, aunque no es condición exclusiva. Una descripción detalla de los aspectos corporales, gestuales y fisiológicos relacionados a esta posición en un nivel bajo y medio, pueden encontrarse en el concepto del fonoaudiólogo francés Raoul Husson denominado **impedancia proyectada fuerte** o **impedancia reflejada** (1965, p.83 – 84) que se inscribe en el canto y la práctica musical académica —lírica-operística—. En este, la principal característica es la configuración del pabellón buco-faríngeo para la generación de impedancia/resistencia, lo cual se logra con el estrechamiento de la apertura bucal, velo del paladar elevado y tónico, descenso del maxilar inferior y una alta presión subglótica con fuerte compresión abdominal, todo contribuyendo a un fuerte *appoggio* y descenso pronunciado de la laringe propio del contexto musical.

Ahora bien, en un nivel medio y alto puede vincularse con otras prácticas musicales como, por ejemplo, el bolero, el tango y el folclore de principios del S. XX., dado su acercamiento al canto lírico como referente importante de la época. Así lo indica el crítico literario y artístico Jean Andreu (2012) cuando habla de la influencia que tuvo el estilo sobre el cantante y compositor de tangos argentino Carlos Gardel.

[6] En los trabajos citados (Machuca; Pérez, 2018; Machuca; Valles, 2020) se usó el término "nivel" para referir a la "posición", lo cual trajo cierta confusión para la lectura. Por tal motivo y a fin de dar claridad a la propuesta, se utiliza el término "posición/posicionamiento" en referencia a los tres lugares generales establecidos para el inicio del movimiento de la laringe. El uso del término "nivel", responde exclusivamente a subconjuntos de cada posición y está acompañado de las categorías "bajo", "medio" y "alto".

[7] Rango de frecuencias audibles y sumamente cómodas en su producción, con un timbre particular y homogéneo que permite una emisión sostenida sin mayor desgaste. Las características de una tesitura son variables según múltiples factores, entre ellos el tipo de práctica, estilo y periodo musical o el tipo de entrenamiento vocal. De forma general se pueden distinguir seis tesituras: soprano, mezzosoprano, contraalto, tenor, barítono y bajo. No debe confundirse esta definición con registro, ya que este refiere a un mecanismo/s vocal-corporal que permite emitir un conjunto de frecuencias particular, con sensaciones relativamente homogéneas, dentro de la extensión vocal. De allí las denominaciones registro de pecho, falsete, cabeza, silbido etc.

> Desde que frecuentaba como utilero o ayudante tramoyista las salas y los bastidores de los grandes teatros porteños donde se daban las óperas con cantores de la talla de un Enrico Caruso o de un Miguel Fleta que en aquel entonces viajaban a menudo a la Argentina, Gardel, fascinado, los imitaba, «a fuerza de pulmón», con gran regocijo y asombro de sus compañeros (Andreu, 2012, p.84 – 85).

1.2. Posición intermedia

Aquí, la angostura del tracto vocal, disminución de la cavidad faríngea y una dirección resonancial sobre el paladar duro, dentadura superior y nasofaringe, serán los aspectos que primen. Los mismos resultan un tanto bruscos si le antecede la posición profunda en un nivel bajo o medio y se realiza el cambio de posición de forma inmediata, esto debido a las diferentes presiones respiratoria-laríngea que tiene la posición, cuestión que se reacondiciona con bastante rapidez con un trabajo consciente y paulatino, lo cual evita posibles constricciones y sobreesfuerzos. El cambio tan severo entre posición profunda —nivel bajo o medio— y posición intermedia sin ningún tipo de adaptación o reconfiguración en los distintos sistemas de *appoggio*, puede vincularse a otro concepto que plantea Husson denominado **débil impedancia proyectada** (1965, p.84 – 85). Si bien, el foco de este autor son las impedancias, sonoridad y sustentabilidad a partir de la configuración del pabellón buco-faríngeo y su repercusión en la laringe para lograr cierta proyección sonoro-tímbrica en el contexto musical académico, sus descripciones resultan significativas al detallar el impacto fisiológico y performativo de una configuración corporal consciente, equilibrada y acorde al contexto operístico —"impedancia proyectada fuerte"—, y una que no lo es —"débil impedancia proyectada"—. Cuestión que ocurre de forma similar entre las posiciones laríngeas cuando no se comprenden, adaptan y configuran los sistemas de *appoggio* de forma equilibrada y relacional[8].

En relación a la energía e involucramiento corporal, esta posición es mucho más cercana a la producción vocal conversacional habitual, cuestión que va a depender del nivel —bajo, medio, alto— en que se posicione finalmente la laringe. El sonido se percibe —por el receptor— un tanto más bajo de intensidad, con cierta suavidad y brillo en las zonas agudas, no tanto en el medio-grave, con lo cual la práctica musical asociada suele ser el rock, el jazz, el pop y la balada entre otros. Una de las particularidades que tiene mayor incidencia en el contexto de práctica es lo referido a la extensión vocal; esta posición no muestra una delimitación ceñida a la tesitura, con lo cual el desarrollo de las posibilidades de extensión como los registros, *fry*, pecho, falsete, cabeza y silbido[9], y sus respectivas formas tímbricas, se convierten

[8] Es de suma importancia considerar los conceptos y el planteamiento de Husson en el marco de las prácticas vocales académicas, pues es en tal contexto en el que surgen; su interpretación descontextualizada y transpuesta a otras prácticas y fenómenos performativos cantados de forma directa, resulta equivocada. Recordemos que cada contexto musical tiene ciertos aspectos estructurales y formales, así como objetivos y particularidades tímbricas, performativas y estéticas diametralmente distintas, por lo tanto, reconocerlos es una condición *a priori* para relacionar conceptos que yacen en otros fenómenos de la práctica musical y en otros contextos socioculturales.

[9] La extensión se divide en tramos denominados registros. Cada uno ha recibido un nombre según las características fisiológicas y perceptuales, pudiendo cambiar según el interés del autor. Aquí se utilizan los nombres *fry*, pecho, falsete, cabeza y silbido, correspondientes a secciones que van de lo más grave a lo más agudo. Cada registro posee aspectos sonoro-tímbricos y corporales distintos que, en la práctica musical académica y gran parte de la popular, se asocian a voces masculinas (registro de pecho) y femeninas (registro de cabeza). Sin embargo, cada voz, independientemente del

en un punto clave relacionado con el estilo musical, estética, performance y expresión particular de cada cantante.

2. El canto como fenómeno acústico

El fenómeno vocal cantado se investiga desde diferentes perspectivas, una de ellas gira en torno a la acústica musical que, por su peso en términos científicos, se configura como una fuente de validación de gran relevancia. Uno de sus focos de atención son las bandas de frecuencias donde se concentra gran cantidad de energía sonora —producto de las resonancias del tracto vocal— denominadas formantes (*f*n) según como aparezcan en el espectrograma[10], con una intensidad y ancho de banda (∆*f*) particulares[11]. Las primeras *f*n —*f*1, *f*2 y *f*3— brindarían información sobre diferentes articulaciones en vocales y la distinción de sonidos consonánticos; su aparición se encuentra alrededor de los 150Hz a 3500Hz, y su ∆*f* oscila entre los 80 a 300Hz (Benade, 1990, p.380 – 385). Los siguientes *f*n —*f*4 y *f*5— se vinculan al timbre y brillo de la voz, identificándose sobre los 3000Hz a 4000Hz en adelante (Gusmao; Campos; Maia, 2010, p.45 – 46) con un ∆*f* que oscila entre los 100Hz a 800Hz[12]. A estas *f*n se les atribuye la emergencia del **formante del cantante**, aunque para algunos autores sea por el agrupamiento de los formantes *f*3, *f*4 y *f*5 (Cordeiro; Pinho; Camargo, 2007). Pero ¿qué es el formante del cantante? Desde la perspectiva de la acústica fonatoria, se describe como un pico de energía que genera una mayor amplitud armónica en la zona espectral media-aguda.

Ahora, varias propuestas teóricas sugieren que este pico de energía se vincula a espacios y configuraciones corporales donde resuena el sonido. Por ejemplo, Sundberg (2003, p.11 – 12) señala que el formante del cantante surge por la resonancia particular del tubo laríngeo o cavidad epilaríngea, y que esta se concentra principalmente en el *f*4. Para Fischer (1998, p.75 – 78), la vibración conducida por vía ósea del *pars petrosa* o hueso temporal —hueso del conducto auditivo— produce una concentración de energía suficientemente alta y aguda para considerarla generadora del formante del cantante. Según el

sexo biológico y su identidad de género posee estos registros. Para ampliar este concepto ver (Machuca; Pérez, 2017).

[10] El espectrograma es una representación gráfica de la emisión sonora que se presenta en dos o tres dimensiones (tiempo, frecuencia y amplitud). Esto permite observar características que no pueden apreciarse perceptualmente debido a las limitaciones del oído humano, por ejemplo, las frecuencias extremas en graves y agudos, así como las variantes de amplitud. Para ampliar este concepto ver (Basso, 2018).

[11] El ∆*f* es de suma relevancia para comprender las características sonoro-tímbricas de los formantes dado que refleja el nivel y espacio en el que se distribuye la energía. Entonces, por ejemplo, ∆*f* con valores bajos indican gran cantidad de energía concentrada en un espacio más acotado, lo que se traduce en brillo, claridad, direccionalidad, agudeza y un tracto vocal estrecho, mientras que ∆*f* con valores altos supondrían que el nivel de energía se distribuye ampliamente por el espectro, generando características de opacidad, suavidad, gravedad y un tracto vocal abierto (Boone *et al.*, 2014, p.154 – 158).

[12] Según Arthur Benade (1990), ∆*f* para formantes *f*4 y *f*5 en una voz hablada tienen un rango de 300Hz a 400Hz para el primero y 400Hz a 500Hz para el segundo. Los datos presentados por Eugenio Martínez Cedrán (1995, p.200 – 201), exponen un rango más amplio a considerar que va de 100Hz a 700Hz para *f*4 y 140Hz a 800Hz para *f*5 también en voces habladas. Cabe mencionar que estos rangos son aproximaciones, el valor de los mismos varía según el tipo de producción vocal –hablada, cantada, susurrada, etc.–, la altura tonal, la edad, la vocal, el idioma, etc., así como por las características del espacio en que se realice la toma de audio a analizar. Cuestión que aplica también a la frecuencia de los *f*n.

autor, independientemente de la relación de *f*n, si no vibra este hueso, el formante no aparece. En ambas propuestas, es un hecho que la intensidad tiene un rol fundamental, generando concentraciones de energía en bandas de frecuencia superiores de manera consistente (Sundberg, 2001, p.177 y 182. Kröger, 2019, p.4554 y 4560).

Otros estudios de acústica vocal consideran que, además, la fisiología de la cavidad y tubo laríngeo deben tener cierta apertura para llegar al formante del cantante (Vieira, 2004, p.74 – 75). Según ellos, esta apertura permitiría una mayor concentración de energía, lo que se traduce en un timbre oscuro que paradójicamente se compensa con una gran cantidad de armónicos, dando así un brillo distintivo. La intensidad y brillo que resultan, tienen la particularidad de lograrse sin un esfuerzo vocal de consideración. En la práctica musical académica, por ejemplo, el formante del cantante parece ser determinante para la proyección de la voz por encima del fuerte acompañamiento orquestal, fenómeno que ocurre porque el formante se ubica y cubre la zona de frecuencias donde la orquesta tiene una menor intensidad (Benade, 1990, p.376 – 379. Sundberg, 2001, p.181 – 185. Cobeta; Núñez; Fernández, 2013, p.519 – 523).

El formante del cantante también está ligado al descenso pronunciado y *appoggio* de la laringe —posición profunda—, así como a la práctica musical académica bajo el supuesto indicador de buena salud, desarrollo vocal y acentuación de la frecuencia fundamental (*f*0). Esta idea es contrastada con la producción vocal de las prácticas musicales populares, en las cuales la laringe suele moverse en una zona elevada que tendría un impacto negativo en la salud y calidad, así como en la ausencia del formante del cantante (Sundberg, 1970; Shipp; Izdebski, 1975; Drahan *et al*., 2012). De aquí, que el descenso pronunciado de la laringe se considere un objetivo en espacios de enseñanza y en métodos de corte tradicional al brindar estabilidad, salud, seguridad, dominio en la emisión y una optimización del espectro armónico (Titze; Verdolini, 2012).

Sin embargo, distintas investigaciones han podido evidenciar que el uso de otras posiciones laríngeas —reconocidas en modos de producción vocal como el *belting*, el *twang* o la *voix mixte*— es posible sin que ello involucre alteraciones en el funcionamiento o la generación de patologías (Hurme; Sonninen, 1995; Titze, 2007; Echternach *et al*., 2014) y que, además, logran concentrar suficiente energía espectral para que emerja el formante del cantante. Los trabajos desarrollados por Shiqian Wang (1986) en su estudio sobre canto chino, música antigua y ópera occidental, y el de Shiliang Lyul (2017) sobre canciones populares de Yugur, muestran que los cantantes que iniciaban su producción vocal con la laringe elevada logran generar el formante del cantante. Asimismo, se ha documentado la presencia de este refuerzo espectral en estilos como el rock y el soul, confirmando que el fenómeno no es exclusivo de la práctica musical académica. (Borch; Sundberg, 2011).

En el marco de esta investigación, la relación entre la teoría acústica y la práctica performativa se articula a través del manejo consciente del movimiento laríngeo. Mientras que la teoría clásica asocia el formante del cantante principalmente con el descenso pronunciado de la laringe —posición profunda—, en este estudio se analiza si la posición intermedia —caracterizada por una corporalidad menos demandante y más flexible— puede llegar a producir una estructura acústica similar. En este sentido, la práctica del cantante no se limita a un único ajuste y tipo de performance, sino a una construcción y

despliegue de performatividades sin comprometer la eficiencia acústica y corporal.

3. La acústica de la posición profunda e intermedia

Bajo la hipótesis de que, el inicio del movimiento laríngeo en distintas posiciones tiene características performativas que permiten acercarse a diferentes modos de producción vocal, sobre todo de músicas populares; que dichas características pueden ser descritas en términos acústicos; y que el formante del cantante no es una condición exclusiva de la posición profunda pudiendo identificarse en otras posiciones laríngeas; se desarrolló un estudio en el marco de una experiencia pedagógica sobre la posición profunda e intermedia —de aquí en adelante P.P. y P.I. respectivamente—. El objetivo se centró en identificar el formante del cantante a partir del análisis de *f*4 y *f*5, y relevar características de la frecuencia fundamental (*f*0).

En el estudio participaron cuatro cantantes varones —identificados con los nombres ficticios: Richard, Miguel, Franco y Nicolás—. Los participantes, con una formación de entre uno y tres años al momento del estudio y una trayectoria musical previa (autodidacta, institucional y profesional) de entre 6 y 8 años, están vinculados a géneros populares como el pop, el rock, el R&B, el folclore y la cumbia. Sus voces se encuadran, de forma muy general, en la clasificación tesitural de tenor, aunque se observó una variabilidad importante en la extensión vocal según la posición laríngea adoptada.

3.1. Protocolo de recolección y metodología de análisis

Se realizó un trabajo de preparación vocal sobre la P.P. que culminó después de dos meses con una grabación de audio. El proceso se repitió de igual manera y duración para la P.I. En ambos casos, la preparación incluyó indicaciones para mantener una configuración labial natural y constante, asegurando que los resultados fueran resultado del ajuste laríngeo y no de la protrusión o estiramiento labial. Esto se controló visualmente durante la grabación en cada posición. En la grabación, los cantantes realizaron un ejercicio practicado en etapas de preparación, produciendo y sosteniendo una serie de cinco alturas tonales en la octava C_4 —G_4, $F\#_4$, F_4, E_4 y $E\flat_4$— sobre las vocales [*a*] [*o*] [*e*] [*i*] [*u*] durante un periodo promedio de 3 segundos cada una. La elección de estas alturas responde a las condiciones de posibilidad en que los formantes *f*4 y *f*5 concentran más energía, mantienen estabilidad y pueden ser visualizados según la literatura especializada (Sundberg, 2001. Kröger, 2019). Esto involucra la producción de frecuencias agudas e intensidades sonoras elevadas. A la vez, este rango garantiza que los datos obtenidos sean representativos del fenómeno acústico estudiado sin comprometer la estabilidad laríngea de los cantantes. En cuanto al uso de las cinco vocales, está orientado a cubrir el espectro de resonancia oral y observar la estabilidad del formante ante diferentes configuraciones del tracto vocal.

Para emitir las alturas propuestas, se les proporcionó una referencia en piano digital antes de cada toma. Las tomas ingresaron al *software* de grabación multipista *Reaper v.5.3*. a través de un micrófono dinámico *Shure SM-58* y un *condenserador AKG P220* en paralelo, conectados a una consola de sonido

Behringer Xenyx X1204-USB y a una computadora portátil *Toshiba Satellite S55*. El registro se realizó en un espacio con tratamiento semiacústico sin la utilización de pre y post filtros que pudieran modificar la señal de audio (compresores, ecualizadores, limitadores, *reverb*, etc.). Además, los cantantes no usaron auriculares en la grabación, ya que esto podría impactar en las condiciones perceptuales normales a las que están acostumbrados en el trabajo de vocalización y práctica cantada habitual.

Para el análisis, se usó el software científico del habla *Praat*. Inicialmente se extrajo el ataque y extinción de cada audio dada la variabilidad que poseen, quedando una señal estable de 0.5 segundos conocida como cuerpo o *sustain*. Enseguida, sobre cada caso, posición laríngea (P.P. y P.I.), vocal [*a*] [*o*] [*e*] [*i*] [*u*] y altura tonal —G_4, $F\#_4$, F_4, E_4 y $E\flat_4$—, se procedió a identificar la presencia o ausencia de formantes *f*4 y *f*5 con su respectivo ancho de banda (Δ*f*), y la frecuencia fundamental (*f*0). Dado que los valores entre el *Shure SM-58* y el *AKG-P220* no tenían diferencias significativas, se decidió continuar únicamente con los audios del *AKG-P220*, lo que redujo la muestra recolectada de 400 a 200 audios correspondientes a la toma de la P.P. (100) y P.I. (100).

Previo al análisis cuantitativo, se realizó una validación de las muestras a partir de espectrogramas de banda estrecha. Dada la naturaleza micrométrica del movimiento y posición laríngea, cuya representación gráfica anatómica y corporal resulta poco operativa para discriminar entre ajustes finos, se optó por validar la configuración del tracto vocal a través de su huella acústica. En las Figuras 1 y 2 se muestra una comparativa que representa la altura tonal más aguda (G_4) sobre la vocal [*a*] en uno de los participantes, donde se evidencia la reconfiguración de la energía espectral según el posicionamiento laríngeo adoptado.

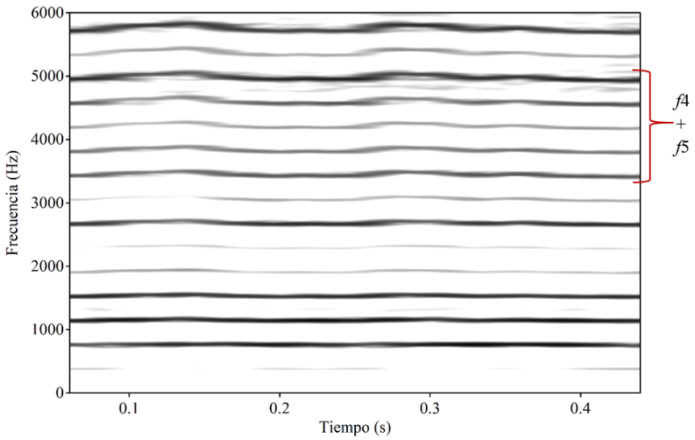


Fig. 1: Espectrograma de banda estrecha (Richard P.P.: vocal [*a*] en G_4). Agrupamiento o clúster de energía con alta densidad espectral correspondiente al formante del cantante (*f*4 + *f*5) en P.P.
Fuente: Elaboración propia

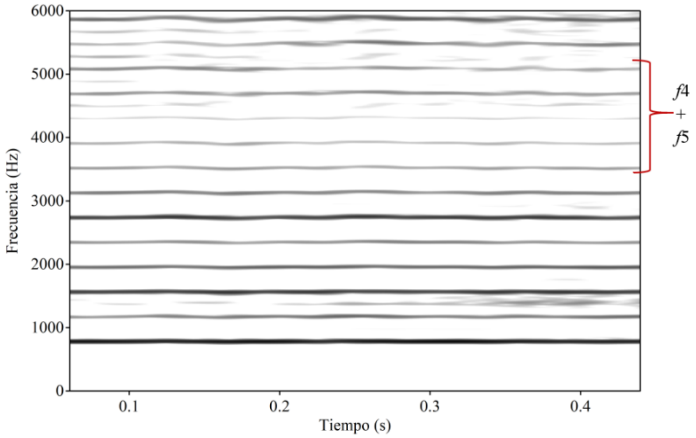


Fig. 2: Espectrograma de banda estrecha (Richard P.I.: vocal [a] en G_4). Agrupamiento o clúster de energía de baja densidad espectral correspondiente al formante del cantante (*f*4 + *f*5) en P.I.
Fuente: Elaboración propia

4. Resultados

Para facilitar la interpretación de la variabilidad observada en los sujetos, enseguida se presenta un resumen estadístico descriptivo (Tabla 1) centrado en la vocal [*a*] de la altura tonal G_4. La muestra seleccionada responde a la representatividad en términos de estabilidad acústica y de demanda en la producción vocal. Los datos se presentan mediante la media ($\bar{x}$) y la desviación estándar (*SD*).

Variable (*Hz*)	Posición Laríngea	Media ($\bar{x}$)	Desviación (*SD*)
*f*0	P.P.	391,6	6.3
	P.I.	394,5	4.0
*f*4	P.P.	3536,5	131,0
	P.I.	3678,0	190,3
□*f*4	P.P.	147,5	162,6
	P.I.	335,8	532,4
*f*5	P.P.	5025,5	302,9
	P.I.	5147,8	232,7
□*f*5	P.P.	372,3	531,7
	P.I.	480,0	233,1

Tabla 1. Medias ($\bar{x}$) y desviaciones estándar (*SD*) de variables acústicas en la vocal [*a*] de la altura tonal G_4.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la frecuencia fundamental (*f*0) presenta una desviación estándar mínima <7Hz, lo que confirma la estabilidad en la producción y control vocal vinculado a la altura tonal en ambas posiciones. Esto garantiza la comparación de muestras entre P.P. y P.I. En relación a los formantes *f*4 y *f*5, los datos revelan que el promedio de *f*4 en la P.P. es menor que en la P.I., evidenciando acústicamente

un cambio en la configuración del tracto vocal, particularmente un alargamiento de este provocado por el descenso laríngeo. No obstante, es importante revisar el comportamiento de los anchos de banda (Δ*f*). En P.P. el valor medio del Δ*f* de *f4* es sensiblemente más bajo (147,5 Hz) que en P.I. (335,8 Hz). Esta reducción sugiere que la P.P. favorece, no solo la concentración de energía en un punto concreto, sino la configuración estable del agrupamiento armónico que compone el formante. Por el contrario, la P.I. permite una mayor versatilidad tímbrica, a pesar de tener una energía espectral más dispersa, lo cual resulta congruente con las demandas estéticas de las músicas populares.

4.1. Formantes f4 y f5

A continuación, se presentan en detalle los datos obtenidos en la P.P. (Tablas 2 y 3) y P.I. (Tabla 4 y 5) para las alturas tonales G_4 y $F\#_4$ sobre las vocales [*a*] [*e*] y [*u*] correspondientes fonéticamente a vocales abierta, semicerrada y cerrada respectivamente.

POSICIÓN PROFUNDA EN G_4												
Cantante	A				E				U			
	f4	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*
Richard	3687	4934	335	61	4085	4961	805	116	4305	4974	71	889
Franco	3597	5224	14	1164	3544	4953	87	479	3602	5071	10	332
Miguel	3393	5305	232	199	3630	5119	424	887	3198	5056	178	579
Nicolás	3469	4639	9	65	3089	3494	38	112	3218	4738	147	273

Tabla 2. Formantes *f4 y f5* con su respectivo Δ*f* en vocales [*a*] [*e*] [*u*] sobre altura tonal G_4 en P.P.
Fuente: Elaboración propia

POSICIÓN PROFUNDA EN $F\#_4$												
Cantante	A				E				U			
	f4	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*
Richard	4010	4783	534	76	4145	4790	782	111	4371	5455	9	81
Franco	3591	5041	54	269	3678	4877	619	1236	3412	4603	33	320
Miguel	3318	4780	371	188	3697	4806	15	339	3669	4750	46	533
Nicolás	3001	4435	56	494	3329	5159	26	363	2992	4511	14	136

Tabla 3. Formantes *f4 y f5* con su respectivo Δ*f* en vocales [*a*] [*e*] [*u*] sobre altura tonal $F\#_4$ en P.P.
Fuente: Elaboración propia

POSICIÓN INTERMEDIA EN G_4												
Cantante	A				E				U			
	f4	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*	*f4*	*f5*	Δ*f4*	Δ*f5*
Richard	3576	4996	1132	311	4671	5084	333	56	4405	4836	122	153
Franco	3666	5116	110	593	3588	5195	45	34	3609	4846	19	480
Miguel	3949	4993	15	753	3865	5096	143	511	3563	4925	15	200
Nicolás	3521	5486	86	263	3530	5140	18	254	3616	4881	15	213

Tabla 4. Formantes *f4 y f5* con su respectivo Δ*f* en vocales [*a*] [*e*] [*u*] sobre altura tonal G_4 en P.I.
Fuente: Elaboración propia

POSICIÓN INTERMEDIA EN F#$_4$												
Cantante	A				E				U			
	*f*4	*f*5	Δ*f*4	Δ*f*5	*f*4	*f*5	Δ*f*4	Δ*f*5	*f*4	*f*5	Δ*f*4	Δ*f*5
Richard	4477	5184	144	131	4004	4853	848	221	4463	4747	225	308
Franco	3675	5083	25	381	3644	4017	275	194	3848	4698	287	369
Miguel	3647	5034	355	862	3599	4930	422	298	3598	4591	281	217
Nicolás	3370	5130	142	108	3336	5454	31	137	3293	4956	10	467

Tabla 5. Formantes *f4 y f5* con su respectivo Δ*f* en vocales [*a*] [*e*] [*u*] sobre altura tonal F#$_4$ en P.I.
Fuente: Elaboración propia

En los datos podemos reconocer para cada cantante un valor correspondiente al formante (*f*4 — *f*5) en una vocal particular, lo cual nos está indicando su presencia y la zona frecuencial en la cual ha sido identificado. Desde este lugar, los valores encontrados en ambas posiciones laríngeas y alturas tonales responderían al rango frecuencial en el cual deberían aparecer estas formantes según fuentes consultadas, oscilando entre 2992Hz y 5486Hz. Asimismo, los valores permanecen estables, predominando en *f*4 valores sobre 3000Hz y en f5 valores sobre 4000Hz y 5000Hz.

Las columnas que refieren al ancho de banda (Δ*f*) —vinculado al nivel y distribución de la energía del formante en el espectro y la resultante global sonoro-tímbrica—, presentan un rango (R) que va de 9Hz a 1236Hz en un total de 96 datos correspondientes a las dos posiciones laríngeas y alturas tonales (Tabla 6). De los mismos, hay 13 Δ*f* (resaltados en rojo) con valores por encima del rango optimo, lo que se traduce en una baja densidad espectral y armónicos con menor amplitud que disminuyen el impacto en la resultante; los mismos corresponden a Δ*f* >550Hz que se presentan distribuidos en las dos formantes, posiciones laríngeas y alturas tonales, con lo cual no trazan ningún tipo de vínculo aun cuando por ejemplo, en el caso de Franco se presentan en los dos formantes emitiendo un F#$_4$ en P.P. con la vocal [*e*], pues esto no ocurre en las demás vocales de esta altura y posición laríngea. De igual manera, podríamos considerar que los Δ*f* elevados en estas formantes están relacionados a una superposición de las mismas, aumentando la energía y amplitud en sus armónicos cercanos.

Por otro lado, los Δ*f* restantes en el rango de 9Hz a 534Hz indicarían la concentración y nivel de energía suficiente, no sólo para la identificación de formantes, sino en relación al impacto que generan en la producción sonora. Desde este lugar, los valores no presentan diferencias significativas entre las alturas tonales y las posiciones laríngeas; más allá de que algunos valores pueden ser sumamente altos dentro del rango, la energía presente es suficiente para impactar en la resultante, de allí la explicación anterior respecto a los Δ*f* >550Hz. Ahora, resulta significativo mencionar que, considerando el valor de base que expone Martínez Celdrán (1995) para estos dos formantes —100Hz—, hay una predominancia de *f*4 en las dos posiciones laríngeas hacia valores <100Hz, habiendo 14 Δ*f* en P.P. entre 9Hz y 87Hz, y 10 Δ*f* en P.I. entre 10Hz y 86Hz; incluso, dentro de estos rangos predominan valores <50Hz, siendo 10 Δ*f* de P.P. y 9 Δ*f* de P.I. En cuanto al *f*5, solo se registraron en el rango <100Hz 4 Δ*f* para P.P. entre 61Hz y 81Hz, y 2 Δ*f* para P.I. entre 34Hz y 56Hz.

Posición Laríngea	*Formante*	*Datos ∆ f*	*R de ∆ f Total*	*∆ f >550Hz*	*∆ f 9Hz - 534Hz*	
					∆ f <100Hz (∆ f <50Hz)	*∆ f 100Hz - 534Hz*
P.P.	*f4*	*24*	*9Hz - 1236Hz*	*3*	*14 (10)*	*7*
	f5	*24*		*5*	*4 (0)*	*15*
P.I.	*f4*	*24*		*2*	*10 (9)*	*12*
	f5	*24*		*3*	*2 (1)*	*19*

Tabla 6. Síntesis y distribución de datos de los ∆*f* de forma conjunta para G_4 y $F\#_4$ en vocales [*a*] [*e*] y [*u*]
Fuente: Elaboración propia

En la particularidad de los casos hallamos algunos aspectos a relevar. Richard, por ejemplo, presenta ∆*f* en ambas posiciones laríngeas y alturas tonales con valores inferiores para *f*5 respecto a *f*4, siendo el único caso que muestra esta relación; sólo en la vocal [*u*] se invierte. Asimismo, 5 de sus ∆*f* son >550Hz, 3 en P.P. y 2 en P.I., lo cual indica que en esos casos el formante no tiene un impacto tan influyente o esperable en la resultante sonoro-tímbrica. En Franco, los ∆*f* mantienen valores inferiores predominantemente en *f*4 respecto a *f*5 exceptuando la vocal [*e*] de la P.I. que en ambas alturas tonales invierte tal relación. 4 de sus ∆*f* son >550Hz, 3 en P.P. y 1 en P.I. De hecho, como se mencionó en un momento anterior, Franco es el único que presenta valores >550Hz en los ∆*f* de *f*4 y *f*5 para la altura tonal $F\#_4$ de la vocal [e] en P.P., lo cual, como hemos dicho, disminuye las implicancias sonoro-tímbricas esperables en dicha posición, altura y vocal.

Miguel presenta ∆*f* con valores inferiores predominantemente en *f*4 respecto a *f*5 en ambas posiciones y alturas tonales, exceptuando la vocal [*a*] en ambas alturas de P.P. y las vocales [*e*] [*u*] de $F\#_4$ en P.I. que invierten tal relación. En Miguel también se advierten 4 ∆*f* >550Hz, todos sobre *f*5 y distribuidos 2 en cada posición laríngea. En cuanto a Nicolás, los valores de ∆*f* inferiores tienen una predominancia hacia *f*4 respecto a *f*5, exceptuando la vocal [*a*] en la altura tonal $F\#_4$ de P.I. A su vez, Nicolás es el único caso que no presenta ∆*f* >550Hz y, además, él y Franco tienen la mayor cantidad de datos con ∆*f* <100Hz, siendo 11 (6 – P.P.; 5 – P.I.) para el primero y 9 (5 – P.P.; 4 – P.I.) para el segundo.

4.2. Frecuencia Fundamental (f0)

Resulta importante considerar la *f*0 en la P.P. y P.I., no sólo en relación a sus diferencias acústicas, sino a cómo son percibidas las mismas. En ese sentido, presentamos los valores acústicos y su impacto en términos psicoacústicos. Para comprender inicialmente los datos, exponemos las frecuencias de referencia (*f*R) utilizadas para la toma y análisis, cada una con su correspondiente notación musical en versión latina (Tabla 7), siendo la altura G_4 la de mayor frecuencia y $E\flat_4$ la de menor.

Frecuencia (*Hz*)	G_4	$F\#_4$	F_4	E_4	Eb_4
	391,995	369,994	349,228	329,628	311,127

Tabla 7. Frecuencias de referencia *(fR)*.
Fuente: Elaboración propia

Partiendo de esto, en la Tabla 8 se muestran las *f*R, las frecuencias surgidas en la P.P. y P.I., y la diferencia de estas en relación a la *f*R en cada caso y altura tonal[13]. Desde ese lugar, la diferencia mínima encontrada es de 0.4 Hz y pertenece a la emisión de Miguel en P.P. sobre la altura tonal E_4. En cuanto a la diferencia máxima, la misma es de 9.4Hz y pertenece a la emisión de Richard en P.P. sobre la altura tonal $F\#_4$. Asimismo, solo se observa un valor que no tiene diferencia y corresponde a la emisión de Miguel en P.P. sobre la altura tonal F_4.

FRECUENCIAS FUNDAMENTALES (*f*0)																
Referencia		Richard				Franco				Miguel				Nicolás			
		P.P.		*P.I.*		*P.P.*		*P.I.*		*P.P.*		*P.I.*		*P.P.*		*P.I.*	
G_4	391,995	384,5	-7,5	390,8	-1,2	398,1	6,1	400,2	8,2	395,4	3,4	393,0	1,0	388,2	-3,8	394,0	2,0
$F\#_4$	369,994	360,6	-9,4	371,7	1,7	366,3	-3,7	372,1	2,1	368,3	-1,7	369,4	-0,6	372,8	2,8	367,9	-2,1
F_4	349,228	342,3	-6,9	352,4	3,1	341,3	-7,9	353,0	3,8	349,2	0,0	346,1	-3,1	350,7	1,5	346,3	-2,9
E_4	329,628	327,9	-1,8	333,5	3,9	322,3	-7,3	331,5	1,9	329,3	-0,4	326,0	-3,6	333,3	3,7	330,7	1,0
Eb_4	311,127	312,8	1,7	315,3	4,2	307,2	-3,9	309,5	-1,6	306,5	-4,6	304,4	-6,7	315,2	4,1	314,6	3,5

Tabla 8. *f*0 en P.P. y P.I., y sus diferencias con la *f*R en *Hz*
Fuente: Elaboración propia

En términos generales, acústicamente no parece haber grandes diferencias entre lo emitido y la *f*R, pues los valores, independientemente del mínimo y máximo, tienen un rango de variación entre 1Hz y 4.6Hz. Es decir, las emisiones en P.P. y P.I. se distancian de la *f*R mayoritariamente sobre este rango. Esto se establece en tanto que, dentro de los 40 datos recabados, 29 se encuentran dentro del rango. Asimismo, se puede establecer que (i) hay una aproximación mayor del 65% en la P.I. hacia la *f*R (≈R) con respecto a un 35% de la P.P.; (ii) la P.P. tiende en un 60% a valores inferiores respecto a la *f*R (<R) en comparación con el 35% de la P.I.; y en consecuencia (iii) la P.I. tiende en un 60% a superar la *f*R (>R) en comparación con el 35% de la P.P. (Figura 3).

[13] Los valores que se presentan en la tabla, para cada caso, corresponden a un promedio de las cinco vocales en las alturas registradas.

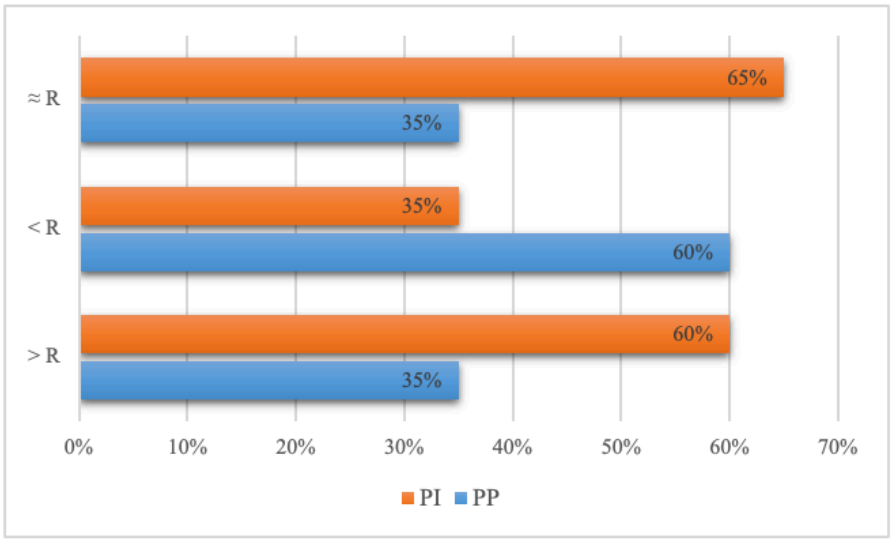


Fig. 3 Tendencia de la P.P. y P.I. a la aproximación, ascenso y descenso en relación con la *f*R
Fuente: Elaboración propia

En términos psicoacústicos estas variaciones tienen un impacto significativo. Para tratarlas recurrimos al concepto *Limen* o *DAP* de frecuencia —mínima variación detectable o diferencia apenas perceptible en frecuencia—, el cual establece que necesitamos aproximadamente 1Hz como mínimo para poder discriminar frecuencias ≤500Hz, cuestión que aumenta proporcionalmente a partir de los 1000Hz en adelante en una relación del 0.2%, esto por supuesto será influenciado por el entrenamiento y/o capacidad auditiva de cada persona[14].

Teniendo en cuenta este umbral diferencial, y el hecho de que la *f*R y los datos vinculados a esta no superan los 500Hz, puede mencionarse inicialmente que solo dos de las alturas emitidas no difieren de la *f*R —además de la ya indicada en Miguel P.P. en F_4— (Figura 6 – punto rojo), dado que se encuentran por debajo del umbral diferencial de 1Hz. Las mismas corresponden a un $F\#_4$ en P.I. (0.6Hz) y un E_4 en P.P. (0.4Hz) emitidas por Miguel (Figuras 5 y 7 – punto rojo). En cuanto a las demás alturas emitidas, dos de ellas permanecen en el umbral mínimo (Figuras 4 y 7 – punto rojo) y el resto lo superan con una diferencia que va desde los 0.2Hz hasta los 8.4Hz (Figuras 4 a 8), lo cual indicaría que algunas de estas alturas cercanas al umbral apenas son percibidas como diferentes y pasar desapercibidas, mientras que otras tienen una diferencia significativa que evidencia su distancia con la *f*R.

[14] Para ampliar sobre este concepto y sus aplicaciones ver: (Basso, 2018; Xu; Gong, 2014)

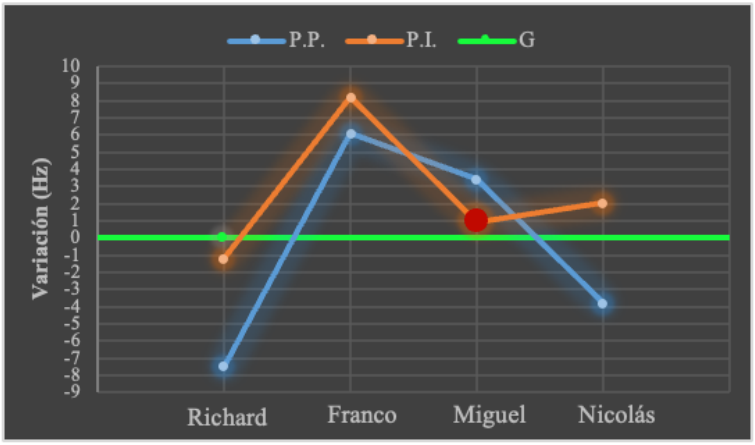


Fig. 4: Distancia de la emisión en P.P. y P.I. respecto a la *f*R G_4
Fuente: Elaboración propia

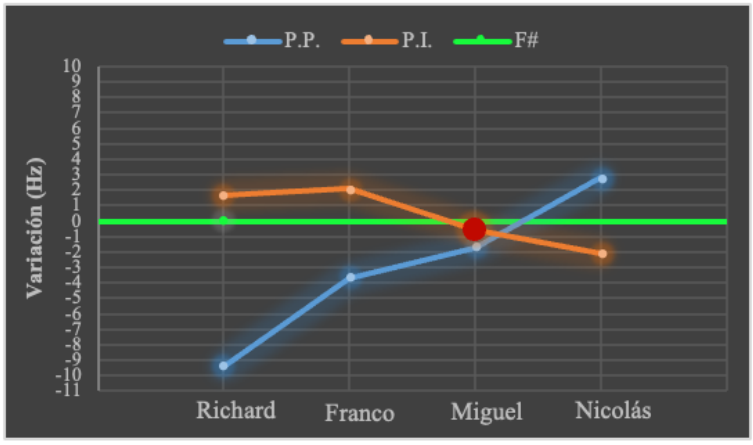


Fig. 5: Distancia de la emisión en P.P. y P.I. respecto a *f*R $F\#_4$
Fuente: Elaboración propia

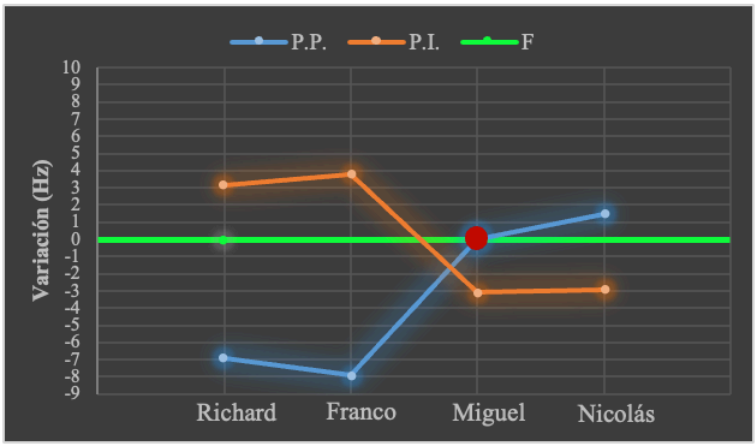


Fig. 6: Distancia de la emisión en P.P. y P.I. respecto a la *f*R F_4
Fuente: Elaboración propia

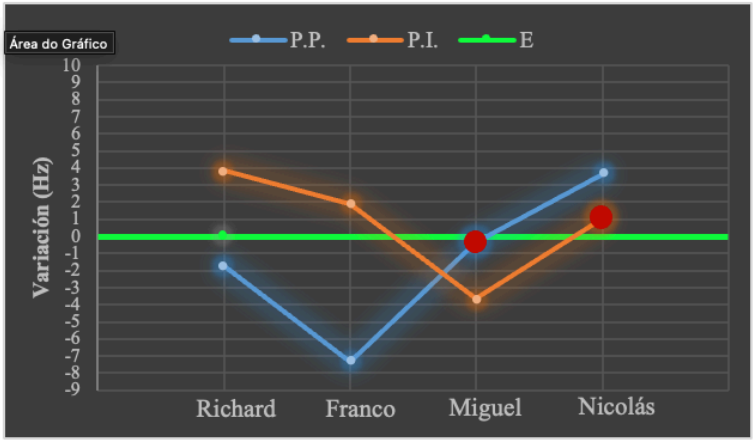


Fig. 7: Distancia de la emisión en P.P. y P.I. respecto a la *f*R E_4
Fuente: Elaboración propia

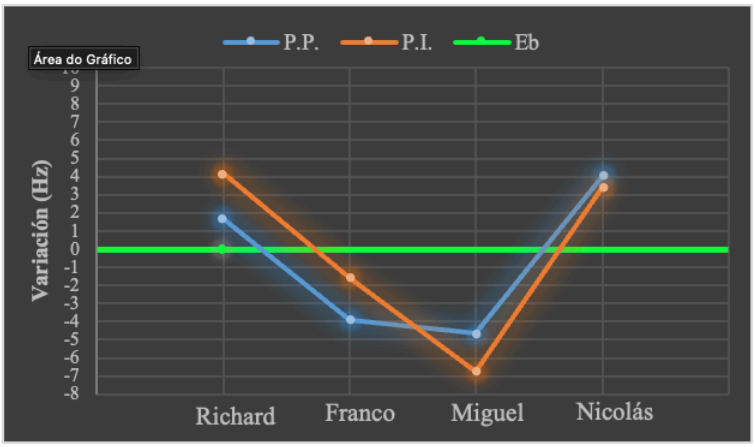


Fig. 8: Distancia de la emisión en P.P. y P.I. respecto a la *f*R $E♭_4$
Fuente: Elaboración propia

En la misma dirección psicoacústica, las diferencias que podríamos establecer entre posiciones nos dejan mayores distancias (Figura 9). Solo hay una altura tonal emitida por Nicolás en $E♭_4$ que presenta una diferencia entre posiciones inferior al umbral diferencial de 1Hz, por lo que en esa altura tonal las diferencias estarán principalmente en lo tímbrico. Asimismo, hay una sola altura tonal emitida por Miguel en $F♯_4$ que se encuentra casi en el umbral diferencial (1.1Hz), haciendo de esta una diferencia imperceptible. En cuanto a las demás diferencias, en todos los casos el umbral es superado con una diferencia que va desde 1.1Hz hasta 10.7Hz, superando las diferencias establecidas anteriormente con respecto a la *f*R.

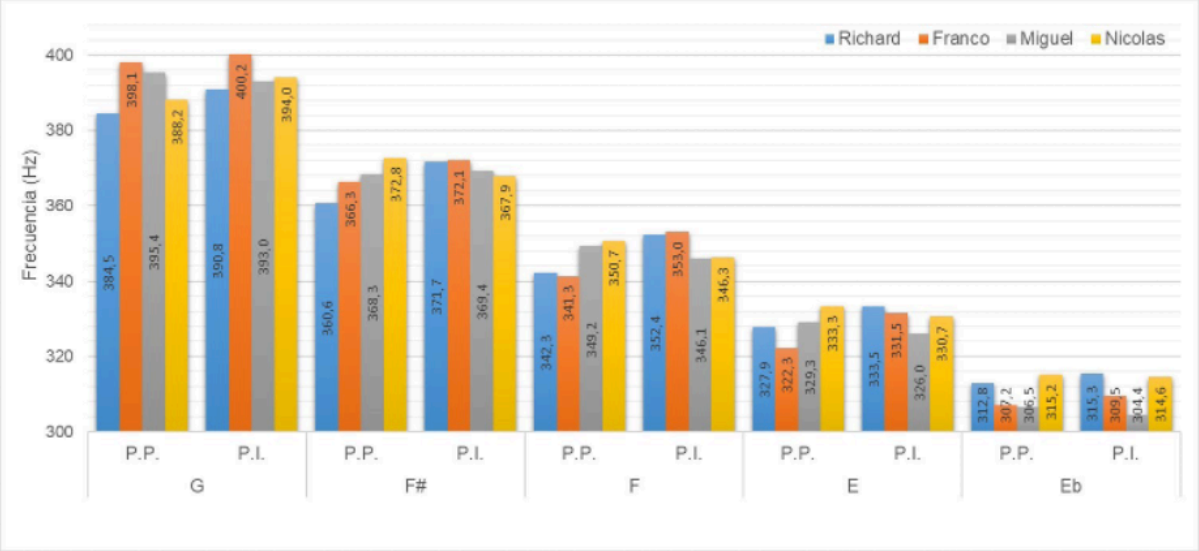


Fig. 9: Diferencias entre P.P. y P.I. en la emisión de G_4, $F\#_4$, F_4, E_4, y $E\flat_4$ en cada caso
Fuente: Elaboración propia

Particularmente sobre los casos, más allá de que todos presentan una diferencia significativa con respecto a la *f*R en ambas posiciones laríngeas, se puede observar que en Richard y Franco hay una elevación de todos sus valores en la P.I. en comparación a P.P. Por el contrario, en los casos de Nicolás y Miguel predominan valores superiores en P.P. respecto a P.I. A pesar de esta variabilidad, la estadística descriptiva confirma que los participantes, independientemente de la posición laríngea, mantienen un control estable de la producción vocal y altura tonal, con una desviación estándar mínima de <7Hz en ambas posiciones, lo que demuestra que las diferencias observadas respecto a la *f*R no son errores de producción vocal, sino ajustes corporales finos. En este sentido, no podríamos establecer un vínculo directo y universal en términos acústicos sobre la altura tonal entre una posición u otra, dado que la muestra se divide en dos tendencias opuestas. No obstante, la consistencia de los promedios obtenidos (391,6 Hz en P.P. y 394,5 Hz en P.I.) sugiere que estas relaciones están vinculadas principalmente con la experiencia performativa de cada individuo, es decir, de su involucramiento corporal, su autopercepción sonoro-tímbrica y la gestión de la dinámica respiratoria que cada cantante configura durante la performance vocal.

Reflexiones y consideraciones finales

Al pensar en la hipótesis de este trabajo, la evidencia permite considerar que la emergencia del formante del cantante es posible en ambas posiciones laríngeas, validando la idea de que este fenómeno es una configuración dinámica y no exclusiva de un pronunciado descenso laríngeo. Resulta fundamental la identificación del Δ*f* en cada una, pues es este el que permite dar sentido a los datos e inferir el impacto en la resultante sonoro-tímbrica. Como muestra la Tabla 1, la P.P. tiende a concentrar más la energía (Δ*f* más bajo), mientras que la P.I. presenta una energía más dispersa (Δ*f* más alto), lo que permite una mayor

flexibilidad tímbrica.

En relación a la frecuencia fundamental (*f*0), los datos revelan un gran impacto en términos psicoacústicos; aunque los valores aparenten no ser significativos con respecto a la *f*R, perceptualmente son suficientes para que se noten cambios. Asimismo, los valores reflejan una predominancia en la P.I. hacia la *f*R, mientras que la P.P. permanece más distante. Entre posiciones, la distancia es más pronunciada, así como su percepción, siendo para Richard y Franco más elevados los valores de su P.I., y para Miguel y Nicolás los de su P.P. Esto se ve respaldado por la estabilidad estadística de los participantes (<7 Hz), lo que permite asegurar que las fluctuaciones identificadas no responden a una falta de control de la altura tonal entre posiciones, sino a ajustes finos e intencionales vinculados a la performance.

Es importante entender que este análisis no está vinculado u orientado a establecer grados de entonación. Las fluctuaciones que aparecen en *f*0 resultan ser parte de características expresivas y performáticas en cada cantante, así como de aspectos interactivos, situacionales y aparatológicos que acompañan la práctica musical (Machuca Téllez, 2023b). Podría inferirse que los valores inferiores a la *f*R en la P.I. responden a un cambio en la demanda energética que produce un tipo de relajación y decaimiento en el sonido emitido. La elevación del sonido respecto a la *f*R en esta misma posición, puede ser el resultado de una memoria performativa o un sostenimiento de los niveles energéticos y corporales de la P.P. Fuera del ejercicio que supone formular estas inferencias, la variabilidad de los datos, además de ampliar las características acústicas que tienen las posiciones laríngeas, invita a trazar conexiones con la experiencia que cada cantante tiene al transitar las posiciones. Lo revelado en este estudio, no puede asumir un carácter conclusivo y, por el contrario, motiva y demuestra la necesidad de seguir investigando el impacto y alcance que tiene el movimiento laríngeo con respecto a los diversos modos de producción vocal.

Referencias

ANDREU, J. Andá cantale a Gardel, *Caravelle*, 98, 77 – 91. 2012.

BASSO, G. *Percepción Auditiva*. Colección Música y Ciencia. Primera edición e-book. Editorial UNQ: Bernal. 2018.

BENADE, A. H. (1990). The Voice as a Musical Instrument. In *Fundamentals of Musical Acoustics* (2ª ed.). (p.360 – 390). New York: Dover Publications. 1990.

BOONE, D.; McFARLANE, S.; VON BERG, S. y ZRAICK, R. Evaluation of the Voice. En *The voice and voice therapy* (p.134 – 182). Boston: Pearson Education. 2014.

BORCH, D. Z. y SUNDBERG, J. Some Phonatory and Resonatory Characteristics of the Rock, Pop, Soul, and Swedish Dance Band Styles of Singing. *Journal of Voice*, 25(5), 532 – 537. 2011.

COBETA, I.; NÚÑEZ, F. y FERNÁNDEZ, S. *Patología de la voz*. Barcelona, España: Marge Médica Books. 2013.

CORDEIRO, G.; PINHO, S. y CAMARGO, Z. Formante do cantor – um enfoque fisiológico. En Pinho, Silvia M. R. (Ed.), *Temas em voz profissional* (p.23 – 30). 2007.

COX, A. *Music and Embodied Cognition: Listening, Moving, Feeling, and Thinking*. Bloomington: Indiana University Press. 2016.

DRAHAN, S.; ALVES, H.; TAKESHITA MONARETTI, T.K. y AGUIAR RICZ, L.N. Dimensão do trato vocal de cantoras profissionais e não profissionais durante o repouso e o canto. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 16(1), 30. 2012.

ECHTERNACH, M.; POPEIL, L.; TRASER, L.; WIENHAUSEN, S. y RICHTER, B. Vocal Tract Shapes in Different Singing Functions Used in Musical Theater Singing—A Pilot Study. *Journal of Voice*, 28(5), 653.e1 – 653.e7. 2014.

FISCHER, Peter-Michael. *Die Stimme des Sängers: Analyse ihrer Funktion und Leinstung – Geschichte und Methodik der Stimmbildung*. Stuttgart: Metzler.1998.

GALLESE, V. Mirror Neurons, Embodied Simulation, and the Neural Basis of Social Identification. *Psychoanalytic Dialogues*, 19, 519 – 536. 2009.

GUSMÃO, C. de S.; CAMPOS, P. H. y MAIA, M. E. O. O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo: uma revisão descritiva. *Per Musi*, 21, 43 – 50. 2010.

HURME, P. y SONNINEN, A. Vertical and Sagittal Position of Larynx in Singing. En: *Conference: XIII the International Congress of Phonetic Sciences*, 1, 214 – 217. 1995.

HUSSON, R. *El Canto*. Buenos Aires: Eudeba. 1965.

IWARSSON, J.; THOMASSON, M. y SUNDBERG, J. Effects of Lung Volume on the Glottal Voice Source. *J Voice*, 12(4), 424 – 433. 1998.

KRÖGER, B.J. On the production mechanisms of the singer's formant. *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics: integrating 4th EAA Euroregio* in Aachen, Germany. Editors: Martin Ochmann, Michael Vorländer, Janina Fels, Seiten/Artikel-Nr: 4554 – 4561. 9 – 13 September 2019.

LYUL, S. The Research on the Singing Voice Timbre of the Eastern Yugur Traditional Folk Songs. *Advances in Computer Science Research* (*ACSR*), 73, 391 – 396. 2017.

MACHUCA TÉLLEZ, D. R. *Acercamientos a los modos de producción vocal en el canto de músicas populares: un estudio sobre las posiciones laríngeas como herramienta de enseñanza*. [Tesis de Especialización]. Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires. 2023a.

MACHUCA TÉLLEZ, D. R. *La voz cantada como performance expresiva: Una mirada del fenómeno musical desde y hacia la experiencia de la persona cantante*. [Tesis Doctoral]. Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires. 2023b.

MACHUCA TÉLLEZ, D. y PÉREZ, J. El registro como limitante: reflexiones sobre las categorías registro de cabeza y registro de falsete. En *3° Jornadas Estudiantiles de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales*. Facultad de Bellas Artes – Universidad Nacional de La Plata, La Plata. 2017.

MACHUCA TÉLLEZ, D. y PÉREZ, J. La performance vocal en las posiciones laríngeas. *Per Musi*, 24, 1 – 25. 2023.

MACHUCA TÉLLEZ, D. y PÉREZ, J. Posicionamiento laríngeo en la voz cantada: repensando los modos de producción vocal en la música popular y su abordaje en la pedagogía vocal. En *Segundo Congreso Internacional de Música Popular. Epistemología, Didáctica y Producción*. S. Romé (Coord.). Facultad de Bellas Artes, UNLP, La Plata. 2018.

MACHUCA TÉLLEZ, D. y VALLES, M. El canto en las músicas populares: reflexiones en torno a su abordaje y enseñanza. *El Oído Pensante*, 8(2), 185 – 206. 2020.

MALLOCH, S. y TREVARTHEN, C. Musicality: Communicating the Vitality and Interest of Life. En *Communicative musicality: Exploring the basis of human companionship* (p.1 – 9). Oxford, Inglaterra: Oxford University Press. 2009.

MARTÍNEZ CELDRÁN, E. En torno a las vocales del español: análisis y reconocimiento. *Estudios de Fonética Experimental*, 195 – 218. 1995.

MELTZOFF, A. y MOORE, K. Newborn Infants Imitate Adult Facial Gestures. *Child Development*, 54, 702 – 709. 1983.

MILSTEIN, C. y WATSON, P. The Effects of Lung Volume Initiation on Speech: a Perceptual Study. *Journal of Voice*, 18(1), 38. 2004.

SHIPP, T. e IZDEBSKI, K. Vocal frequency and Vertical Larynx Positioning by Singers and Nonsingers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 1104 – 1106. 1975.

STARK, J. Appoggio: The breath be Dammed. En *Bel Canto: A History of Vocal Pedagogy* (1. ed.). (p.91 – 120). Toronto: University of Toronto Press. 1999.

SUNDBERG, J. Formant Structure and Articulation of Spoken and Sung Vowels. *Fol. Phoniat.* 22, 28 – 48. 1970.

SUNDBERG, J. Level and Center Frequency of the Singer's Formant. *Journal of Voice*, 15(2), 176 – 186. 2001.

SUNDBERG, J. Research on the singing voice in retrospect. *TMH-QPSR*, 45(1), 11 – 22. 2003.

TITZE, I. R. Belting and a High Larynx Position. *J. of Singing*, 63(5), 557 – 558. 2007.

TITZE, I. R. y VERDOLINI, K. The Larynx and Vocal Fold Function. In *Vocology: The Science and Practice of Voice Habilitation* (p.51 – 70). Salt Lake City, UT: National Center for Voice and Speech. 2012.

VAN DEN BERG, J. Myoelastic-aerodynamic Theory of Voice Production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 3(1), 227 – 244. 1958.

VIEIRA, M. Uma introdução à acústica da voz cantada. En *I Seminário Música, Ciência e Tecnología*. São Paulo. 1, 70 – 79. 2004.

WANG, S. Singer's High Formant Associated with Different Larynx Position in Styles of Singing. *Journal Acoustic Society Japan*, 7, 303 – 314. 1986.

XU, Q. y GONG, Q. Frequency Difference Beyond Behavioral Limen Reflected by Frequency Following Response of Human Auditory Brainstem. *Biomedical Engneering Online* 13(1), 114. 2014.

Daniel Machuca Téllez es Fundador, director e investgador independiente en Performatividad Vocal (www.performatividadvocal.com). Es Músico, cantante, docente e investigador egresado de la Licenciatura y Profesorado en Música con orientación en Educación Musical de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de La Plata; además, es Especialista en Lenguajes Artísticos y Doctor en Artes de la misma casa de estudios. Ha desarrollado diversas investigaciones vinculadas a la performance musical, la interacción, la oralidad y la improvisación en el Laboratorio para el Estudio de la Experiencia Musical (LEEM-FDA-UNLP). Su trabajo e investigación actuales están vinculados al estudio, desarrollo y enseñanza del fenómeno

performativo cantado en músicas populares, la pedagogía, la educación y la rehabilitación vocal, así como a la caracterización y el abordaje de la voz en procesos de hormonización. Compone y produce música bajo el seudónimo artístico Dan Malléz.
E-mail: danielmachucatellez@gmail.com

Disponibilidad de datos: Los datos estarán disponibles previa solicitud.

Conflicto de intereses: No se declaró ningún conflicto de intereses.

Modalidad de evaluación: Doble ciego por pares.



A *Opus* está licenciada sob uma licença CC-BY.